

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE HONDURAS**

**“NUESTRA SEÑORA REINA DE LA PAZ”**

**DIRECCIÓN DE POSTGRADO E INVESTIGACIÓN**



**REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES Y  
JARDINES DEL HOSPITAL MILITAR DEL MUNICIPIO DEL DISTRITO CENTRAL,  
DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MÁSTER EN GESTIÓN DE PROYECTOS**

**PRESENTA**

Jesús Vásquez Banegas

**ASESORÍA METODOLÓGICA**

PhD. Francisco Castro

**ASESORÍA TÉCNICA**

PhD. Carla Rivera

PhD. Nancy Lanza

**TEGUCIGALPA M. D. C.**

**JUNIO 2025**

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto de tesis con corazón agradecido a Dios, el Padre de nuestro Señor Jesucristo, quien ha demostrado su inmenso amor por mí al proporcionarme todo lo necesario para llevar a cabo este esfuerzo. También quiero rendir homenaje a mis padres, Miguel Ángel Vásquez (QDDG) y María Dominga Banegas (QDDG), quienes desde mi infancia me inculcaron el valor de la educación como un medio fundamental para avanzar en la vida.

A la vez, mi agradecimiento se extiende para mi amada esposa, Maira Lizeth Sierra, cuyo apoyo invaluable ha sido crucial para alcanzar este sueño. Asimismo, a mi hijo Antony Enoc Vásquez por ser una fuente constante de inspiración y motivación para mí. No puedo dejar de mencionar a mi hermano Cosme (QDDG), quien fue un ejemplo de dedicación en los estudios. A todos ellos, y a quienes me brindan la fuerza para continuar en mi camino de superación personal, les dedico este logro.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, quien me ha otorgado sabiduría, salud y fortaleza. Agradezco especialmente a mi madre, a mi esposa y hermanos, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, brindándome su apoyo tanto personal como espiritual. Su orientación, consejos, amor, consideración y comprensión han sido cruciales en este camino.

En segundo lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Católica de Honduras (UNICAH), en especial a mis profesores por su dedicación en ofrecer y compartir su vasto conocimiento como experiencias de vida. Su compromiso ha sido fundamental en el desarrollo de valores en mi persona a través de sus valiosas enseñanzas.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>13</b>
1.1. Situación Problemática.....	14
1.1.1. Acceso adecuado del agua a nivel internacional.....	14
1.1.2. Escasez de agua y sequía en Honduras.....	16
1.1.3. Falta de abastecimiento de agua en la capital del país .....	17
1.2. Problema.....	18
1.2.1. Objetivos.....	19
1.2.1.1. Objetivo General .....	19
1.2.1.2. Objetivos Específicos .....	19
<b>CAPÍTULO II: MARCO CONTEXTUAL.....</b>	<b>20</b>
2.1. Marco Contextual.....	22
2.1.1. Contexto internacional.....	22
2.1.2. Contexto nacional.....	25
2.1.2.1. Situación del acceso al agua potable y saneamiento en Honduras.....	25
<b>CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>38</b>
3.1 MARCO TEÓRICO.....	39
3.1.1 Tratamiento primario.....	39
3.1.2 Tratamiento secundario .....	39
3.1.3 Tratamiento avanzado .....	40
3.1.4 Reducción de los contaminantes de agua residual .....	40
Tratamiento requerido para reutilización de agua residual .....	41
<b>CAPÍTULO IV: METODO.....</b>	<b>46</b>
4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	47
4.2. ESTRATEGIA.....	48
4.3. PLAN DE ANÁLISIS .....	49
4.4. MÉTODO .....	50
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
5.5 ESTUDIO DIAGNÓSTICO.....	54
5.5.1 Definición del problema .....	54
5.5.2 Sistema de abastecimiento de agua del Hospital Militar en Tegucigalpa .....	54
5.5.4 Definición del producto .....	59
5.5.5 Consumo Promedio de Agua en el Hospital Militar de Tegucigalpa.....	60
5.5.6 Análisis de la demanda .....	65
5.5.13 Comparación de análisis realizados con la norma técnica de agua para uso en preservación de la flora y fauna.....	75
5.5.15 Cuento y medición de áreas verdes recreativas que requieren riego.....	78

5.5.16	Conteo y medición en metros cuadrados de áreas verdes que requieren riego	79
5.5.17	Evaluación de la Planta de Tratamiento de aguas residuales.....	80
5.5.18	Descripción del sistema actual de tratamiento de aguas residuales en el Hospital Militar.....	81
5.5.19	Interpretación de los datos obtenidos .....	84
<b>CAPITULO: VI</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>86</b>
6.1	Discusión a la luz del marco teórico .....	87
<b>CAPÍTULO VII:</b>	<b>ESTUDIO TÉCNICO.....</b>	<b>91</b>
7.1	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Propuesto.....	93
7.2	Aeración .....	94
7.3	Dosificación de coagulante.....	96
7.4	Remoción de Minerales.....	96
7.5	Sistema de desinfección final .....	97
7.6	Sistema adicional propuesto para el Tratamiento de Agua Residual para su reutilización .....	98
7.7	Filtrado de arena .....	99
7.8	Filtro de carbón activado .....	99
7.9	Filtro de sedimentos 5 micras Big Blue .....	100
7.10	Sistema de Òsmosis Inversa .....	100
7.11	Lámpara de luz ultravioleta .....	101
7.12	Requerimiento de insumos para el funcionamiento de la Planta de osmosis inversa	102
7.13	Tanque cisterna del almacenamiento de agua tratada .....	104
7.14	Diseño de la Red de Riego de Áreas Verdes .....	105
<b>CAPÍTULO VIII:</b>	<b>ESTUDIO ORGANIZACIONAL.....</b>	<b>107</b>
8.1	Estructura Organizacional .....	108
8.2	Requerimiento de Proveedores y Personal .....	109
8.3	Personal de Supervisión y Monitoreo del Proyecto .....	109
8.4	Personal para el Mantenimiento de la Planta de Aguas Residuales.....	110
8.5	Estudio Legal.....	110
8.5.1	Fundamento Constitucional .....	112
8.5.2	Legislación Aplicable .....	113
8.5.3	Permisos y Licencias .....	113
8.5.4	Cumplimiento Normativo .....	114
8.6	Estudio Económico .....	115
8.6.1	Presupuesto del Proyecto de Reutilización de agua residual para uso de riego de las áreas verdes y jardines del Hospital Militar .....	115
8.6.2.	Presupuesto del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Propuesto ....	116

7.6.3. Presupuesto de Red de Riego de Áreas Verdes y Jardines del Hospital Militar .....	117
8.6.4. Presupuesto del Programa de Mantenimiento y sostenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales del Hospital Militar .....	119
8.6.5. Presupuesto del costo de energía anual por el funcionamiento del sistema avanzado de tratamiento de aguas residuales propuesto en el Hospital Militar .....	120
8.6.6. Presupuesto del costo anual de otros materiales requeridos para el funcionamiento del sistema avanzado de tratamiento de aguas residuales propuesto en el Hospital Militar. ....	122
8.6.7. Resumen del presupuesto requerido para el Proyecto reutilización de agua residual para uso de riego de áreas verdes y jardines. ....	124
8.7 Estudio Financiamiento.....	124
8.8 Estudio Estratégico .....	131
8.8.1 Etapa de información.....	131
Fuente: elaboración propia (2025) .....	135
8.8.1.8. Etapa de ajuste.....	135
8.8.2 Etapa de decisión.....	138
8.9 Propuesta .....	139
8.9.1 Actores Involucrados.....	140
8.9.2 Marco Lógico para la Reutilización de Aguas Residuales .....	142
8.9.3 Propuesta de Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales.....	147
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>159</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>161</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>162</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>167</b>

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1_Operaciones y procesos sobre el tratamiento primario de la PTAR .....	41
Tabla 2_Tipos de tratamientos aplicados a la PTAR.....	45
Tabla 3_Compra de agua en camión cisterna durante 5 años .....	57
Tabla 4_Distribución de camas por sala en el Hospital Militar .....	60
Tabla 5_Distribución en promedio sobre el consumo de agua en el Hospital Militar .....	64
Tabla 6_Capacidad volumétrica de las cisternas del Hospital Militar.....	65
Tabla 7_Población y Muestra.....	68
Tabla 8_Datos obtenidos en la entrevista .....	69
Tabla 9_Medición de parámetros por el personal de mantenimiento de la planta de parámetros de aguas residuales del Hospital Militar .....	72
Tabla 10_Comparativa de parámetros realizados con la norma técnica de agua para preservación de la flora y fauna.....	76
Tabla 11_Otros análisis realizados .....	78
Tabla 12_Cálculo de áreas verdes (parques, jardines, medianas del Hospital Militar) .....	80
Tabla 13_Cronograma de Ejecución del Proyecto Reutilización de Aguas Residuales a mediano plazo.....	106
Tabla 14_Presupuesto del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto .....	117
Tabla 15_Presupuesto de instalación de sistema de red de para riego .....	119
Tabla 16_Presupuesto anual de los costos de insumos para el mantenimiento del STAR .....	120
Tabla 17_Presupuesto sobre el consumo de energía para el STAR .....	121
Tabla 18_Costo por consumo de energía del sistema tratamiento de aguas residual propuesto .....	122
Tabla 19_Costo de otros materiales.....	123
Tabla 20_Resumen del presupuesto de la inversión inicial .....	124
Tabla 21.Estructura de Financiamiento .....	125
Tabla 22_Cálculo escenario 1 .....	128
Tabla 23_Cálculo escenario .....	129
Tabla 24_Cálculo de valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) .....	130

Tabla 25. Matriz de evaluación de factores internos (EFI).....	134
Tabla 26. Matriz de evaluación de factores externos ( EFE) .....	135
Tabla 27. Matriz PEEA (Posicionamiento, Estrategia, Evaluación y Ajuste) .....	138
Tabla 28. Matriz de Planificación Estratégica y de Evaluación del Cambio .....	139
Tabla 29. Matriz de Involucrados.....	140
Tabla 30. Matriz del Marco Lógico .....	143
Tabla 31. Programa de mantenimiento .....	149

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1._Ubicación específica del Hospital Militar en Tegucigalpa .....	27
Figura 2._Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Hospital Militar .....	28
Figura 3._Comparación de gastos en lempiras por compra y volumen de agua adquirido .....	57
Figura 4._Tendencia del costo en lempiras por compra de agua en 5 años .....	58
Figura 5._Comparativa de volumen en galones de agua comprada por año.....	58
Figura 6._Plano Actual de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Hospital Militar, Tegucigalpa.....	82
Figura 7. ....	83
Esquema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Actual.....	83
Figura 8._Muestra de agua no tratada .....	83
Figura 9._Muestra de agua tratada .....	84
Figura 10._Esquema de componentes de tratamiento avanzado propuestos la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el Hospital Militar, Tegucigalpa .....	98
Figura 11._Esquema de tratamiento avanzado adicional propuesto para reutilizar el agua residual en el Hospital Militar de Tegucigalpa .....	104
Figura 12._Diseño de red de riego de áreas verdes y jardines con agua residual tratada.	105
Figura 13._Organigrama de la estructura organizacional del proyecto de aguas residuales para riego.....	108
Figura 14._Diagrama de proceso para efectuar mantenimiento correctivo con un proveedor externo .....	158

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

**ONU:** Organización de la Naciones Unidas.

**PAN - LCD:** Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía.

**MMC:** Millones de metros cúbicos.

**SANAA:** Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**UNICEF:** Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

**UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura.

**GWP:** Alianza Global para la Seguridad.

**PPIAF:** Saneamiento del Agua y del Servicio de Infraestructura Público-Privado.

**APS:** Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento.

**SICA:** Sistema de Integración Centroamericana.

**MAPAS:** Monitoreo de los Avances del País en Agua Potable y Saneamiento.

**CONASA:** Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento.

**PTAR:** Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

**SERNA:** Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.

**DBO5,20:** Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días.

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno.

**ER:** Ente Regulador.

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno.

**UTM:** Sistema de coordenadas.

**PH:** Potencial de Hidrógeno.

**POD:** Parámetro de oxígeno disuelto.

**SST:** Sólidos Suspendidos Totales.

**UCI:** Unidad de Cuidados Intensivos.

**COI:** Compuestos Orgánicos Incluidos.

## RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad proponer un sistema de reutilización de aguas residuales para el riego de áreas verdes y jardines en el Hospital Militar de Tegucigalpa. El estudio incluye una evaluación de la factibilidad técnica, económica, ambiental y legal del sistema, así como los beneficios asociados en términos de sostenibilidad ambiental.

Aunque Honduras cuenta con abundantes recursos hídricos, factores como el cambio climático, la deforestación y el crecimiento urbano descontrolado han ocasionado períodos recurrentes de sequía en diversas regiones del país, siendo Tegucigalpa una de las más afectadas, particularmente durante la estación seca. Esta situación justifica la necesidad de adoptar estrategias innovadoras para el uso eficiente del agua.

La metodología aplicada en esta investigación es de enfoque cuantitativo y tipo descriptivo. Se recopilaron datos históricos sobre consumo hídrico y tratamiento de aguas, además de realizarse muestreos de agua tratada y sin tratar para análisis físico-químicos y microbiológicos. También se efectuaron estudios de viabilidad ambiental, económica, legal y de gestión de riesgos, a fin de determinar la conveniencia de implementar un sistema de reutilización.

Los hallazgos de la investigación confirman la viabilidad técnica, económica y ambiental de implementar un sistema de reutilización de aguas residuales tratadas en el Hospital Militar. A través del análisis de los datos recopilados, se evidenció que durante el año 2023 el gasto por compra de agua potable alcanzó un máximo histórico de L. 2,138,000.00, lo cual representa un incremento del 364% con respecto al año 2020 (L. 461,000.00). Este aumento sostenido en el consumo de agua potable refleja la necesidad de estrategias de mitigación. Con la implementación del sistema propuesto, se estima una reducción de hasta un 40% del consumo de

agua potable, equivalente a un ahorro potencial de aproximadamente L. 855,200.00 anuales. Asimismo, las pruebas de laboratorio realizadas al agua tratada en los procesos de lodos activados mostraron parámetros dentro de los rangos permisibles para reutilización no potable, con concentraciones promedio de DBO5 por debajo de 30 mg/L y turbiedad inferior a 5 NTU, cumpliendo así con los estándares internacionales para riego y uso sanitario no corporal. Estos resultados respaldan la efectividad del sistema como una solución sostenible que responde al objetivo de optimizar los recursos hídricos del hospital, reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia operativa.

Los resultados evidencian que la instalación de un sistema de reutilización de aguas residuales es técnica y económicamente viable. La inversión inicial se compensa progresivamente mediante la reducción de los costos operativos relacionados con el consumo de agua potable. En consecuencia, se recomienda la ejecución del proyecto como una medida estratégica de sostenibilidad institucional y adaptación climática.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Situación Problemática**

### **1.1.1. Acceso adecuado del agua a nivel internacional**

A lo largo de la historia, el acceso adecuado al agua potable ha representado un desafío persistente. En la era moderna, esta problemática se ha intensificado debido a una conjunción de factores socioeconómicos y ambientales que han complejizado su alcance global. La industrialización y la expansión de las poblaciones urbanas han provocado un aumento exponencial en la demanda de agua potable. Sin embargo, la gestión y el tratamiento de las aguas residuales no siempre han avanzado al mismo ritmo. Este desequilibrio ha conllevado una considerable contaminación de los cuerpos de agua, lo que a su vez agrava la escasez de recursos hídricos limpios y seguros.

Casi un tercio de la población mundial sigue sin acceso a servicios seguros de agua potable, a pesar de los avances tecnológicos, del agua y el saneamiento han sido declarados un derecho humano. Esta crisis global, según informes como el de la Organización de la Naciones Unidas (ONU de 2019) sobre el desarrollo de los recursos hídricos (Naciones Unidas, 2019), tiene causas multifacéticas como:

- a.** Degradación Ambiental: La intensificación de la degradación de los entornos naturales, principalmente debido a actividades industriales y agrícolas, ha deteriorado la calidad del agua disponible.
- b.** Cambio Climático: El cambio climático ha alterado los patrones hidrológicos, reduciendo la disponibilidad de agua en regiones ya de por sí áridas y exacerbando las condiciones de sequía en muchas partes del mundo.

- c.** Urbanización y Crecimiento Demográfico: La urbanización rápida y descontrolada, junto con un crecimiento poblacional significativo, ha puesto una presión inmensa sobre los sistemas existentes de suministro de agua, muchos de los cuales son incapaces de satisfacer la demanda creciente.
- d.** Mala Gestión de Recursos: La gestión ineficiente y a menudo corrupta del agua ha impedido el desarrollo de infraestructuras adecuadas para el tratamiento y distribución de agua potable.

La situación reviste particular gravedad en regiones como el Medio Oriente, la cual presenta el mayor déficit hídrico del planeta. En dicha zona, la escasez de agua per cápita ha alcanzado niveles críticos, atribuyéndose principalmente al crecimiento demográfico y al cambio climático. Dentro de esta región, la disparidad en el acceso a agua potable y servicios de saneamiento es más acentuada en los países menos desarrollados, exacerbando las desigualdades sociales y económicas (Padilla, 2021).

En América Latina y el Caribe, la situación reviste igual preocupación. A pesar de poseer abundantes recursos hídricos, aproximadamente 25 millones de personas carecen de acceso a agua potable y cerca de 89 millones no disponen de servicios básicos de saneamiento. Las disparidades internas, tanto entre países como dentro de ellos en la región, evidencian una distribución inequitativa de infraestructura y recursos, lo que complejiza aún más los esfuerzos para universalizar el acceso al agua.

A nivel global, la falta de acceso a servicios esenciales de agua potable y saneamiento obliga a numerosas poblaciones a recurrir a fuentes alternativas, muchas veces inseguras y carentes de regulación, tales como pozos privados, conexiones ilegales y proveedores no autorizados. Esta situación no solo perpetúa un ciclo de pobreza y vulnerabilidad sanitaria, sino

que también constituye una barrera significativa para el desarrollo sostenible a largo plazo (ACNUR, 2019).

La problemática hídrica a nivel global evidencia desafíos interconectados que demandan una acción coordinada y sostenida, enfocada en la optimización de la gestión del recurso hídrico, la inversión tecnológica y la colaboración internacional, con el propósito de garantizar el ejercicio del derecho fundamental al acceso a agua potable y segura para toda la humanidad.

### **1.1.2. Escasez de agua y sequía en Honduras**

Aunque Honduras posee abundantes recursos hídricos, varias circunstancias han provocado que algunas regiones del país experimenten sequías, especialmente durante la temporada de verano. Esto se atribuye tanto a una gestión deficiente de los recursos como a los efectos del cambio climático. De acuerdo con el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (2022), que realizó un diagnóstico exhaustivo de la situación actual de Honduras respecto a la sequía, se ha determinado que esta problemática afecta al 45.97% de los municipios a nivel nacional (Naciones Unidas, 2014), lo que clasifica al país como altamente susceptible a las sequías.

Esta situación se atribuye al deterioro de los recursos naturales y al cambio climático, lo que provoca sequías prolongadas y, consecuentemente, escasez hídrica. Adicionalmente, inciden otras problemáticas como el aumento de incendios forestales, la deforestación, la agricultura itinerante, entre otros factores, que resultan en la disminución de las fuentes de agua y de la humedad natural, afectando directamente el suministro de agua para la población.

El suministro de agua en las principales ciudades del país constituye una problemática que se remonta a la década de 1990. Este representa uno de los mayores desafíos que enfrenta la

nación, dado que una porción considerable de la población carece de sistemas de abastecimiento de agua adecuados, especialmente durante las temporadas estivales.

En el año 2019, Honduras declaró una "Emergencia por falta de agua" que impactó tanto el consumo humano como la actividad productiva. Esta situación afectó el 50% de los cultivos de maíz, lo que generó escasez de granos básicos (El Ágora, 2019).

### **1.1.3. Falta de abastecimiento de agua en la capital del país**

La ciudad de Tegucigalpa se abastece principalmente de tres fuentes superficiales, con un volumen total de 55 millones de metros cúbicos (MMC):

- La Represa *La Concepción*, ubicada al suroeste de la capital, que aporta 36 MMC de almacenamiento, cubriendo el 50 % del abastecimiento.
- La Represa *Los Laureles*, situada en el río Guacerique, al oeste de la zona metropolitana de Tegucigalpa, que proporciona 10 MMC de almacenamiento, representando el 30 % del abastecimiento.
- Las fuentes de *El Picacho*, en el *Parque Nacional La Tigra*, al noreste de la capital, que contribuyen con el 20 % restante del abastecimiento (Cruz, 2021).

Estudios realizados por el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) indican la necesidad de construir dos represas, cada una con una capacidad de 100 millones de metros cúbicos (MMC), para garantizar el abastecimiento permanente de la capital. El déficit hídrico actual en la ciudad se estima en un 50%, atribuible a la limitada capacidad de los embalses existentes y a las pérdidas en el sistema de distribución. Es importante destacar que Tegucigalpa depende en un 100% de aguas superficiales durante la estación lluviosa y en un 95% durante la estación seca, lo que incrementa su vulnerabilidad. El 5% restante durante la

estación seca proviene de pozos, tanto del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados ( SANAA) como de propiedad privada (Rodríguez, 2021).

## **1.2. Problema**

La problemática específica de esta investigación se enfoca en las considerables dificultades que afronta el Hospital Militar de Tegucigalpa, capital de Honduras, para garantizar un abastecimiento idóneo y sostenido de agua potable. A pesar de la aparente disponibilidad de recursos hídricos, la institución hospitalaria se enfrenta a un racionamiento hídrico constante a lo largo del año, viéndose compelida a adquirir agua mediante cisternas, lo cual eleva sustancialmente sus gastos operativos. La principal fuente de suministro hídrico del hospital, la subcuenca del río Guacerique, resulta inadecuada para satisfacer sus requerimientos debido a su reducida capacidad de almacenamiento y a la elevada sedimentación en periodos de precipitación, lo que complejiza adicionalmente los procedimientos de potabilización.

Adicionalmente, la red externa experimenta daños recurrentes que impactan la disponibilidad y calidad del suministro de agua. Esta situación se exagera por el incremento demográfico, la expansión urbanística y la creciente competencia por los recursos hídricos en la región, debido a la proliferación de nuevos asentamientos humanos, industrias y otros servicios, lo que compromete la capacidad del hospital para ofrecer servicios médicos eficientes y continuos.

Por consiguiente, el reto de esta investigación estriba en la implementación de un sistema eficaz para la reutilización de estas aguas residuales con el propósito de irrigar las áreas verdes y jardines del hospital, lo cual podría disminuir sustancialmente la demanda de agua potable, mitigar la presión sobre los recursos hídricos locales y fomentar la sostenibilidad ambiental de la

institución. ¿De qué manera podría el Hospital Militar de Tegucigalpa implementar un sistema de reutilización de aguas residuales para el riego de zonas verdes y jardines, con el fin de disminuir la presión sobre el abastecimiento de agua potable local y fomentar la sostenibilidad ambiental del hospital?

### **1.2.1. Objetivos**

#### ***1.2.1.1. Objetivo General***

Presentar una propuesta para la reutilización de aguas residuales en el riego de áreas verdes y jardines, que incluya una evaluación de su factibilidad y los beneficios ambientales asociados en el Hospital Militar de Tegucigalpa.

#### ***1.2.1.2. Objetivos Específicos***

- Evaluar el suministro y tratamiento actual de aguas en el hospital con el fin de planificar la reutilización de aguas residuales.
- Realizar estudios técnicos y financieros para determinar la viabilidad del proyecto de reutilización de aguas residuales.
- Estudiar el impacto ambiental del proyecto para asegurar beneficios ecológicos y mejorar la calidad ambiental del hospital.
- Identificar y gestionar los riesgos asociados con el proyecto para garantizar una implementación segura.

## **CAPÍTULO II: MARCO CONTEXTUAL**

El presente capítulo se dedica al desarrollo de un marco contextual exhaustivo, indispensable para una comprensión profunda de las dinámicas y los desafíos inherentes a la gestión y reutilización de las aguas residuales. Se abordará la situación tanto a nivel internacional como nacional, con un énfasis particular en Honduras, lo que permitirá situar la investigación actual dentro de un espectro más amplio de prácticas y políticas globales, regionales y locales.

La gestión del agua constituye una preocupación creciente a nivel mundial, impulsada por la escasez hídrica, el incremento demográfico y las presiones ambientales. En este escenario, la reutilización de aguas residuales se perfila como una estrategia fundamental para asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos. A lo largo de este capítulo, se llevará a cabo una exploración detallada de los avances tecnológicos y las tendencias contemporáneas en el tratamiento y la gestión de las aguas residuales, identificando las mejores prácticas y los casos de éxito a nivel global que puedan servir de referencia para Honduras.

Adicionalmente, se analizarán los desafíos específicos que Honduras enfrenta en la implementación de estas prácticas sostenibles, abarcando aspectos técnicos, económicos, sociales, legales e institucionales. Se examinará la infraestructura existente, las políticas públicas vigentes, la legislación aplicable y la capacidad institucional para gestionar eficazmente las aguas residuales. Se subrayará la trascendencia de superar estos obstáculos para avanzar hacia un modelo de gestión del agua más resiliente y sostenible.

La adopción de prácticas sostenibles en el tratamiento y la reutilización de aguas residuales no solo es crucial para paliar la escasez hídrica, sino que también genera ventajas considerables en el ámbito de la salud pública, la preservación del medio ambiente y el progreso económico. Por consiguiente, el presente capítulo tiene como objetivo fundamental sentar las bases para una comprensión exhaustiva de esta problemática, haciendo hincapié en la imperiosa

necesidad de implementar estrategias innovadoras y cooperativas para abordar los retos inherentes a la gestión del agua en el presente y en el futuro.

## **2.1. Marco Contextual**

El agua, recurso esencial para la vida, se enfrenta a desafíos de sostenibilidad cada vez mayores debido a la presión de la demanda humana en aumento y a los impactos del cambio climático. Este marco contextual examina cómo diversas regiones y naciones han abordado estos retos, especialmente en el ámbito de la regeneración y reutilización de aguas residuales, ofreciendo una visión general de las distintas estrategias o tecnologías aplicadas a nivel mundial con pertinencia para Honduras.

### **2.1.1. Contexto internacional**

#### ***2.1.1.1. Países más avanzados en regeneración y reutilización del agua***

La regeneración y reutilización del agua han logrado avances considerables en diversas naciones a nivel global, asumiendo una posición de liderazgo en la aplicación de tecnologías innovadoras y estrategias sostenibles para la administración de los recursos hídricos. A continuación, se presentan algunos de los países con mayor actividad en este ámbito:

- a. **Estados Unidos:** Existen aproximadamente 16,400 instalaciones públicas para el tratamiento de aguas residuales, las cuales procesan cerca de 155 millones de metros cúbicos de agua diariamente. Adicionalmente, se registran alrededor de 1,500 instalaciones especializadas en la reutilización de aguas residuales tratadas, proyectándose un aumento anual del 15% en su reutilización.
- b. **Australia:** Ha emergido como pionero en la promoción de la reutilización de aguas residuales tratadas, particularmente en el sector agrícola. En el año 2000, el país

reutilizó aproximadamente 420 millones de metros cúbicos de agua anualmente, lo que representó el 82% del volumen total de aguas residuales tratadas.

c. **Japón:** En Japón, la mayor proporción de aguas residuales tratadas se utiliza en ámbitos público-urbanos, ambientales e industriales, lo que difiere de otros países donde su aplicación es mayoritariamente agrícola e industrial.

d. **Mediterráneo:** Naciones como España, Portugal, Francia, Italia, Chipre y Grecia, especialmente en sus regiones áridas, han desarrollado e implementado con éxito proyectos de regeneración y reutilización de agua derivados de efluentes secundarios y terciarios.

e. **Israel:** En Israel, el 75% de las aguas residuales son sometidas a tratamiento y posterior reutilización, lo que representa una contribución del 30% al consumo hídrico en el sector agrícola.

f. **Túnez:** Desde 1960, Túnez ha implementado la regeneración y reutilización de aguas residuales como un componente fundamental en el control de la contaminación y como fuente hídrica y de fertilizantes para la agricultura.

g. **Oriente Medio y África:** Países como Kuwait, los Emiratos Árabes Unidos, Qatar, Marruecos y Argelia han realizado esfuerzos significativos desde la década de 1980 para optimizar la regeneración y reutilización de sus aguas residuales.

h. **Otros países:** México, Egipto, Zimbabue, la República de Sudáfrica y Namibia están progresando en proyectos de reutilización del agua, destacándose Namibia como pionera en la reutilización directa de agua para consumo potable (UNESCO, 2020).

### ***2.1.1.2. Situación del acceso al agua potable y saneamiento en América Latina***

Según el informe "De Residuo a Recurso" del Banco Mundial (2018), elaborado con contribuciones de la Alianza Global para la Seguridad y Saneamiento del Agua (GWP) y del Servicio de Infraestructura Público-Privado (PPIAF), la cobertura de agua y saneamiento en América Latina ha experimentado mejoras sustanciales, a pesar de la persistencia de desafíos. En 2017, la población regional alcanzó los 644 millones, de los cuales el 80% residía en zonas urbanas. Entre 2012 y 2017, la población urbana creció aproximadamente un 5.4%, mientras que la población rural experimentó una disminución del 1%. Se estima que para 2030, la población total de América Latina ascenderá a 718 millones, con un nivel de urbanización que alcanzará el 84% (Rodríguez D., 2020).

En relación con el acceso al agua y saneamiento, la región ha enfocado sus inversiones en infraestructura hídrica, resultando en que aproximadamente el 97% de los hogares tuvieron acceso a agua potable básica en 2017, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y UNICEF. No obstante, esta estadística oculta las disparidades entre las áreas rurales, con una cobertura del 88%, y las urbanas, que alcanzan el 99%. Además, estas cifras no reflejan de manera exhaustiva la sostenibilidad y la calidad del servicio, lo que pone de manifiesto la imperiosa necesidad de implementar mejoras continuas para garantizar un acceso que no solo sea universal, sino también de calidad adecuada (UNESCO, 2019).

### ***2.1.1.3. Situación del acceso al agua potable y saneamiento en Centroamérica***

Centroamérica se enfrenta a importantes retos en la gestión del saneamiento y tratamiento de aguas residuales. Un estudio realizado por el Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARDS-APS), en colaboración con el Sistema de Integración Centroamericana (SICA), revela que aproximadamente el 68,7% de las aguas

residuales producidas anualmente en la región, que ascienden a 1.035,9 millones de m<sup>3</sup>, son vertidas sin tratamiento en los cuerpos receptores. Esta gestión deficiente no solo agrava el deterioro de los ríos y otros cuerpos de agua, sino que también repercute directamente en la calidad de vida de los aproximadamente 52 millones de habitantes de la región, de los cuales 4,2 millones carecen de acceso a sistemas de saneamiento apropiados (SICA, 2013).

La región evidencia un notorio retraso en inversión en infraestructura de saneamiento; especialistas advierten que la carencia de inversiones sostenidas ha generado una acumulación de necesidades insatisfechas. Adicionalmente, la inexistencia de un marco legal vinculante en la mayoría de las naciones obstaculiza la regulación efectiva del tratamiento de aguas residuales y excretas. Únicamente Honduras ha integrado constitucionalmente el derecho al saneamiento, y junto con Nicaragua, son los únicos países de la región que disponen de leyes de aguas actualizadas.

Nicaragua sobresale por sus iniciativas en el tratamiento de aguas residuales. En 2009, con el respaldo de la cooperación alemana, inauguró una planta moderna con una capacidad de procesamiento diario de 180.000 m<sup>3</sup> de agua residual, lo que representa un progreso sustancial para la región en la administración de este tipo de recursos (SICA, 2013).

## **2.1.2. Contexto nacional**

### ***2.1.2.1. Situación del acceso al agua potable y saneamiento en Honduras***

Honduras se enfrenta a considerables desafíos en el acceso al agua potable y saneamiento, destacándose entre los países en desarrollo donde estas problemáticas son más evidentes. A pesar de su abundancia en recursos hídricos, una proporción significativa de la población carece de acceso a fuentes seguras de agua para consumo humano y a servicios de

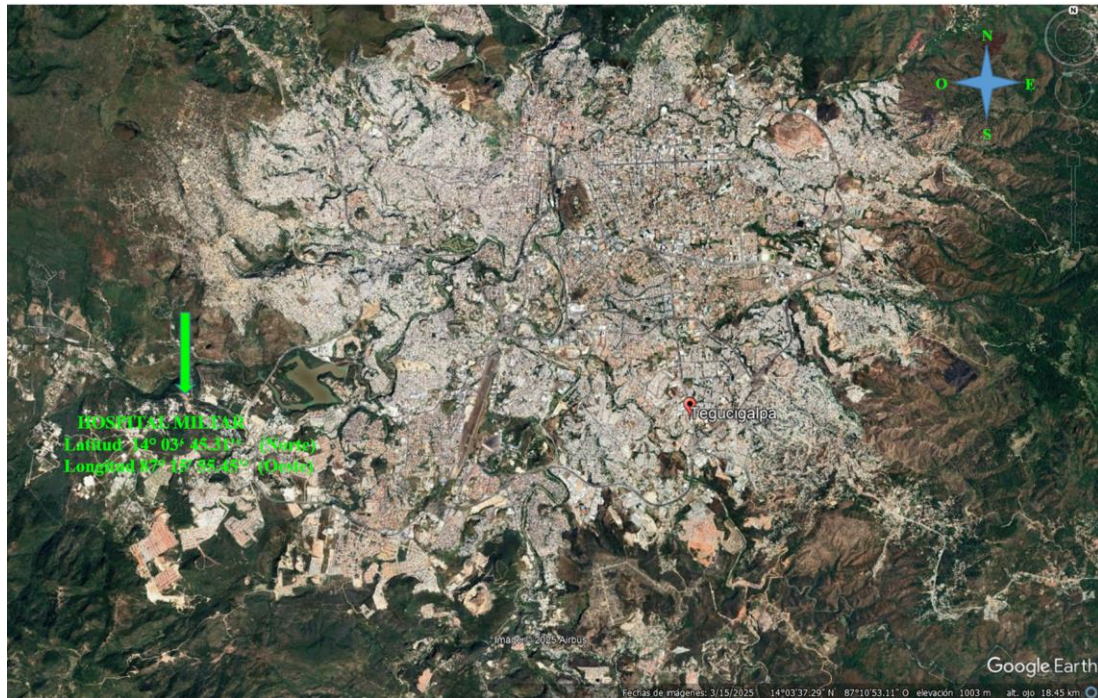
saneamiento apropiados. Para abordar estos desafíos, en 2011 se implementó la metodología de Monitoreo de los Avances del País en Agua Potable y Saneamiento (MAPAS), bajo la dirección del Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento (CONASA). Esta iniciativa ha posibilitado la obtención de diagnósticos actualizados y el seguimiento continuo de las políticas y prácticas ejecutadas en el sector (CONASA, 2016).

#### ***2.1.2.2. Situación específica en Tegucigalpa***

Tegucigalpa posee actualmente una situación preocupante. La ciudad, situada en el corredor seco, padece una escasez hídrica exacerbada por su ubicación geográfica, que se caracteriza por menores niveles de precipitación. La provisión de agua depende principalmente de tres fuentes superficiales: las represas *La Concepción* y *Los Laureles*, y las fuentes de El Picacho como las del Parque Nacional *La Tigra*. En conjunto, estas fuentes aportan 55 millones de metros cúbicos de agua, volumen que, sin embargo, no logra cubrir la demanda actual, lo que se traduce en un déficit estimado del 50%. Esta situación ha impulsado la necesidad de edificar dos nuevas represas con el fin de garantizar un suministro adecuado de agua para la población en constante crecimiento (Rodríguez, 2021).

## **Figura 1.**

*Ubicación específica del Hospital Militar en Tegucigalpa*



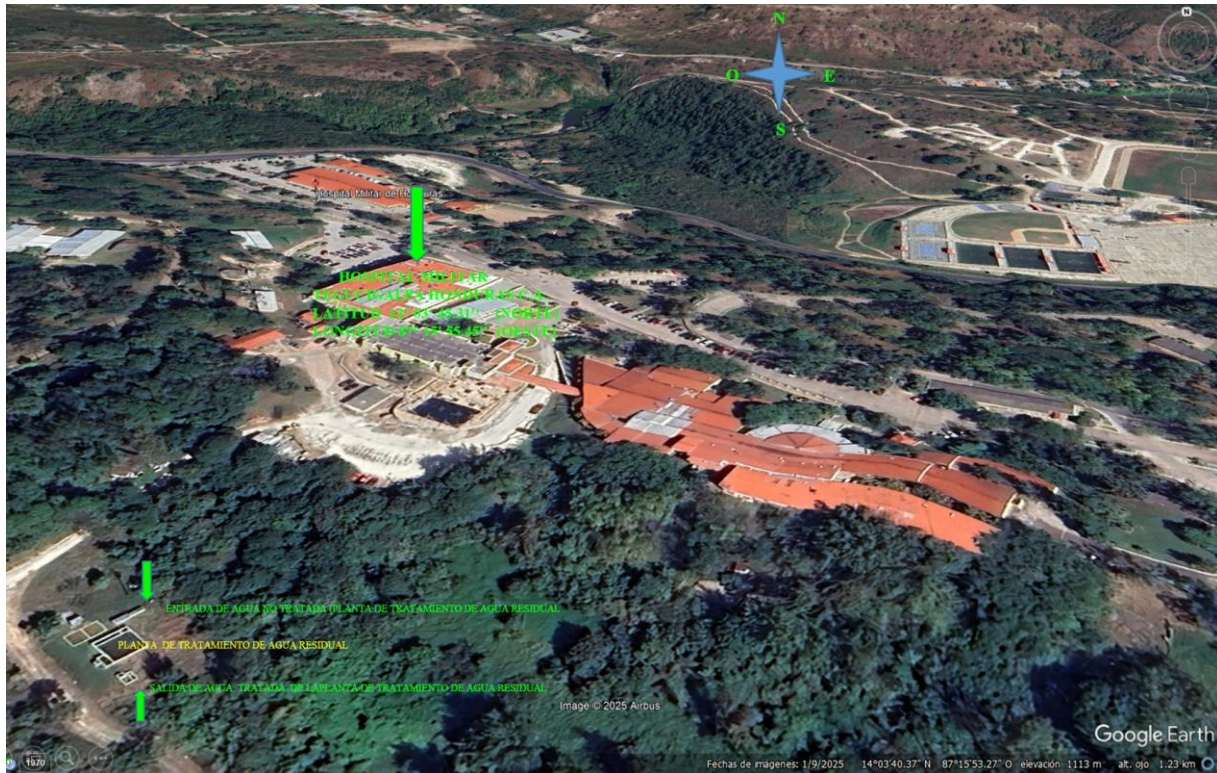
*Fuente: Coordenada 14.070981-87.2782021 Google Earth Pro, (2025).*

### **2.1.2.3. Gestión de agua potable y aguas residuales del Hospital Militar en Tegucigalpa**

El Hospital Militar de Tegucigalpa, con tres décadas de operación ininterrumpida, depende para su suministro hídrico de una red externa que, en años recientes, ha presentado irregularidades en la continuidad del servicio y en la calidad del agua, la cual frecuentemente no cumple con los estándares exigidos. La misión primordial de esta institución es proveer atención médica a sus afiliados. Adicionalmente, el hospital ha experimentado un crecimiento sostenido, atendiendo actualmente a más de cien mil individuos. Este incremento en la demanda asistencial conlleva una necesidad considerable y constante de agua potable, generando, en la misma proporción, aguas residuales que requieren un tratamiento riguroso para adherirse a la normativa nacional hondureña.

**Figura 2.**

*Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Hospital Militar*



*Fuente: Coordenada 14.276178-87.1382588 Google Earth Pro (2025).*

#### **2.1.2.4. Gestión de agua potable en el Hospital Militar**

Para un funcionamiento óptimo, el Hospital Militar en Tegucigalpa necesita un suministro constante de agua potable. En promedio, el volumen requerido es de 118 metros cúbicos, o 31,180 galones de agua al día. Además, es esencial tratar las aguas residuales para cumplir con las normas ambientales vigentes en nuestro país.

El suministro de agua potable al Hospital Militar en Tegucigalpa se origina de una red externa que, de manera adicional, provee de agua a otras instituciones y a la población urbana. La planta potabilizadora, construida en la década de 1950, cuenta con aproximadamente 70 años de antigüedad y presenta actualmente diversas deficiencias. Se considera un sistema de

abastecimiento obsoleto, tanto por su capacidad y dimensiones, como por el deterioro de sus componentes.

En este contexto, el Hospital Militar no cuenta con un suministro constante de recursos, por lo que adquiere los faltantes a precio de mercado para mantener sus operaciones. Esto representa un desafío considerable, dado que el agua es un elemento esencial para el saneamiento.

#### ***2.1.2.5. Gestión de aguas residuales***

En relación con la gestión de aguas residuales, el Hospital Militar en Tegucigalpa dispone de dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) encargadas de regenerar y tratar el agua residual, con el propósito de cumplir con la normativa nacional de vertidos de aguas residuales en Honduras. La primera PTAR ha estado en funcionamiento durante diez años y ha sido recientemente optimizada. La segunda fue inaugurada en el año 2021, construida para compensar el incremento de aguas residuales y extender el tiempo del proceso de tratamiento. Ambas PTAR tienen una capacidad combinada para tratar 200 metros cúbicos de agua residual diariamente, es decir, 100 metros cúbicos cada una.

A continuación, se establecen y definen los términos y conceptos fundamentales empleados en el presente estudio, los cuales son cruciales para la comprensión del tratamiento y la reutilización de aguas residuales:

1. **Aguas residuales (ARs):** Aguas y otros líquidos de desecho de composición variada, provenientes de actividades domésticas, comerciales, institucionales, industriales, agrícolas, pecuarias, acuícolas, turísticas, mineras o de cualquier otra actividad capaz de generar aguas de desecho.

2. **Aguas residuales crudas:** Aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento.

3. **Aguas residuales tratadas:** Aguas residuales provenientes de sistemas de tratamiento que, por consiguiente, han sido sometidas a algún grado de procesamiento. No obstante, esto no garantiza que dicho tratamiento cumpla con los estándares establecidos por la normativa nacional vigente en materia de descarga y reutilización de aguas residuales.

4. **Alcantarillado sanitario:** Obras, instalaciones o servicios públicos destinados a la recolección y transporte de aguas residuales hasta su punto de tratamiento o vertido.

5. **Ambiente:** Formación de recursos naturales y culturales, así como el espacio rural y urbano, susceptibles de ser alterados por factores físicos, químicos o biológicos, o de cualquier otra naturaleza. Esto incluye alteraciones debidas a causas naturales o a actividades humanas, que puedan afectar directa o indirectamente las condiciones de vida del ser humano y el desarrollo social.

6. **Autoridad Competente (AC):** La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) define la Autorización de Descarga como el permiso oficial de vertido, emitido por la Autoridad Competente a un Ente Regulado, que establece las condiciones bajo las cuales se autoriza el vertido de sus aguas residuales a los cuerpos receptores o al alcantarillado sanitario (UNICEF - HONDURAS, 2016).

7. **Cadena de custodia:** Procedimientos de custodia e identificación implementados en la gestión de una muestra, desde su recolección en el punto de muestreo hasta su arribo al laboratorio para análisis, garantizando la preservación de su integridad y representatividad, sin alteraciones.

8. **Cancerígeno:** sustancia con potencial carcinogénico para los seres vivos.

9. **Caracterización de un agua residual:** Determinación rigurosa de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas residuales.

10. **Caudal o flujo:** Volumen de agua que por unidad de tiempo fluye por un conducto o cauce de las maneras subsiguientes:

11. **Caudales o flujos instantáneos:** Se registran en un momento determinado en un punto de medición específico.

12. **Caudales o flujos medios horarios:** Aquellos que se obtienen promediando varias mediciones instantáneas realizadas en un intervalo de una hora.

13. **Caudales o flujos medios diarios:** Promedios resultantes de la medición de diversos caudales instantáneos durante un período de un día.

14. **Caudal o flujo mínimo diario:** El caudal más bajo registrado en un período de un día.

15. **Caudal o flujo máximo diario:** El caudal más alto registrado en un período diario (IPCC, 2021). Igualmente, se pueden distinguir caudales mínimos, medios y máximos para otros intervalos de tiempo.

16. **Cloro residual:** Capacidad del agua para mantener una concentración de cloro activo, la cual es suficiente para ejercer una acción biocida residual sobre microorganismos, posteriormente a los procesos de desinfección.

17. **Coliformes termotolerantes (o fecales):** Bacterias procedentes del tracto digestivo humano (o animal de sangre caliente) que se utilizan como indicadores de una posible contaminación de agua o lodo con microorganismos patógenos bacterianos, puesto que su presencia señala el contacto del agua con materia fecal. Concentración: masa, volumen o

cualquier otro indicador de cantidad de sustancia presente por unidad de volumen de su disolvente.

18. **Concentración máxima permisible:** Mayor concentración admisible de un contaminante al ser descargado a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado sanitario.
19. **Contaminante:** Sustancia que, al incorporarse a un cuerpo de agua, ya sea natural o artificial, podría resultar en el deterioro de su calidad física, química o biológica.
20. **Contaminante convencional:** Sustancias contaminantes halladas comúnmente en las aguas residuales de origen doméstico.
21. **Contaminante no convencional:** Sustancias atípicas presentes en las aguas residuales domésticas.
22. **Contaminante prioritario:** Contaminante considerado de importancia prioritaria para su eliminación de aguas residuales y naturales, debido a su carácter cancerígeno, teratogénico, mutagénico o toxicidad aguda.
23. **Contaminantes orgánicos refractarios:** Compuestos orgánicos cuya degradación es considerablemente lenta debido a la estabilidad inherente de sus moléculas, lo que dificulta su descomposición.
24. **Control de nutrientes:** Operaciones de tratamiento enfocadas en la eliminación de los nutrientes en las ARs, específicamente el Nitrógeno y el Fósforo.
25. **Convenio de Basilea:** Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.
26. **Cuerpo receptor:** Masa de agua subterránea o superficial, lacustre, marina, ribereña, represada o en libre movimiento, incluyendo, pero no limitado a, ríos, quebradas,

canales, lagos, lagunas, acuíferos, mares, embalses naturales o artificiales, esteros, pantanos, así como demás cuerpos de agua dulce, salobre o salada, o el suelo y subsuelo, los cuales pueden recibir, directa o indirectamente, el vertido de aguas residuales.

27. **Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO<sub>5,20</sub>):** El oxígeno consumido por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua, cuantificado tras cinco días de incubación a 20 °C.
28. **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Cantidad de oxígeno equivalente a la cantidad de un agente oxidante fuerte, capaz de oxidar una muestra de materia orgánica en un medio ácido. La DQO cuantifica la totalidad de la materia orgánica oxidable, mientras que la DBO mide la porción de la materia orgánica que se oxida biológicamente bajo condiciones de presencia de oxígeno en el medio de reacción.
29. **Descarga o vertido:** Aguas residuales, ya sean crudas o tratadas, que son liberadas o dispuestas en un cuerpo receptor o en el sistema de alcantarillado sanitario.
30. **Eficiencia de depuración:** Grado de eliminación de un contaminante específico que una operación de tratamiento puede alcanzar, medido generalmente en términos porcentuales. Efluente: cualquier corriente de salida de una instalación u operación determinada. En su uso común, el término se emplea a menudo como sinónimo de agua residual.

31. **Ente Regulador (ER):** Entidad, sea persona natural o jurídica, de carácter público o privado, con la capacidad o la acción de generar RA, cuyas descargas estarán sujetas a la regulación estatal.
32. **Formulario RD:** Documento preparado por la Autoridad Competente, en el cual se detallan los datos obligatorios para la solicitud de una autorización de descarga.
33. **Laboratorio autorizado:** Laboratorio con licencia de la Secretaría de Estado en el Despacho de Salud para el análisis de agua, y que cumple con lo establecido en el Reglamento de Registro Nacional de Prestadores de Servicios Ambientales de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.
34. **Monitoreo:** Procedimiento que consiste en la recolección de muestras de aguas residuales o naturales para su posterior análisis especializado en laboratorios autorizados, con el propósito de determinar su composición, o el proceso de medición de los caudales de dichas aguas. Cuando esta actividad sea ejecutada por la parte interesada, se denominará "automonitoreo".
35. **Muestra compuesta:** La muestra se conforma por dos o más muestras puntuales que se han mezclado en proporciones conocidas y adecuadas para obtener un resultado promedio de la composición de un AR en un período de tiempo determinado. Dicha muestra puede ser compuesta simple, cuando las muestras puntuales empleadas para su elaboración se combinan en proporciones iguales; muestra compuesta ponderada, cuando las proporciones de las muestras puntuales reflejan las variaciones en los caudales o intervalos de tiempo en los cuales estas se toman; y compuesta especialmente ponderada, cuando las proporciones de las muestras puntuales que la componen reflejan variaciones asociadas a los puntos espaciales

en los cuales se toman, como en diferentes puntos equidistantes a lo ancho de un río.

36. **Muestra puntual:** La muestra se obtuvo en un período breve, de modo que el tiempo utilizado para su extracción corresponde al transcurrido para recolectar, en una sola toma instantánea, el volumen de muestra requerido. Es importante señalar que una muestra puntual representa la composición del agua residual en el momento exacto de su recolección; por el contrario, una muestra compuesta refleja la composición del agua residual durante el lapso empleado para su conformación, lo que la convierte en un indicador más preciso de la composición promedio del efluente. Cuantas más muestras puntuales se utilicen para formar una muestra compuesta, mayor será la aproximación de las características de esta última a la composición real del efluente.

37. **Mutagénico:** Sustancia con la capacidad de modificar la composición de los cromosomas celulares en organismos vivos.

38. **Nitrógeno Total de Kjeldahl:** Contenido total de nitrógeno, ya sea en forma de amoníaco (nitrógeno amoniacal) o de compuestos orgánicos (nitrógeno orgánico), presente en una muestra de agua.

39. **Receptor sensible (RS):** Individuos o entidades, ya sean físicas o jurídicas, que residen o se establecen dentro del área de influencia de las descargas puntuales o difusas de una Entidad Regulada, y que se encuentran vulnerables a los efectos de dichas descargas.

40. **Reutilización:** Utilización de un efluente para propósitos útiles y autorizados.

41. **Sistema de tratamiento:** Las instalaciones destinadas a procesos físicos, químicos o biológicos, junto con su infraestructura, equipos asociados y los recursos

indispensables para su operación ininterrumpida; cuyo propósito es optimizar la calidad del agua residual, a fin de asegurar el cumplimiento de los criterios establecidos para su vertido final.

42. **Sólidos sedimentables:** Partículas presentes en una muestra de agua que, tras un período de reposo en un cono Imhoff, se sedimentan naturalmente, generalmente en una hora. Se cuantifica en términos del volumen ocupado por las partículas por unidad de volumen de muestra por unidad de tiempo, típicamente ml/l-hora.
43. **Sólidos suspendidos:** Son partículas que se hallan en suspensión, disueltas o en estado coloidal dentro de una muestra de agua, y que son retenidas por un filtro de porosidad estándar. Su medición se expresa en función de la masa de las partículas suspendidas por unidad de volumen de la muestra.
44. **Ubicación geo-referenciada:** Ubicación geográfica cuyas coordenadas son conocidas con exactitud, por haber sido determinadas mediante un procedimiento válido de georeferenciación, típicamente utilizando aparatos de posicionamiento geográfico.
45. **Unidad de Inspección y control de Vertidos:** Será responsable del análisis de las solicitudes de autorizaciones de descarga, así como del seguimiento en campo y las inspecciones selectivas a los ERS. Adicionalmente, cuando sea pertinente y tras una denuncia o solicitud relacionada con vertidos incontrolados, deberá inspeccionar el estado ambiental de los cuerpos receptores. Esta Unidad podrá desempeñar otras funciones que le sean asignadas por la Autoridad Competente.
46. **UTM:** Sistema de coordenadas que identifica la posición sobre la superficie del globo terráqueo, empleando 60 zonas y midiendo la longitud y latitud de dicha

posición en metros a partir de un punto de referencia establecido. Se designa como tal por las siglas derivadas de su nombre en inglés, *Universal Transverse Mercator*.

## **CAPITULO: III MARCO TEÓRICO**

### **3.1 MARCO TEÓRICO**

El Marco Teórico analiza los procesos y tecnologías utilizados en el tratamiento de aguas residuales, detallando las técnicas y metodologías para transformar aguas residuales en efluentes aptos para su reintegro al medio ambiente o su reutilización. Los procesos se clasifican en:

#### **3.1.1 Tratamiento primario**

Operaciones de tratamiento de aguas residuales que eliminan una proporción de los sólidos suspendidos y la materia orgánica, y/o que regulan los caudales de entrada a un sistema de tratamiento, generalmente mediante operaciones físicas como el tamizado, la sedimentación primaria y la ecualización de flujos. El efluente resultante del tratamiento primario contendrá una cantidad considerable de materia orgánica y una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) relativamente elevada. No estará desinfectado y, por consiguiente, su contenido microbiano será alto, con potencial patógeno.

#### **3.1.2 Tratamiento secundario**

El tratamiento de aguas residuales se enfoca directamente en la eliminación de materia orgánica biodegradable y sólidos suspendidos, a menudo incorporando desinfección. Comúnmente, este proceso implica un tratamiento biológico que utiliza lodos activados, sistemas de crecimiento inmovilizado, lagunas de estabilización, sedimentación y desinfección mediante agentes químicos o luz ultravioleta. Para las aguas residuales domésticas convencionales, el tratamiento secundario usualmente genera efluentes con una calidad suficiente para ser descargados en cuerpos receptores con caudales significativos.

### **3.1.3 Tratamiento avanzado**

Tratamiento necesario de las aguas residuales, más allá del tratamiento secundario convencional, para eliminar componentes tóxicos, nutrientes, mayores cantidades de materia orgánica y sólidos suspendidos. Generalmente, se utiliza en situaciones donde se exige una alta calidad de las aguas tratadas, como para su aplicación en procesos industriales de enfriamiento o para la recarga artificial de acuíferos.

### **3.1.4 Reducción de los contaminantes de agua residual**

Todo proceso que emplee agua y la genere como residuo necesita un sistema para mitigar los contaminantes. La reducción de contaminantes en aguas residuales se logra mediante el tratamiento de aguas, el cual comprende lo que en ingeniería ambiental se denomina operaciones y procesos unitarios. Las operaciones unitarias se caracterizan por la predominancia de fenómenos físicos, mientras que los procesos unitarios engloban los métodos químicos y biológicos de tratamiento.

**Tabla 1.**

*Operaciones y procesos sobre el tratamiento primario de la PTAR*

<b>Operaciones unitarias</b>	<b>Procesos unitarios</b>
Filtración	Oxidación
Destilación	Combustión
Centrifugación	Fermentación
Trituración	Saponificación
Secado	Su hidratación
Disolución	Karstificación
Cristalización	Hidrogenación
Agitación	Electrolisis
Dilución	Floculación
Decantación	Coagulación
Evaporación	Adsorción
Precipitación	Halogenación
Flotación	Su fonación
-	Reducción

*Fuente: Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento (CONASA, 2020).*

### **Tratamiento requerido para reutilización de agua residual**

#### **3.1.5.1 Tratamiento primario**

Operaciones de tratamiento de aguas residuales diseñadas para remover una proporción de sólidos suspendidos y materia orgánica, y/o para controlar los caudales de entrada a un sistema de tratamiento, usualmente mediante operaciones físicas como tamizado, sedimentación primaria y equalización de flujos. El efluente resultante del tratamiento primario presentará una cantidad considerable de materia orgánica y una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) relativamente elevada. No estará desinfectado y, por consiguiente, su contenido microbiano será alto, con potencial patógeno.

### ***3.1.5.2 Cámara de arena***

Previamente, se empleaban tanques de decantación, extensos y angostos, con configuración de canales, para la separación de material inorgánico o mineral, como arena, sedimentos y grava. Estas cámaras estaban configuradas para permitir la sedimentación de partículas inorgánicas de 0,2 mm o mayores en el fondo, mientras que las partículas de menor tamaño y la mayoría de los sólidos orgánicos en suspensión proseguían su trayecto (Axis Ima, 2019).

Actualmente, las cámaras aireadas de flujo en espiral con fondo en tolva, o clarificadores, dotadas de brazos mecánicos de raspado, son las más utilizadas. El residuo mineral se elimina y se deposita en vertederos sanitarios. La acumulación de estos residuos puede oscilar entre 0,08 y 0,23 m<sup>3</sup> por cada 3,8 millones de litros de aguas residuales.

### ***3.1.5.3 Sedimentación***

Tras la eliminación de la fracción mineral sólida, el agua es transferida a un tanque de sedimentación donde los materiales orgánicos, que son posteriormente removidos para su disposición, se depositan. El proceso de sedimentación puede disminuir los sólidos en suspensión en un rango del 40 al 60%. En ciertas plantas de tratamiento industrial, la tasa de sedimentación se optimiza mediante la integración de procesos de coagulación y floculación química en el tanque de sedimentación. La coagulación implica la adición de agentes químicos, tales como sulfato de aluminio, cloruro férrico o polielectrolitos, a las aguas residuales. Esto modifica las propiedades superficiales de los sólidos en suspensión, promoviendo su aglutinación y precipitación. La floculación, por su parte, induce la agregación de los sólidos en suspensión.

Conjuntamente, estos procesos son capaces de eliminar más del 80% de los sólidos en suspensión.

#### ***3.1.5.4 Flotación***

La flotación, una alternativa a la sedimentación en el tratamiento de aguas residuales, implica la introducción forzada de aire a presiones de entre 1,75 y 3,5 kg/cm<sup>2</sup>. Posteriormente, el agua residual sobresaturada de aire se descarga en un tanque abierto. En este, el ascenso de las burbujas de aire provoca que los sólidos en suspensión suban a la superficie, donde son eliminados. Este proceso de flotación puede remover más del 75% de los sólidos en suspensión.

#### ***3.1.5.5. Digestión***

La digestión constituye un proceso microbiológico mediante el cual el lodo, de naturaleza orgánicamente compleja, se transforma en metano, dióxido de carbono y una sustancia inofensiva con características similares al humus. Estas reacciones se llevan a cabo en un tanque cerrado, denominado digestor, y ocurren en condiciones anaerobias, es decir, en ausencia de oxígeno. La conversión se desarrolla a través de una secuencia de reacciones. Inicialmente, la materia sólida se solubiliza por la acción enzimática.

La sustancia obtenida fermenta gracias a la actividad de un grupo de bacterias acidogénicas, las cuales la reducen a ácidos orgánicos simples, como el ácido acético. Posteriormente, los ácidos orgánicos son convertidos en metano y dióxido de carbono por acción bacteriana. El lodo espesado y calentado se introduce en el digestor con la mayor frecuencia posible, donde permanece entre 10 y 30 días hasta su descomposición. La

digestión logra una reducción del contenido de materia orgánica en un rango del 45 al 60 por ciento. (Axis Ima 2019).

#### ***3.1.5.6 Desección***

El lodo digerido se distribuye sobre lechos de arena para su secado al aire. La absorción por la arena y la evaporación constituyen los procesos principales responsables de la desecación. El secado al aire exige un clima seco y relativamente cálido para su eficacia óptima. Algunas plantas depuradoras disponen de una estructura similar a un invernadero para salvaguardar los lechos de arena. El lodo desecado se emplea fundamentalmente como acondicionador del suelo; ocasionalmente se utiliza como fertilizante, dado su contenido del 2% de nitrógeno y el 1% de fósforo.

#### ***3.1.5.7. Tratamiento secundario***

El tratamiento de aguas residuales se enfoca directamente en la eliminación de materia orgánica biodegradable y sólidos suspendidos, a menudo incluyendo la desinfección. Este proceso suele involucrar tratamientos biológicos como lodos activados, sistemas de crecimiento inmovilizado, lagunas de estabilización, sedimentación y desinfección mediante agentes químicos o luz ultravioleta. En el caso de aguas residuales domésticas convencionales, el tratamiento secundario generalmente genera efluentes con una calidad adecuada para su descarga en cuerpos receptores de caudal significativo.

### 3.1.5.8 Tratamiento avanzado

El tratamiento de aguas residuales que trasciende el tratamiento secundario convencional, enfocado en la eliminación de elementos tóxicos, nutrientes, y volúmenes significativos de materia orgánica y sólidos suspendidos. Este proceso se aplica en situaciones donde se demanda una elevada calidad del agua tratada, tal como para su utilización en sistemas de enfriamiento industrial o para la recarga artificial de acuíferos.

**Tabla 2.**

*Tipos de tratamientos aplicados a la PTAR*

<b>Tratamiento primario</b>	<b>Tratamiento secundario</b>	<b>Tratamiento avanzado</b>
Homogenización	Lodos activados	Membranas
Neutralización	Convencional	Microfiltración
Ajuste del Potencial de Hidrógeno (PH)	Oxígeno puro	Ultrafiltración
Coagulación	Aireación extendida	Osmosis inversa
Floculación	De lecho móvil	Electrodialisis
Flotación	De lecho fijo	Intercambio iónico
Filtración	De lecho fluidizado	Adsorción
Desarenado	Biodiscos	Redox
Desaceitado	Filtros biológicos	Precipitación
Cribado	Lagunas aeróbicas	Ozono
-	Digestiones anaerobias	Luz ultravioleta
-	Sedimentación	-
-	Procesos anóxicos	-

*Fuente: Axis Ima, (2019).*

## **CAPÍTULO IV: METODO**

#### **4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación adopta un diseño metodológico cuantitativo y descriptivo, centrándose en una evaluación exhaustiva de la eficacia y viabilidad de un sistema integrado de gestión y reutilización de aguas residuales específicamente diseñado para el Hospital Militar de Tegucigalpa. La elección de este diseño se fundamenta en la necesidad de cuantificar variables clave y describir las características del sistema en cuestión, tal como lo sugiere Sampieri (2014) en su metodología de investigación.

Para lograr los objetivos propuestos, este estudio empleará un enfoque longitudinal. Esta aproximación permitirá la recolección de datos a lo largo de un período de tiempo prolongado, lo que es crucial para analizar diversas tendencias y cambios. Se recopilarán datos históricos detallados sobre los consumos y costos asociados al agua dentro del hospital. Esta información es vital para establecer una línea base y para proyectar los posibles ahorros y beneficios económicos del sistema propuesto.

Asimismo, el enfoque longitudinal permitirá una evaluación rigurosa de la eficacia del tratamiento de aguas residuales. Esto implica monitorear la calidad del agua tratada, asegurando que cumpla con las normativas ambientales y sanitarias pertinentes para su reutilización. Finalmente, se analizará de manera profunda el impacto que este sistema integrado tendrá en la sostenibilidad operativa del hospital. Esto abarca no solo los aspectos económicos y ambientales, sino también la contribución del sistema a la resiliencia hídrica del hospital y su compromiso con prácticas más sostenibles a largo plazo.

## **4.2. ESTRATEGIA**

La estrategia de investigación se diseñará meticulosamente para asegurar una comprensión profunda y multifacética del sistema de gestión hídrica del hospital. Se basará en la recolección sistemática de datos primarios y secundarios, lo que permitirá un análisis exhaustivo tanto de la situación actual como de sus repercusiones financieras y operacionales. Este enfoque dual es crucial para identificar no solo los desafíos existentes, sino también las oportunidades de mejora y optimización.

En cuanto a las fuentes primarias, se llevarán a cabo entrevistas estructuradas y semiestructuradas con el personal clave del hospital. Esto incluirá a directivos, ingenieros, personal de mantenimiento, personal médico y cualquier otro individuo cuya experiencia o conocimiento sea relevante para la gestión del agua. Estas entrevistas buscarán recabar percepciones, experiencias, desafíos y sugerencias directas sobre el funcionamiento del sistema. Adicionalmente, se realizará un monitoreo directo y en tiempo real de los sistemas de agua. Esto implicará la observación de la infraestructura, la toma de mediciones de flujo y presión, la detección de fugas y el análisis de la calidad del agua en diferentes puntos del sistema, utilizando equipos de medición especializados. Este monitoreo permitirá validar la información obtenida en las entrevistas y detectar problemas que no son evidentes a simple vista.

Por otro lado, las fuentes secundarias serán igualmente fundamentales para contextualizar y complementar los datos primarios. Se revisarán exhaustivamente los registros financieros históricos del hospital, prestando especial atención a los costos asociados con el consumo de agua, el mantenimiento del sistema, las reparaciones y las inversiones en infraestructura hídrica. La documentación sobre el consumo histórico de

agua, incluyendo patrones estacionales y picos de demanda, será vital para entender la evolución del uso del recurso. Finalmente, se analizará toda la documentación disponible sobre la infraestructura existente, incluyendo planos, diagramas de tuberías, informes de mantenimiento previos, especificaciones técnicas de equipos y cualquier otro documento que describa la composición y el estado actual del sistema hídrico del hospital. La combinación de estas fuentes permitirá construir un panorama completo y preciso, sentando las bases para recomendaciones informadas y estratégicas.

### **4.3. PLAN DE ANÁLISIS**

El plan de análisis se estructurará rigurosamente utilizando técnicas estadísticas avanzadas para la interpretación exhaustiva de los datos recopilados. Se emplearán análisis de tendencias para evaluar detalladamente los patrones de consumo de agua, identificando variaciones estacionales y a largo plazo, así como para monitorear la evolución de los costos asociados. Esto permitirá detectar anomalías y proyectar comportamientos futuros.

Adicionalmente, se aplicará un análisis de costo-beneficio exhaustivo para determinar la viabilidad financiera y la conveniencia de implementar un nuevo sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales. Este análisis no solo comparará los costos iniciales de inversión y los gastos operativos continuos del nuevo sistema con los de las prácticas actuales, sino que también cuantificará los beneficios tangibles e intangibles, como la reducción del consumo de agua potable, la disminución de vertidos contaminantes, el cumplimiento de normativas ambientales más estrictas y la mejora de la imagen corporativa. Se considerarán escenarios de sensibilidad para evaluar el impacto de diferentes variables económicas y operativas en la rentabilidad del proyecto.

#### 4.4. MÉTODO

El método de investigación propuesto para este estudio comprenderá una serie de pasos sistemáticos y multifacéticos, diseñados para asegurar una recopilación exhaustiva y un análisis riguroso de la información relevante. A continuación, se detallan los componentes clave de esta metodología:

1. **Recopilación de datos exhaustiva:** Este paso inicial es crucial y se centrará en la obtención de una variedad de datos fundamentales. Se recopilará información detallada sobre el consumo actual de agua del hospital, incluyendo datos de fuentes internas y externas. Paralelamente, se analizarán los costos asociados con la adquisición de agua a través de medios externos, como la compra de agua en cisternas, desglosando estos gastos para identificar patrones y oportunidades de ahorro. Un componente esencial será la evaluación de la eficacia del tratamiento de aguas residuales existente, lo que implicará la recolección de datos sobre la calidad del efluente y la eficiencia de los procesos actuales. Para proporcionar una perspectiva integral, se incluirán tanto datos históricos como datos actuales, lo que permitirá una comparativa longitudinal para identificar tendencias, mejoras o deterioros a lo largo del tiempo. Esta aproximación longitudinal es vital para comprender la dinámica del sistema de gestión del agua del hospital.
2. **Entrevistas estructuradas con personal clave:** Se llevarán a cabo entrevistas estructuradas con individuos estratégicos dentro de la organización hospitalaria que poseen un conocimiento profundo y experiencia directa en la gestión del agua. Esto incluirá, de manera prioritaria, a los técnicos y operadores de la planta

de tratamiento de aguas residuales, quienes pueden proporcionar información valiosa sobre el funcionamiento diario, los desafíos operativos y las oportunidades de mejora. Asimismo, se entrevistará a los administradores de instalaciones y a otros miembros del equipo de gestión relevantes, quienes pueden ofrecer una perspectiva sobre la planificación estratégica, las decisiones presupuestarias y las políticas internas relacionadas con el uso y la gestión del agua. Las preguntas de las entrevistas estarán diseñadas para obtener información cualitativa sobre las prácticas actuales, los problemas percibidos, las necesidades no satisfechas y las ideas para futuras implementaciones.

3. **Monitoreo detallado de sistemas de tratamiento de aguas residuales:** Este componente implica un seguimiento continuo y sistemático del rendimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del hospital. El objetivo principal es evaluar la eficacia actual de la planta en el tratamiento de las aguas residuales, verificando que los efluentes cumplan con las normativas ambientales y que el proceso sea eficiente en la remoción de contaminantes. Además, se realizará un monitoreo específico para determinar la viabilidad y el potencial de reutilización de las aguas tratadas, analizando parámetros de calidad que sean relevantes para diferentes usos potenciales (por ejemplo, riego, limpieza, o procesos no potables). Este monitoreo proporcionará datos empíricos cruciales para sustentar las recomendaciones futuras.
4. **Evaluación exhaustiva de la infraestructura hídrica:** Se realizará una inspección minuciosa y detallada de la infraestructura actual relacionada con el sistema de gestión del agua del hospital. Esta evaluación abarcará desde las

tuberías de suministro y distribución hasta los sistemas de recolección de aguas residuales, tanques de almacenamiento y equipos de bombeo. El propósito es identificar cualquier limitación existente en la infraestructura, como la antigüedad de los equipos, la falta de capacidad, la presencia de fugas o ineficiencias en el diseño. Asimismo, se buscarán activamente oportunidades de mejora, como la implementación de tecnologías más eficientes, la optimización de rutas de tuberías, la instalación de sistemas de ahorro de agua o la modernización de los equipos de tratamiento. Esta evaluación proporcionará una base sólida para las recomendaciones de inversión y mejora de la infraestructura.

5. **Elaboración y presentación de un informe de resultados integral:** Todos los hallazgos y análisis derivados de los pasos anteriores serán meticulosamente documentados en un informe detallado y estructurado. Este informe no solo presentará los resultados de la investigación de manera clara y concisa, sino que también incluirá un apartado de recomendaciones específicas y prácticas para la implementación de un sistema mejorado de tratamiento y reutilización de aguas residuales. Estos beneficios se presentarán en términos de una reducción significativa de los costos operativos asociados con la compra de agua, un incremento notable en la eficiencia del uso del recurso hídrico, y una mejora sustancial en la sostenibilidad ambiental del hospital, alineándose con prácticas responsables y la reducción de la huella hídrica.

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS**

## **5.5 ESTUDIO DIAGNÓSTICO**

### ***5.5.1 Definición del problema***

El Hospital Militar de Tegucigalpa experimenta desafíos considerables en su sistema de suministro de agua, atribuidos a infraestructuras anticuadas y a una capacidad de almacenamiento insuficiente que no consigue satisfacer la demanda hídrica en expansión de la zona. Con instalaciones que superan los 70 años de antigüedad, el sistema vigente no solo es inadecuado para satisfacer las necesidades del hospital, sino que también genera la imperiosa necesidad de adquirir agua de manera recurrente, lo que representa un método oneroso e insostenible a largo plazo. Esta problemática se intensifica durante los periodos de elevada demanda o interrupción del servicio público, resultando en racionamientos internos y restricciones en actividades esenciales como el riego y el mantenimiento de áreas verdes. Ello compromete no solo la operatividad del hospital, sino también la calidad del servicio ofrecido a pacientes y visitantes.

### ***5.5.2 Sistema de abastecimiento de agua del Hospital Militar en Tegucigalpa***

El sistema de bombeo de agua del afluente a la planta de tratamiento de agua potable está compuesto por tres (03) bombas de turbina de eje vertical con una capacidad de 100 HP. Dicho sistema fue instalado recientemente a inicios del 2024. Las instalaciones han quedado obsoletas, a pesar de que parte de sus componentes fueron reemplazados. El sistema de captación de agua, que se compone de dos pilas y un tanque de 200 mil galones de agua, ya no es capaz de satisfacer la demanda debido al crecimiento de la misma en dicha zona.

Actualmente, la demanda diaria excede los 400,000 galones diarios, por lo que se recibe agua de manera racionada, con periodos que superan varios días sin servicio. En

relación con el Hospital Militar, debido al crecimiento experimentado en los últimos años y a su limitada capacidad para almacenar agua de reserva, pronto se queda desabastecido, lo que obliga a adquirir el vital líquido para suplir las necesidades esenciales y a racionar internamente el uso del agua, principalmente en riego y mantenimiento de áreas verdes.

Es importante destacar que el Hospital Militar no cuenta con una fuente exclusiva, por lo cual está buscando alternativas que le brinden seguridad en la autonomía de este recurso indispensable. Por esta razón, se han realizado perforaciones de pozos sin resultados positivos, se ha presupuestado la construcción de nuevos tanques cisterna y se plantea desarrollar un proyecto para reutilizar aguas residuales regeneradas, en vista de que ya se cuenta con una inversión que regenera el agua residual a un nivel de tratamiento secundario.

### ***5.5.3 Diagnóstico de compra de agua en cisternas para compensar déficit de agua en el Hospital Militar de Tegucigalpa***

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva en el departamento de Finanzas perteneciente al Hospital Militar, con el propósito de determinar los gastos incurridos en la adquisición de agua mediante camiones cisterna, a proveedores privados, durante un período de cinco años y medio, comprendido desde enero de 2020 hasta el cierre del año 2024. Se analizó la erogación anual, evidenciándose un patrón de gasto creciente y constante, con la notable excepción del año 2024, en el que se registró una disminución en la compra de agua en comparación con el año 2023. Sin embargo, esta reducción no implica la resolución del déficit hídrico, sino que se atribuyó a un aumento transitorio del caudal de la fuente que suministra el vital líquido, resultado de las precipitaciones

recibidas y de las gestiones emprendidas por las autoridades de turno para acarrear agua a un costo reducido.

En este contexto, se identificó un gasto por adquisición de agua de L. 461,000.00 en el año 2020. En 2021, este gasto se incrementó a L. 656,800.00, y para el año 2022 ascendió a L. 1,540,000.00. El mayor pico en el gasto por compra de agua se registró en el año 2023, alcanzando un valor de L. 2,138,000.00, reflejando una tendencia de incremento sostenido.

Sin embargo, en el año 2024 se observó una disminución significativa en el gasto, reduciéndose a L. 482,400.00. Esta reducción se atribuye, principalmente, a un invierno especialmente copioso durante 2023 y a mejoras temporales implementadas en el sistema de bombeo de agua a lo largo del año 2024. (Hospital Militar, 2024)

Adicionalmente, se calculó el volumen de agua adquirida durante el período analizado, evidenciándose un aumento progresivo y proporcional en los volúmenes registrados, pasando de 263,478 galones en 2016 a 1,440,626 galones en 2020.

El agua adquirida se destina a cubrir todas las necesidades de consumo humano (cirugías, higiene de pacientes, limpieza, desinfección, mantenimiento de áreas verdes y jardines, lavado de vehículos, entre otros). El gasto incurrido por la compra de agua en tanques cisterna durante el período estudiado es considerable, lo que hubiera permitido la financiación de un sistema avanzado de tratamiento de aguas residuales y la subsiguiente utilización de este recurso hídrico para riego, mantenimiento de vehículos y limpieza de sanitarios e inodoros.

**Tabla 3.**

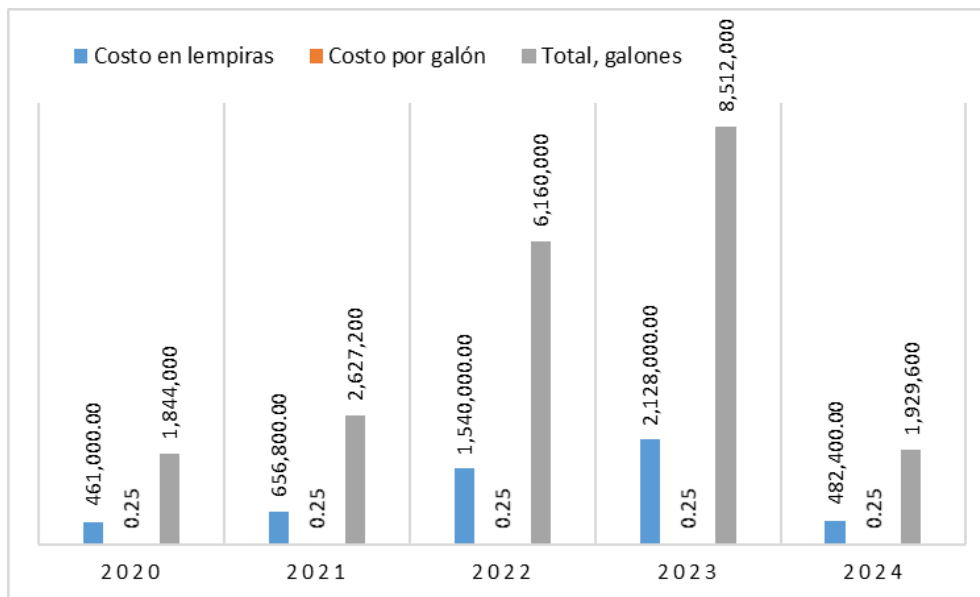
*Compra de agua en camión cisterna durante 5 años*

<b>Año analizado</b>	<b>Costo en lempiras</b>	<b>Costo por galón</b>	<b>Total en galones</b>
<b>2020</b>	461,000.00	0.25	1,844,000
<b>2021</b>	656,800.00	0.25	2,627,200
<b>2022</b>	1,540,000.00	0.25	6,160,000
<b>2023</b>	2,128,000.00	0.25	8,512,000
<b>2024</b>	482,400.00	0.25	1,929,600
<b>Total</b>	<b>L 5,268,200.00</b>	<b>1.25</b>	<b>21,072,600 galones</b>

Fuente: Elaborado con información del Departamento de Finanzas del Hospital Militar (2025).

**Figura 3.**

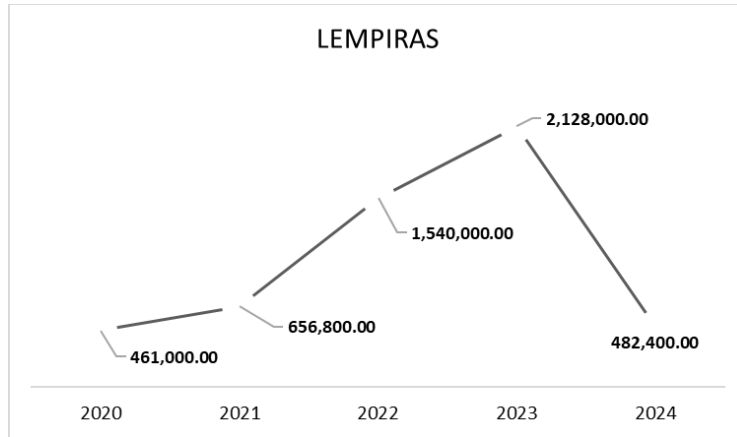
*Comparación de gastos en lempiras por compra y volumen de agua adquirido*



Fuente: Elaborado con información del Departamento de Finanzas del Hospital Militar (2025)

**Figura 4.**

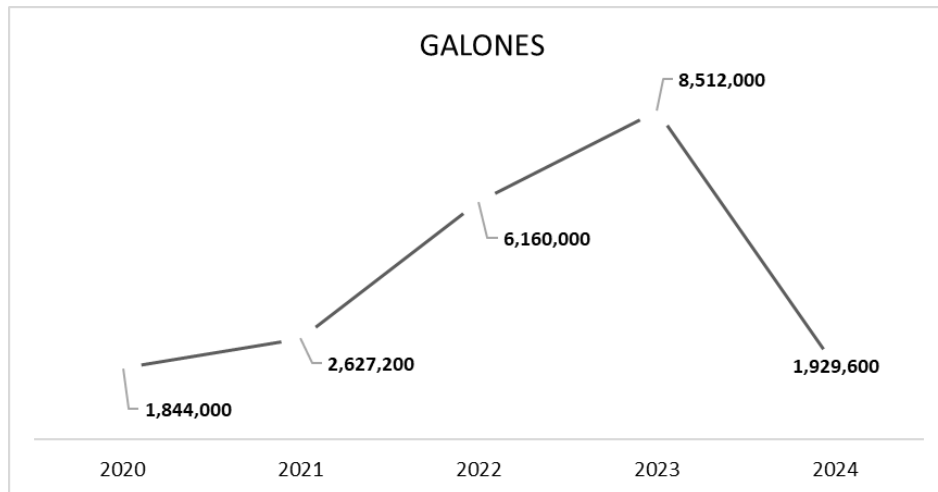
*Tendencia del costo en lempiras por compra de agua en 5 años*



*Fuente: Elaborado con información del Departamento de Finanzas del Hospital Militar (2025).*

**Figura 5.**

*Comparativa de volumen en galones de agua comprada por año*



*Fuente: Elaborado con información del Departamento de Finanzas del Hospital Militar (2025).*

Durante los cinco años investigados, se realizó un pago total de cinco millones doscientos sesenta y ocho mil doscientos Lempiras (L 5,268,200.00), lo que permitió la adquisición de un volumen total de veintiún millones setenta y dos mil ochocientos galones (21,072,800 galones).

#### ***5.5.4 Definición del producto***

El producto propuesto para el Hospital Militar consiste en un Sistema Integrado de Gestión y Reutilización de Aguas Residuales, concebido para optimizar el consumo hídrico y minimizar la dependencia de fuentes externas. Este sistema de vanguardia incorpora tecnologías de tratamiento secundario y avanzado, tales como filtración, desinfección ultravioleta y ósmosis inversa, lo que posibilita la transformación de las aguas residuales en agua de calidad no potable. El agua tratada se destinará a usos no potables, incluyendo el riego de zonas verdes, el lavado de vehículos y la limpieza de instalaciones, lo que contribuirá a una gestión hídrica sostenible dentro del ámbito hospitalario.

Adicionalmente, el sistema contempla la edificación de infraestructura para el almacenamiento y la distribución eficiente del agua regenerada a los puntos de consumo específicos dentro del hospital. Se complementará con un sistema de monitoreo y control automatizado que asegurará la calidad del agua y optimizará el rendimiento del sistema de tratamiento conforme a las necesidades del hospital. Asimismo, se brindará capacitación y soporte técnico al personal del hospital para la operación y el mantenimiento del sistema.

Este producto anticipa una reducción sustancial de los costos asociados a la adquisición de agua, una mejora en la sostenibilidad ambiental del hospital, un incremento en la autonomía respecto a la gestión del agua y la garantía de la continuidad y eficiencia de las operaciones hospitalarias. Mediante la implementación de este sistema, el hospital potenciará su capacidad para gestionar sus recursos hídricos de manera más efectiva y sostenible.

### 5.5.5 Consumo Promedio de Agua en el Hospital Militar de Tegucigalpa

Para determinar la distribución del consumo promedio del Hospital Militar, se analizaron diez áreas de alto consumo, las cuales reflejan su capacidad instalada: camas disponibles, camas ocupadas, número de pacientes en consultas ambulatorias, lavandería de pacientes, lavandería del personal de seguridad, número de personal en horario administrativo (8 horas), número de visitas (personal flotante), número de personal fijo (24 horas), agua utilizada en el riego de jardines y áreas verdes, y agua empleada en el mantenimiento de vehículos.

El Hospital Militar dispone de ocho salas de hospitalización, una sala de cuidados intensivos y una sala de neonatos, sumando un total de ciento cuarenta y cuatro (144) camas y cuatro (4) cunas, como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 4.**

*Distribución de camas por sala en el Hospital Militar*

No.	Salas	Cantidad de camas
1	Sala A Pediatría	6
2	Sala B Maternidad	7
3	Sala C Adultos	12
4	Sala D Adultos	15
5	Sala E Adultos	19
6	Sala F Adultos	17
7	Sala G Adultos	32
8	Sala de Observación	32
9	Sala UCI	4
10	Sala Neonatal	4 cunas
<b>Total</b>		<b>144 camas y 4 cunas</b>

*Fuente: Elaboración propia, (2025).*

#### 1. Camas ocupadas con paciente

En promedio, setenta y cinco (75) camas permanecen ocupadas por pacientes, según el reporte de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (citado

por la Red Global de Hospitales Verdes y Saludables en el documento "Indicadores para controlar el consumo de agua e implementar acciones que promuevan su ahorro", del Hospital León Becerra, Ecuador). Este informe indica que el consumo de agua por paciente hospitalizado puede ascender hasta 1325 litros diarios, si bien este valor está sujeto a diversos factores como el tipo de tratamiento o la antigüedad del hospital. Para este estudio, se han evaluado las características particulares del hospital en cuestión.

En este sentido, para calcular el consumo promedio, se estimó un uso de 780 litros por cama ocupada, lo que, multiplicado por el total de camas ocupadas, arroja un resultado de cincuenta y ocho mil quinientos (58,500) litros de agua, equivalentes a 58.5 m<sup>3</sup>. Este consumo representa el 49% del total de agua consumida.

## **2. Camas desocupadas**

Se realizó una verificación de la capacidad instalada, revelando que sesenta y nueve (69) camas se encuentran desocupadas. Esta situación se justifica por la naturaleza de los pacientes atendidos, que incluyen personal con alto riesgo debido a sus operaciones y por su convivencia en grupos grandes. Bajo este escenario, se calculó un consumo promedio de 96 litros por cama, contemplando el mantenimiento, cambio de ropa de cama, limpieza y la capacidad instalada, con el fin de asegurar su disponibilidad constante. El resultado total asciende a seis mil seiscientos veinticuatro (6624) litros, lo que constituye el 6% del consumo diario total de agua.

## **3. Consultas ambulatorias**

Conforme a las estadísticas, se registran en promedio 600 atenciones ambulatorias en consulta externa, odontología, radiología e imágenes, endoscopia, laboratorio,

rehabilitación y vacunación. Se ha estimado que cada atención ambulatoria consume en promedio 12 litros de agua, lo que totaliza 7,200 litros, representando el 6% del consumo diario total de agua.

#### **4. Lavandería hospitalaria**

Se ha estimado el consumo promedio del servicio de lavandería hospitalaria. Este servicio dispone de tres lavadoras industriales, las cuales, estadísticamente, realizan 30 ciclos de lavado diarios. El consumo de agua diario asciende a once mil novecientos cuarenta (11.940) litros, lo que equivale al 10 % del consumo total.

#### **5. Lavandería de la compañía de seguridad interna**

El hospital dispone de una empresa de seguridad que ofrece servicios a las instalaciones las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Por consiguiente, se ha estimado el consumo de lavandería de dicha empresa, arrojando un promedio de tres mil quinientos sesenta litros (3560), lo que equivale al 3% del consumo total.

#### **6. Personal permanente 8 horas en horario administrativo**

En el hospital, con un promedio de 185 empleados de apoyo, se ha estimado que una persona requiere al menos 100 litros de agua por día, según la Organización Mundial de la Salud. De este dato se deduce que un empleado utiliza 34 litros diarios en una jornada administrativa, lo que suma un total de seis mil doscientos noventa (6,290) litros, equivalentes al 5% del consumo total de agua diario.

#### **7. Personas que visitan el Hospital Militar de Tegucigalpa**

El Hospital Militar registra un promedio diario de quinientas visitas, ya sea para acompañamiento de pacientes o para gestiones administrativas. Se ha calculado que cada

visitante consume una media de ocho (8) litros de agua, lo que totaliza cuatro mil (4,000) litros diarios, representando el 3% del consumo hídrico total de la institución.

#### **8. Personal permanente 24 horas**

En el hospital, un promedio de 96 personas, incluyendo médicos, enfermeras y personal de seguridad interna, permanecen durante 24 horas. Se calculó que el consumo de agua asociado a la permanencia continua de este personal asciende a un promedio de ciento diez (110) litros por persona al día, lo que totaliza diez mil quinientos sesenta (10,560) litros y representa el 9% del consumo total.

Se ha estimado un consumo de agua para el riego de jardines y áreas verdes. Los resultados indican que se utilizan 8,200 litros para mantener una porción de las áreas verdes y jardines de los diversos edificios del hospital, lo que constituye el 7% del consumo total de agua diario.

#### **9. Riego de Jardines y Áreas Verdes**

Se ha estimado un consumo de agua para el riego de jardines y áreas verdes de ocho mil doscientos litros, lo que representa el 7 % del volumen total de agua utilizada diariamente para el mantenimiento de estas zonas en los diversos edificios del hospital.

#### **10. Para lavado y mantenimiento de la flota de vehículos**

Finalmente, se procedió al cálculo del consumo promedio de agua necesario para el lavado y mantenimiento de la flota vehicular del hospital, compuesta por un total de quince (15) vehículos. Para esta actividad, se estima un gasto promedio de ciento diez (110) litros por cada vehículo, lo que arroja un total promedio diario de mil seiscientos

cincuenta (1650) litros. Este consumo representa el 2% del volumen total de agua utilizada.

**Tabla 5.**

*Distribución en promedio sobre el consumo de agua en el Hospital Militar*

No.	Servicio / Utilidad	Cantidad	Litros por Unidad (LPU)	Promedio en litros por día (LPD)	Metros Cúbicos (M <sup>3</sup> )
1	Camas disponibles	69	96	6,624	624
2	Camas ocupadas	75	780	5,8500	8.5
3	Consultas Ambulatoria	600	12	7,200	7.2
4	Lavandería de Pacientes	1	11,940	11,940	11.94
5	Lavandería de la compañía de seguridad Personal	1	3,560	3,560	3.56
6	Administrativo (8hrs)	185	34	6,290	6.29
7	Visitas ( Personal Flotante)	500	8	4,000	4
8	Personal (24 horas)	96	110	10,560	10.56
9	Riego	N/D	N/D	8,200	8.2
10	Mantenimiento de vehículos	15	110	1,650	1.65
<b>Totales</b>		<b>1,542</b>	<b>16,650</b>	<b>118,524</b>	<b>685.9</b>

*Fuente: Hospital Militar (2024)*

*Fuente: Elaborado con información de la Sección de Estadística del Hospital Militar y de la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2025). Se evaluó la capacidad de almacenamiento de agua potable que posee actualmente el Hospital Militar,*

determinando una capacidad total de 269 metros cúbicos. Cabe destacar que las áreas con mayor demanda de este recurso vital presentan la capacidad de almacenamiento más restringida, lo que resulta en un rápido agotamiento del agua ante interrupciones en el suministro (Ver tabla 6).

**Tabla 6.**

*Capacidad volumétrica de las cisternas del Hospital Militar*

No.	Ubicación de tanque cisterna	Volumen actual
1.	Parte este de edificio administrativo	23.48 m <sup>3</sup>
2.	Parte sur de edificio de rehabilitación	23.45 m <sup>3</sup>
3.	Parte norte del edificio de hospitalización	12.75 m <sup>3</sup>
4.	Parte este de edificio de Consulta Externa	60.22 m <sup>3</sup>
5.	Edificio de Emergencia, Diagnóstico y Hospitalización	150.54 m <sup>3</sup>
6.	Fuera de servicio tanque de logística y Mantenimiento	10.45 m <sup>3</sup>
7.	En reconstrucción y fuera de servicio tanque de hospitalización	100 m <sup>3</sup>
<b>Total</b>		<b>380.89 m<sup>3</sup></b>

*Fuente: Elaboración propia, (2025).*

### 5.5.6 Análisis de la demanda

La demanda hídrica del Hospital Militar ha superado considerablemente la capacidad de suministro del sistema actual, llegando a aproximadamente 400,000 galones diarios. Este aumento se atribuye al crecimiento demográfico y a la expansión de las instalaciones hospitalarias, lo que ha generado una dependencia creciente de fuentes hídricas externas. Los registros financieros indican que el hospital ha desembolsado más de L 5,268,200.00 en la adquisición de agua durante un quinquenio, con un volumen total que excede los 21,072,800 galones. Este gasto no solo evidencia la magnitud del déficit hídrico, sino que también resalta la imperiosa necesidad de implementar soluciones sostenibles para la gestión del agua.

La reutilización de aguas residuales tratadas se presenta como una alternativa viable para mitigar la dependencia de fuentes externas y optimizar la administración de los recursos hídricos del hospital. La inversión en sistemas avanzados para el tratamiento y la reutilización de aguas residuales permitiría al hospital reducir significativamente su gasto en agua potable, redirigiendo esos ahorros hacia mejoras continuas y la sostenibilidad de sus instalaciones. Esta medida no solo garantiza un suministro constante para las operaciones y necesidades médicas, sino que también contribuiría al bienestar ambiental y a la sustentabilidad a largo plazo.

#### ***5.5.7 Clasificación de los datos de la investigación***

En el presente estudio sobre la reutilización de aguas residuales para el riego de áreas verdes y jardines en el Hospital Militar, la recopilación de datos se estructura en fuentes primarias y secundarias, asegurando una base integral y fidedigna para la toma de decisiones. Las fuentes primarias comprenden entrevistas exhaustivas con el personal del departamento de logística y mantenimiento del hospital, las cuales aportan una visión directa sobre las operaciones actuales y los requerimientos del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Adicionalmente, se ejecutó un monitoreo riguroso de los parámetros de las aguas residuales en la planta de tratamiento, lo que posibilitó una evaluación directa de la eficiencia del proceso en curso y la identificación de posibles áreas de optimización. Por otra parte, el inventario y la medición de las áreas verdes que demandan riego se efectuaron mediante observación in situ y mediciones directas, suministrando información crucial respecto al volumen de agua requerido y las zonas específicas que podrían beneficiarse de la implementación del proyecto planteado. La conjunción de

estos elementos conforma un cuerpo de evidencia directa y pertinente que fundamenta el desarrollo del proyecto.

#### ***5.5.8 Definición de la Población y Muestra***

En el presente estudio, se emplean diversos instrumentos para la recolección de datos, fundamentales para evaluar la viabilidad de la reutilización de aguas residuales en el Hospital Militar. Las entrevistas brindan perspectivas cualitativas de los empleados directamente involucrados en la logística y el mantenimiento, aportando experiencias sobre las operaciones actuales y los desafíos inherentes.

El monitoreo de parámetros de las aguas residuales y la cuantificación de áreas verdes, mediante conteo y medición, permiten determinar la calidad del agua y el potencial de riego, respectivamente, asegurando una evaluación objetiva de las necesidades reales y la eficacia del tratamiento. Finalmente, la evaluación exhaustiva de la planta de tratamiento de aguas residuales posibilita la identificación de áreas susceptibles de mejora y la confirmación de la conformidad con las normativas ambientales vigentes. Este enfoque multidimensional garantiza una comprensión integral del proyecto, aspecto crucial para la toma de decisiones informadas respecto a su implementación y gestión futura.

**Tabla 7.**

*Población y Muestra*

<b>Instrumento</b>	<b>Población</b>	<b>Muestra</b>	<b>Procedimiento</b>
Entrevistas	Personal del departamento de logística y mantenimiento del hospital.	5 miembros del personal clave.	Selección intencional de personal con responsabilidades directas en las áreas de tratamiento de aguas y mantenimiento de áreas verdes.
Monitoreo de Parámetros de las Aguas Residuales	Muestras de aguas residuales en la entrada y salida de la planta de tratamiento.	30 muestras de entrada y 30 de salida, diarias durante un mes.	Muestreo sistemático diario a la misma hora para asegurar consistencia en los datos recopilados.
Conteo y Medición de Áreas Verdes que requieren riego	Todas las áreas verdes del hospital se beneficiarían del riego.	Medición directa de 29 áreas verdes identificadas que tienen cinco principales.	Uso de herramientas de medición física y tecnología de mapeo para obtener medidas precisas de cada área verde.

*Fuente: Elaboración propia, (2025).*

### **5.5.9 Entrevista**

El 12 de abril de 2025, se llevó a cabo una entrevista con personal profesional del departamento de logística y mantenimiento del Hospital Militar. El objetivo fue recopilar información de una fuente primaria para obtener datos e insumos de interés, con el fin de elaborar un proyecto de factibilidad para la reutilización de aguas residuales. Entre los informantes directos se encontraban la Ing. Darleny Meléndez, Jefa de Mantenimiento y Logística del Hospital Militar; el Ing. Rubilio Rivera, Encargado de Mantenimiento de Agua Potable y Residual del Hospital Militar; y el Ing. Bryan Pacheco, Fundador y dueño de la empresa contratada Inversiones BMA. La entrevista se realizó en dos etapas, utilizando cuestionarios elaborados por el entrevistador y respondidos simultáneamente por los entrevistados. En la primera etapa, se abordó la gestión de agua potable y, posteriormente, la

gestión de aguas residuales, brindando además una breve explicación del propósito de la entrevista.

**Tabla 8.**

*Datos obtenidos en la entrevista gestión de agua potable*

<b>No.</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta</b>
1	¿Cuál es el consumo promedio diario de agua en el Hospital Militar?	El consumo promedio es de 31,000 galones diarios, equivalente a 117,443 Litros.
2	¿Cuáles son las fuentes que abastecen de agua al Hospital Militar?	La única fuente es la planta potabilizadora local, el resto del agua es comprada.
3	¿Cuál es la capacidad instalada de almacenamiento de agua del Hospital Militar?	Existen siete tanques cisternas con una capacidad total de 269,000 Litros, de los cuales solo cinco están habilitados. Los tanques no están interconectados en una red común.
4	¿La capacidad instalada para almacenamiento de agua garantiza el funcionamiento normal durante tres días?	No, la capacidad de almacenamiento no cubre la demanda por tres días, especialmente porque los servicios están separados y los tanques no están interconectados.
5	¿Cómo compensa el déficit cuando hay suspensión del suministro de agua potable?	Se compra agua en camiones cisternas para compensar el déficit cuando hay suspensión del suministro.
6	¿Cuáles son las causas del desabastecimiento de agua?	Los veranos prolongados, la obsolescencia de la planta potabilizadora, y la falta de alternativas permanentes para solucionar la escasez.
7	¿Cuáles son los periodos del año más críticos de suministro de agua?	Los meses de marzo a mayo, durante el verano, especialmente cuando se dañan las bombas de la represa.
8	¿Conoce el costo de la adquisición de agua para cubrir el déficit?	Sí, el agua se compra a 25 centavos por galón.
<b>Gestión de Aguas Residuales</b>		
1	¿Cómo se gestiona el agua residual en el Hospital Militar?	Se cumple con la normativa nacional de aguas residuales y se tratan las aguas residuales adecuadamente.
2	¿Cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)?	Sí, existen dos plantas con capacidad de tratar 100 metros cúbicos por día cada una.
3	¿Qué tipo de planta brinda el tratamiento a las aguas residuales?	Las plantas utilizan un sistema aeróbico con diseño de lodos activados y aireación extendida de 24 horas.

No.	Pregunta	Respuesta
4	¿Cuenta con personal y repuestos para el mantenimiento y sostenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)?	Sí, hay personal calificado y repuestos disponibles. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es operada y mantenida por una empresa subcontratada.
5	¿Cuenta con presupuesto asignado para la sostenibilidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)?	Sí, el Departamento de Administración tiene presupuestado este compromiso según el Plan Operativo Anual.
6	¿Cuál es el instrumento o herramientas usados para monitorear el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)?	Se utiliza una bitácora diaria de parámetros importantes, y se realizan análisis periódicos en laboratorios industriales privados.
7	¿La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) cumple los parámetros según la norma vigente nacional?	Sí, cumple con la normativa, aunque se busca superar los estándares establecidos.
8	¿Ha considerado reutilizar las aguas residuales tratadas y regeneradas?	Sí, se ha planteado desde hace cinco años y actualmente existe la voluntad de las autoridades para impulsar este proyecto.
9	¿En qué utilizaría las aguas residuales tratadas y regeneradas?	Inicialmente para el riego de áreas verdes y jardines, y posteriormente para sanitarios, lavado de vehículos y limpieza de calles.
10	¿Cuáles serían las motivaciones para reutilizar agua residual?	La conciencia ambiental y la economía, ya que permitiría economizar agua para uso humano y aprovechar mejor el agua tratada, considerando que cada gota cuenta.

*Fuente: Personal entrevistado Hospital Militar (2025).*

#### **5.5.10 Evaluación y monitoreo de parámetros según bitácora de mantenimiento**

Con el propósito de verificar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se realizó un monitoreo de los datos registrados en la bitácora, correspondientes a los parámetros más esenciales. Esta actividad es ejecutada diariamente por el personal de mantenimiento. Para este diagnóstico, se tomó una muestra de un período de un mes, incluyendo el Potencial de Hidrógeno (PH), sólidos totales disueltos, temperatura y caudal de salida. Aunque estas mediciones son realizadas diariamente por un operador permanente, se identificaron inconsistencias que requieren

corrección, tales como la necesidad de estandarizar la hora de las lecturas y la capacitación del operador para mejorar sus habilidades técnicas. Los hallazgos principales son los siguientes:

Se observó que el parámetro Potencial de Hidrógeno (PH) del agua, tanto al ingreso como a la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), presentaba valores elevados en ambos casos. El promedio mensual de PH de entrada fue de 10.74, y el promedio de salida de 8.14. Adicionalmente, se constató que el equipo utilizado para medir este parámetro, consistente en una cinta medidora de Potencial de Hidrógeno (PH), no ofrecía resultados precisos, según lo confirmado por el ingeniero supervisor de mantenimiento de la PTAR.

En este sentido, se recomendó la sustitución del equipo por un medidor de Potencial de Hidrógeno (PH) más preciso (medidor de Potencial de Hidrógeno Eléctrico), con el fin de obtener resultados fiables que sirvan de base para la toma de decisiones y la implementación de correcciones puntuales, dada la frecuencia diaria de esta medición.

Respecto al caudal de agua residual de salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se obtuvo un promedio de 52 metros cúbicos diarios. Este resultado indica que la PTAR no está operando a su máxima capacidad, pese a haber sido diseñada para un máximo de 100 metros cúbicos diarios, lo que implica que el sistema de tratamiento debería funcionar de manera más eficaz.

En cuanto al parámetro de color del agua residual, se observó que el agua de entrada a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) presentaba un color café oscuro o café claro, mientras que el agua de salida era de color perla claro (CPC).

Asimismo, se detectó que las placas del tanque de sedimentación secundario no estaban en su posición original, por lo que se recomienda corregir esta situación para optimizar la deposición del sedimento y mejorar la calidad del agua de salida.

Se constató que el parámetro de oxígeno disuelto (POD) no presentaba datos en la bitácora. Tras consultar al ingeniero supervisor de mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se confirmó que este parámetro no se mide debido a la falta de equipo. En consecuencia, se recomendó la adquisición del equipo necesario para el monitoreo de este parámetro.

Se examinó el parámetro de Sólidos Suspendedos Totales (SST) del agua de salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el cual mide la turbidez del agua. Se encontró que, durante los primeros días del período evaluado, este parámetro mostró resultados elevados en comparación con la norma técnica de descarga de aguas residuales a los cuerpos receptores. No obstante, el promedio del período evaluado fue ligeramente superior a la norma mencionada, alcanzando un valor de 417.45. Finalmente, el parámetro de temperatura mostró valores similares a la temperatura ambiente de la zona, con un valor promedio de 29.45°C para el período evaluado.

***Tabla 9.***

*Medición de parámetros por el personal de mantenimiento de la planta de parámetros de aguas residuales del Hospital Militar*

<b>Lugar:</b>		Hospital Militar de Tegucigalpa, Francisco Morazán				<b>Operador:</b>		Rafael Pacheco			
<b>Año:</b>		2025				<b>Planta:</b>		Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)			
<b>Mes (Periodo):</b>		Del 15 de abril al 15 de mayo				<b>Ciudad:</b>		El Ocotol, Aldea Las Tapias, Tegucigalpa			
<b>No.</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Potencial de Hidrógeno (PH)</b>		<b>Caudal (M3/D)</b>	<b>Color Entrada</b>	<b>Color Salida</b>	<b>OD</b>	<b>SST</b>	<b>Temp</b>	
			<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>							
1	15/06/2021	8.00 AM	11	9	55	Café oscuro	perla	no midió	506	28	
2	06/06/2021	8.00 AM	10	8.1	51	Café oscuro	perla	no midió	500	28	
3	12/06/2021	8.00 AM	12	9.7	56	Café oscuro	perla	no midió	562	29	
4	18/06/2021	8.00 AM	12	9	52	Café oscuro	perla	no midió	510	32	
5	09/06/2021	8.00 AM	12	10	2	Café oscuro	perla	no midió	512	28	
6	10/06/2021	8.00 AM	12	10	50	Café oscuro	perla	no midió	515	32	
7	09/06/2021	8.00 AM	11	9	51	Café oscuro	perla	no midió	490	32	
8	02/06/2021	8.00 AM	10	7.5	48	Café oscuro	perla	no midió	462	31	
9	03/06/2021	8.00 AM	11	8	53	Café oscuro	perla	no midió	498	32	
10	24/06/2021	8.00 AM	9	7	51	Café oscuro	perla	no midió	346	32	
11	09/06/2021	8.00 AM	10	7	53	Café oscuro	perla	no midió	400	32	
12	26/06/2021	8.00 AM	10	7	53	Café oscuro	perla	no midió	402,5	28	
13	09/06/2021	8.00 AM	11	8	51	Café oscuro	perla	no midió	412	29	
14	28/06/2021	8.00 AM	12	9	55	Café oscuro	perla	no midió	410	29	
15	09/06/2021	8.00 AM	10	7	56	Café oscuro	perla	no midió	400	29	
16	30/06/2021	8.00 AM	11	7.5	54	Café oscuro	perla	no midió	422	28	
17	01/07/2021	8.00 AM	9	7.5	50	Café oscuro	perla	no midió	360	31	
18	02/07/2021	8.00 AM	10	7.5	54	Café oscuro	perla	no midió	433	30	
19	03/07/2021	8.00 AM	11	8	54	Café oscuro	perla	no midió	424	29	
20	04/07/2021	8.00 AM	12	8.5	53	Café oscuro	perla	no midió	400	29	

21	05/07/2021	8.00 AM	11	8	50	Café oscuro	perla	no midió	400	29
22	06/07/2021	8.00 AM	11	9	52	Café oscuro	perla	no midió	450	28
23	07/07/2021	8.00 AM	11	8	51	Café oscuro	perla	no midió	445	29
24	08/07/2021	8.00 AM	11	9	55	Café oscuro	perla	no midió	400	28
25	09/07/2021	8.00 AM	10	8	49	Café oscuro	perla	no midió	400	29
26	10/07/2021	8.00 AM	9	6.8	49	Café claro	perla	no midió	356	30
27	11/07/2021	8.00 AM	9	7	52	Café claro	perla	no midió	328	29
28	12/07/2021	8.00 AM	10	7.5	51	Café oscuro	perla	no midió	400	28
29	13/07/2021	8.00 AM	12	8	51	Café claro	perla	no midió	400	29
30	14/07/2021	8.00 AM	12	9	50	Café claro	perla	no midió	400	28
31	15/07/2021	8.00 AM	11	7.8	54	Café claro	perla	no midió	400	28
<b>Totales</b>			<b>333</b>	<b>252.4</b>	<b>1,616.00</b>				<b>12,941</b>	<b>913</b>
<b>Promedio</b>			<b>10.74</b>	<b>8.14</b>	<b>52.12</b>				<b>417.45</b>	<b>29.45</b>

*Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Registro (Bitácora) interno del Departamento de Mantenimiento perteneciente al Hospital Militar (2025).*

#### **5.5.11 Monitoreo y estudios de análisis de Laboratorio realizados periódicamente**

Se realizan exámenes de laboratorio trimestralmente para garantizar la calidad del agua utilizada en la preservación de la flora y fauna local. Los resultados obtenidos de estos análisis han demostrado consistentemente valores aceptables, en estricto cumplimiento con la normativa técnica nacional establecida por la Secretaría de Salud. Este monitoreo continuo es crucial para asegurar que el agua no solo cumpla con los estándares de salubridad, sino que también contribuya activamente a un ecosistema saludable, protegiendo así la biodiversidad y el equilibrio natural de los hábitats acuáticos

y terrestres que dependen de ella. La adhesión a estas normas subraya un compromiso firme con la sostenibilidad ambiental y la protección de los recursos naturales.

#### ***5.5.12 Evaluación de parámetros según análisis de Laboratorio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Actual***

Como parte de la estrategia de seguimiento y control, el Departamento de Logística, a través de la sección de mantenimiento, contempla la realización de exámenes trimestrales de los parámetros más relevantes en laboratorio, según el Plan Operativo Anual. Esto con el fin de efectuar un seguimiento periódico y aplicar las correcciones requeridas con el propósito de cumplir la normativa ambiental vigente, tanto de la Secretaría de Salud como de la Secretaría de Medio Ambiente. En este sentido, se verificaron los estudios de laboratorio de agua residual de entrada y salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), y se compararon con los parámetros de la norma de calidad de agua para la preservación de la flora y fauna.

Es importante mencionar que no se realizaron todos los exámenes estipulados en la norma debido a que los laboratorios privados no ofrecen todos los servicios requeridos y los laboratorios nacionales no cuentan con personal disponible en su totalidad a causa de la pandemia.

#### ***5.5.13 Comparación de análisis realizados con la norma técnica de agua para uso en preservación de la flora y fauna***

De acuerdo con los resultados de los análisis efectuados, la mayoría de los parámetros se ajustan a la normativa, a excepción del Oxígeno Disuelto, DBO5, DQO y Nitrógeno Amoniacal, los cuales presentan valores superiores, como se detalla en la siguiente tabla comparativa:

**Tabla 10.**

*Comparativa de parámetros realizados con la norma técnica de agua para preservación de la flora y fauna*

<b>No.</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Resultado obtenido</b>	<b>Máximo permisible por la norma</b>
1	Potencial Hidrógeno (PH)	7.46 (25.1°C)	4.5 - 9.5
2	Materia flotante	No se Realizó	Ausente
3	Oxígeno Disuelto	7.83 mg/l	3.00 mg/l
4	DBO5	38.2 mg/l	15.00 mg/l
5	DQO	83 mg/l	50.00 mg/l
6	Nitrógeno Amoniacal	15.1mg/ N-NH3	2.00 mg/l
7	Nitratos	4.73 mg/l N03	4.73 mg/l
8	Nitritos	Análisis pendiente	3.00 mg/l
9	Sulfatos	51.4 mg/l SO4	400.00 mg/l
10	Manganeso	<0.05mg/l Mn	50.00 mg/l
11	Zinc	Análisis pendiente	3.00 mg/l
12	Cobre	<0.0020mg/l	0.20 mg/l
13	Níquel	Análisis pendiente	0.20 mg/l
14	Plomo	Análisis pendiente	0.10 mg/l
15	Mercurio	Análisis pendiente	0.001 mg/l
16	Cadmio	Análisis pendiente	0.005 mg/l
17	Cromo Total	Análisis pendiente	0.05 mg/l
18	Arsénico	Análisis pendiente	0.05 mg/l
19	Cianuro	Análisis pendiente	0.07 mg/l
20	Fluoruros	<0.1 mg/l	0.70 mg/l
21	Selenio	Análisis pendiente	0.02 mg/l
22	Hidrocarburos	0.2 mg/l	0.20.mg/l
23	Coliformes totales (NMP)	No hubo crecimiento	25000 (100 ml)
24	Coliformes termo tolerante ( NMP)	No hubo crecimiento	5000 (100 ml)
25	Actividad Alfa	Análisis pendiente	0.1 Bq/l
26	Actividad Beta	Análisis pendiente	1.0 Bq/l

No.	Parámetro	Resultado obtenido	Máximo permisible por la norma
27	Plaguicidas Organoclorados	Análisis pendiente	0.2 mg/l
28	Plaguicidas Organofosforados	Análisis pendiente	0.1 mg/l

*Fuente: Elaborado con resultados de análisis hechos en “Laboratorios Planetario” de Tegucigalpa (2025).*

#### **5.5.14 Otros análisis realizados**

Se llevaron a cabo análisis adicionales a la norma de referencia, motivados por la relevancia de estos estudios en el ámbito hospitalario. Los resultados obtenidos fueron en su mayoría aceptables y se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la normativa vigente. Sin embargo, se observó una excepción notable en los sólidos totales disueltos, los cuales superaron ligeramente la concentración máxima permitida por la norma. Este hallazgo, aunque marginal, subraya la importancia de un monitoreo continuo y detallado para garantizar la calidad del agua en entornos tan sensibles como los hospitalarios.

**Tabla 11.**

*Otros análisis realizados*

No.	Parámetro	Resultado	Valor Máximo Permisible
1	Conteo de coliformes fecales	No hubo crecimiento	Menor 10 cfu/ml.
2	Cloro libre	<0,01 mg/l	-
3	Presencia <i>staphylococcus aureus</i>	No hubo crecimiento	Negativo
4	Presencia <i>ps Pseudomonas Aeruginosa</i>	No hubo crecimiento	Negativo
5	Presencia de salmonella sp.	No hubo crecimiento	Negativo
6	Alcalinidad total	136,2 mg/l	-
7	Turbiedad	16,8 UNT	-
8	Conductividad	218(24.9°C) ms/cm	400
9	Dureza	80 mg/L CaCO <sub>3</sub>	400
10	Sólidos Totales Disueltos	110 mg/l	100

*Fuente: Elaborado con resultados de análisis hechos en “Laboratorios Planetario” de*

*Tegucigalpa (2025).*

#### **5.5.15 Conteo y medición de áreas verdes recreativas que requieren riego**

Con el propósito de cuantificar el área de zonas recreativas, de esparcimiento, parques, jardines, bulevares y bosque en regeneración, así como determinar la cantidad de agua requerida para mantener un ambiente agradable, la belleza escénica y el ornato de los diferentes edificios del Hospital Militar, se procedió a identificar cada área mediante imágenes aéreas de *Google Earth Pro*. Posteriormente, se realizó la medición superficial de cada espacio utilizando una cinta métrica, logrando identificar y cuantificar un área de veintiún mil cuatrocientos cinco punto cinco metros cuadrados (21,405.5 m<sup>2</sup>) distribuidos en 29 zonas de interés que demandan riego.

### ***5.5.16 Conteo y medición en metros cuadrados de áreas verdes que requieren riego***

Con el fin de cuantificar los metros cuadrados de áreas verdes, parques, jardines, bulevares y bosques en regeneración, y determinar el volumen de agua necesario para mantener la estética y el ornato de las distintas edificaciones, zonas recreativas y de esparcimiento del Hospital Militar, se procedió a la identificación individual de cada área mediante fotografía aérea de Google Earth Pro. Posteriormente, se realizó la medición superficial de cada espacio utilizando una cinta métrica, logrando identificar y cuantificar la superficie de 29 zonas de interés que requieren riego. La suma total de estas áreas asciende a 21,405.5 metros cuadrados (2.14 hectáreas), de los cuales actualmente solo se irrigan 4,401.5 m<sup>2</sup> (0.44 Ha), lo que representa un 20.5% del total necesario.

Según las técnicas de riego, se estima que para el mantenimiento de una hectárea se requieren 30 metros cúbicos de agua. Con base en esta estimación, para regar 2.14 Ha, se necesitan 64.2 metros cúbicos de agua diariamente. Este análisis revela que el hospital actualmente gasta en el riego de 0.44 Ha un total de 13.2 metros cúbicos de agua diarios. Adicionalmente, se calculó el costo de adquisición por metro cúbico. Según datos del departamento de finanzas, cada metro cúbico de agua tiene un costo para el Hospital Militar de ochenta Lempiras con noventa y dos centavos (L80.92), lo que equivale a un gasto diario de  $13.2 \times 80.92 = 1,068$  Lempiras con catorce centavos (L1,068.14).

**Tabla 12.**

*Cálculo de áreas verdes (parques, jardines, medianas del Hospital Militar)*

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área en M<sup>2</sup></b>
1	Parque Pediatría	999
2	Parque Pediatría	330
3	Jardín de Servicios es	400
4	Monumento al Fundador	306
5	Área verde de Emergencia	196
6	Jardín dormitorio de médicos	92.4
7	Monumento a la bandera nacional	486
8	Jardín Hospitalización	144
9	Área verde de Laboratorio	132
10	Área verde de Laboratorio	108
11	Área verde de Hospitalización	434
12	Área verde de edificio Nueva Emergencia	864
13	Área verde de edificio Nueva Emergencia	143
14	Parque el robledal	6,525
15	Mediana boulevard	49.6
16	Área verde de edificio Nueva Emergencia	120
17	Jardín consulta externa y cafetería	410
18	Mediana boulevard	94.4
19	Área verde bosque en reforestación, entrada principal	7,540
20	Jardín Logística	30
21	Área verde estacionamiento 1 consulta externa	71.5
22	Área verde estacionamiento 2 consulta externa	30.1
23	Área verde personal de seguridad	1,414
24	Jardín consulta externa y mantenimiento	22.5
25	Jardín 1 consulta externa	72
26	Jardín 2 consulta externa	72
27	Área verde de transporte	96
28	Jardín de compañía de seguridad	140
29	Jardín de lavandería	84
<b>Total áreas verdes</b>		<b>21,405.5 M<sup>2</sup></b>

*Fuente: Elaboración propia, (2025).*

### **5.5.17 Evaluación de la Planta de Tratamiento de aguas residuales**

Se procedió a la evaluación y descripción del sistema actual de tratamiento de aguas residuales, con el propósito de determinar la composición de sus componentes y su

eficacia en el tratamiento y regeneración del agua. Esta evaluación sienta las bases para proponer un sistema más avanzado que permita la reutilización segura de las aguas tratadas.

El caudal de agua residual se registra mediante un único medidor de caudal ubicado al finalizar el proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales, lo que imposibilita la medición precisa del caudal consumido por cada área. Se mantiene un registro diario de la lectura del medidor de caudal, con un promedio de descarga diaria de 52 metros cúbicos. Adicionalmente, con el objetivo de clasificar el tipo de agua residual y verificar la operatividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se tomaron muestras de entrada, lo que proporcionó datos relevantes sobre los parámetros de interés de la calidad del agua. Esto facilita la aplicación de acciones correctivas para cumplir con la normativa nacional vigente para la reutilización de agua residual en riego.

#### ***5.5.18 Descripción del sistema actual de tratamiento de aguas residuales en el***

##### ***Hospital Militar***

El Hospital Militar dispone de dos plantas de tratamiento de aguas residuales. Este sistema aeróbico, diseñado con lodos activados y aireación extendida, optimiza la capacidad de los microorganismos para asimilar la materia orgánica y los nutrientes (nitrógeno y fósforo) disueltos en el agua residual. Para ello, se introduce oxígeno de forma ininterrumpida en las pilas, reactivando así las bacterias beneficiosas.

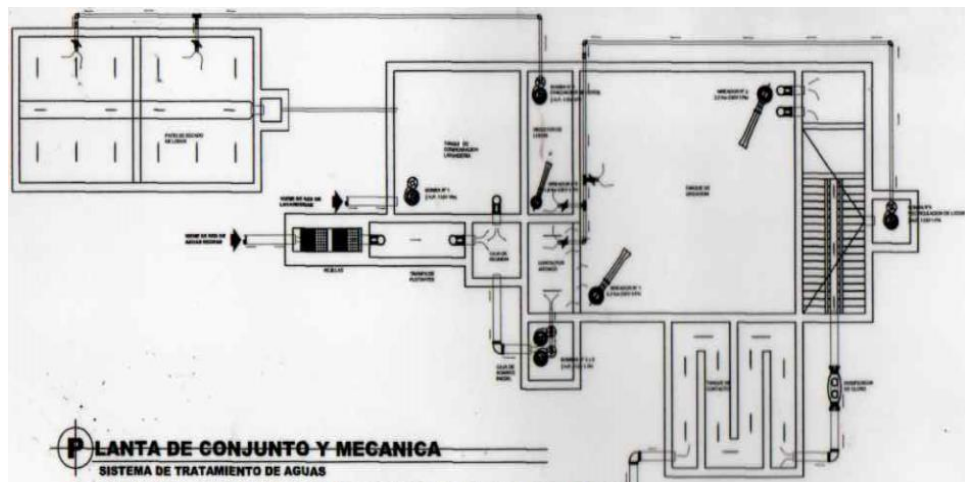
La planta incluye un sistema de pretratamiento para la separación de sólidos y arenas, y una pila de compensación que previene el ingreso directo del agua al sistema de tratamiento secundario durante las horas pico. La pila de aireación está equipada con dos aireadores sumergibles de funcionamiento permanente, y una bomba aireadora adicional

para la activación de los pozos. Además, cuenta con un sistema de recirculación que bombea el agua desde los pozos de recirculación de lodos a la pila de aireación y al lecho de secado de lodos. Se completa con una pila de sedimentación, un canal de evacuación de agua tratada, un mecanismo de desinfección que utiliza cloro en tabletas de 3 pulgadas, un sistema de canales clarificadores y un medidor de flujo que registra continuamente el caudal de agua de salida.

Recientemente, el sistema ha sido repotenciado con nuevos equipos, y se ha procedido al cambio de tuberías y de la red eléctrica. Adicionalmente, se ha contratado a una empresa especializada en aguas residuales para el mantenimiento preventivo y correctivo, garantizando así la sostenibilidad y el funcionamiento permanente del sistema. El esquema secuencial del sistema se detalla en el plano y las figuras subsiguientes:

**Figura 6.**

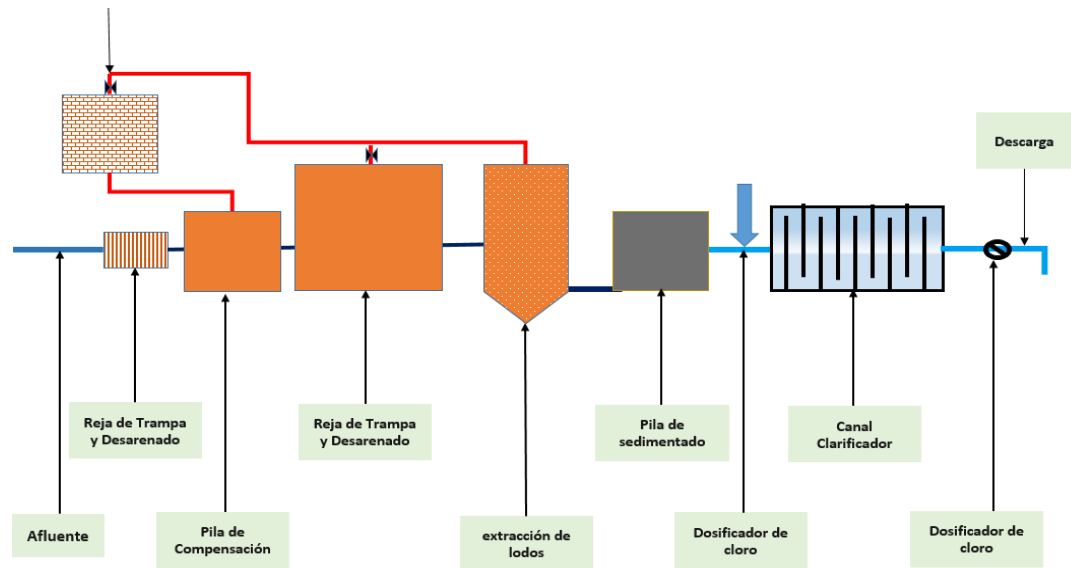
*Plano Actual de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Hospital Militar, Tegucigalpa*



*Fuente: Manual de Mantenimiento de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Hospital Militar.*

**Figura 7.**

*Esquema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Actual*



*Fuente: Elaboración propia, (2025).*

**Figura 8.**

*Muestra de agua no tratada*



*Nota. Agua recolectada en la entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Hospital Militar.*

**Figura 9.**

*Muestra de agua tratada*



*Nota: Agua recolectada en la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Hospital Militar.*

**5.5.19 Interpretación de los datos obtenidos**

El Hospital Militar se enfrenta a importantes desafíos en su sistema de abastecimiento de agua, derivados de una infraestructura obsoleta y una capacidad de almacenamiento insuficiente para satisfacer la creciente demanda. Esta deficiencia se traduce en una dependencia costosa e insostenible de la adquisición externa de agua, especialmente durante períodos de alta demanda o interrupciones del servicio, lo que repercute negativamente en las operaciones críticas y en el bienestar de pacientes y visitantes.

El sistema de bombeo y almacenamiento del hospital, concebido para las necesidades de 1950, opera actualmente con dos bombas sincronizadas. A pesar de los esfuerzos por mitigar la situación mediante la perforación de pozos y la planificación de nuevos tanques de almacenamiento, estas iniciativas no han logrado los resultados

esperados, lo que ha llevado a considerar la implementación de un sistema de reutilización de aguas residuales tratadas para usos no potables.

El análisis financiero revela un incremento considerable en el costo de adquisición de agua entre 2016 y 2021, lo que evidencia un aumento tanto en el volumen comprado como en la inversión económica. Esta tendencia subraya la insuficiencia progresiva del sistema actual y la imperiosa necesidad de explorar alternativas sostenibles y autónomas para la gestión hídrica.

Se propone un sistema integrado de gestión y reutilización de aguas residuales que incorpore tratamientos avanzados para transformar las aguas residuales en recursos valiosos para riego y mantenimiento. Este sistema no solo contribuiría a la reducción de los costos asociados a la compra externa de agua, sino que también fomentaría la sostenibilidad y la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos del hospital.

Se ha identificado la necesidad de perfeccionar la capacitación y las herramientas destinadas al monitoreo de la planta de tratamiento de aguas residuales, con el fin de asegurar su eficacia y el cumplimiento de las normativas ambientales. En síntesis, la implementación de un sistema avanzado de tratamiento y reutilización de aguas residuales resulta crucial para garantizar la sostenibilidad del hospital, mitigar la dependencia de fuentes externas y optimizar la gestión de los recursos hídricos en respuesta a las exigencias actuales y futuras.

## **CAPITULO: VI DISCUSIÓN**

## **6.1 Discusión a la luz del marco teórico**

Los resultados de la investigación se correlacionan estrechamente con los fundamentos conceptuales presentados en el marco teórico, particularmente con los enfoques de sostenibilidad hídrica, economía circular y gestión eficiente de los recursos en instituciones hospitalarias. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la reutilización de aguas residuales tratadas representa una estrategia esencial para reducir el estrés hídrico, especialmente en entornos con alta demanda y consumo intensivo, como los hospitales. Esta tesis confirma dicha premisa al demostrar que el Hospital Militar ha experimentado un aumento progresivo y sostenido en sus costos de agua potable, alcanzando cifras que superan los dos millones de lempiras anuales, situación que valida la urgencia de adoptar prácticas sostenibles.

Asimismo, el estudio de la viabilidad técnica y financiera del proyecto se fundamenta en los modelos de análisis costo-beneficio y gestión ambiental, descritos por autores como Crites y Tchobanoglous (1998), quienes señalan que los sistemas de tratamiento y reutilización de aguas pueden ser implementados eficientemente en instituciones de gran escala con retorno económico favorable si se acompañan de controles operacionales adecuados. En esta línea, los análisis técnicos realizados evidenciaron que los parámetros de calidad del agua tratada en el sistema actual cumplen con estándares internacionales para usos no potables, lo que demuestra que, con mínimas mejoras, es posible reutilizar este recurso de forma segura.

Desde la perspectiva del desarrollo sostenible institucional, se retoma el planteamiento de M. A. Hernández (2015), quien señala que la sostenibilidad en hospitales no solo implica ahorro económico, sino también mejora en la gestión de residuos y fortalecimiento de la responsabilidad ambiental. La propuesta presentada se alinea con estos principios, al establecer un modelo de

gestión del agua que reduce impactos ambientales negativos, optimiza recursos y mejora la resiliencia operativa del hospital ante posibles crisis de abastecimiento.

Finalmente, la identificación y gestión de riesgos se sustentan en los enfoques de evaluación de proyectos sostenibles (Clemen y Reilly, 2001), los cuales destacan la importancia de considerar factores sanitarios, técnicos y sociales en la planificación. En el caso del Hospital Militar, se han contemplado estrategias preventivas como el monitoreo constante de la calidad del agua reutilizada, mantenimiento periódico del sistema, y protocolos de seguridad operativa, asegurando la eficacia y seguridad de la implementación.

#### 6.1.1 Evaluar el suministro y tratamiento actual de aguas en el hospital con el fin de planificar la reutilización de aguas residuales.

Este objetivo fue cumplido mediante un diagnóstico detallado del sistema hídrico del Hospital Militar, identificando el aumento progresivo en el consumo de agua potable y el ineficiente manejo de aguas residuales. El análisis reveló que el gasto por adquisición de agua se incrementó de L. 461,000.00 en 2020 a L. 2,138,000.00 en 2023, lo que evidencia la urgencia de implementar medidas de reutilización. Además, se evaluó el sistema de tratamiento existente, confirmando su potencial para adaptarse a un modelo de recuperación y reúso de aguas grises.

El estudio permitió identificar una dependencia crítica del Hospital Militar en el suministro de agua potable externa, con costos que aumentaron más de 360% en un período de tres años. Esta situación expone al hospital a vulnerabilidades operativas y económicas. Además, se detectó que las aguas residuales generadas tienen un potencial de reutilización no aprovechado, lo que evidencia una oportunidad estratégica para mejorar la eficiencia hídrica institucional mediante su tratamiento y reúso.

6.1.2 Realizar estudios técnicos y financieros para determinar la viabilidad del proyecto de reutilización de aguas residuales.

Este objetivo fue alcanzado mediante la realización de análisis técnicos de calidad de agua tratada, así como estudios de factibilidad económica. Los parámetros físico-químicos de la muestra de aguas tratadas se ubicaron dentro de los rangos aceptables para reutilización no potable, lo que valida su uso en funciones como riego y limpieza. En el plano financiero, se proyecta una reducción del 40% en el consumo de agua potable, equivalente a un ahorro de L. 855,200.00 anuales, lo que respalda la viabilidad económica del proyecto.

Los estudios realizados confirmaron que el sistema de tratamiento de aguas residuales puede ser optimizado con bajo requerimiento de inversión en infraestructura adicional. Las pruebas de laboratorio verificaron la calidad del agua tratada, mientras que el análisis financiero proyectó un ahorro potencial superior a L. 850,000 anuales, garantizando un retorno de inversión a corto plazo. El proyecto es técnica y financieramente viable y altamente rentable en el contexto hospitalario.

6.1.3 Estudiar el impacto ambiental del proyecto para asegurar beneficios ecológicos y mejorar la calidad ambiental del hospital.

El estudio incluyó una evaluación del impacto ambiental, destacando que la reutilización de aguas residuales contribuirá a una menor presión sobre las fuentes de agua potable, reducción de descargas contaminantes y mejora de las condiciones sanitarias del entorno hospitalario. Se demostró que el sistema propuesto promueve una gestión ambiental sostenible, coherente con los principios de economía circular e infraestructura verde.

La implementación del sistema de reutilización generaría beneficios ecológicos significativos: menor extracción de agua potable, disminución de vertidos contaminantes y mejora en la sostenibilidad del hospital. Se alinea con las políticas de desarrollo sostenible y responsabilidad ambiental del sector salud. Además, mejora la imagen institucional al adoptar prácticas de gestión ambiental responsable.

#### 6.1.4 Identificar y gestionar los riesgos asociados con el proyecto para garantizar una implementación segura.

Este objetivo también fue cumplido mediante la identificación de riesgos técnicos, operativos y sanitarios. Se propusieron medidas de mitigación como la capacitación del personal en manejo de agua tratada, mantenimiento preventivo del sistema, monitoreo de calidad constante y protocolos de seguridad en el uso del recurso recuperado. Estas acciones aseguran una implementación controlada, eficiente y segura.

Se llevó a cabo una evaluación integral de riesgos que incluyó aspectos sanitarios, técnicos y operacionales. Como respuesta, se propusieron acciones de mitigación como la capacitación del personal, instalación de sistemas de monitoreo en línea, mantenimiento preventivo y control de calidad del agua. Estas medidas garantizan que el proyecto pueda ser implementado de forma segura, sin comprometer la salud ni la operación hospitalaria.

## **CAPÍTULO VII: ESTUDIO TÉCNICO**

El vertiginoso crecimiento demográfico, sumado al incesante desarrollo industrial y turístico de la ciudad capital, ha generado un aumento exponencial en la demanda de agua. En la misma proporción, se observa un incremento alarmante en el volumen de aguas residuales generadas. Ante esta problemática apremiante, se ha propuesto un caso de estudio de factibilidad para un proyecto de reutilización de aguas residuales. Este proyecto, diseñado para el riego de áreas verdes y otros usos convenientes, se ubica estratégicamente en las instalaciones del Hospital Militar de la ciudad de Tegucigalpa, departamento de Francisco Morazán, en el corazón geográfico de Honduras.

La disponibilidad de agua potable y un saneamiento adecuado constituyen pilares fundamentales para la salud pública y privada en la actualidad. Por ello, resulta imperativo que el Hospital Militar cuente en todo momento con este vital líquido, asegurando tanto la cantidad como la calidad requeridas para el óptimo funcionamiento de sus servicios. La principal fuente de abastecimiento de agua potable para el Hospital Militar es la represa situada al suroeste de la ciudad capital, en la subcuenca del río Guacerique. Esta represa, a su vez, abastece a los siete tanques cisterna del Hospital Militar, los cuales operan de manera individual y poseen una capacidad volumétrica detallada. Lamentablemente, este servicio esencial se ha visto afectado por interrupciones recurrentes, especialmente durante la época de verano. Las áreas más impactadas incluyen los edificios de hospitalización, consulta externa, emergencia, diagnóstico, quirófano y la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Cabe recalcar que estos edificios son cruciales, ya que brindan atención médica a la vasta mayoría de los pacientes que acuden a este centro asistencial.

Esta situación crítica se atribuye a dos factores principales. En primer lugar, la sequía que ha azotado al país en los últimos años ha reducido drásticamente el nivel de la represa, volviéndola insuficiente para abastecer adecuadamente a las diversas cisternas del Hospital Militar. En segundo lugar, la capacidad volumétrica instalada de estas cisternas es inadecuada para satisfacer la demanda diaria de agua potable de la institución, lo que agrava aún más la escasez durante los períodos de mayor consumo o menor disponibilidad.

### ***7.1 Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Propuesto***

Con el propósito de lograr parámetros de agua tratada más confiables, se propuso la implementación de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales, la cual ya se encuentra en funcionamiento. Esta medida ha contribuido a la división del caudal de aguas residuales producido por el Hospital Militar, permitiendo una mayor permanencia del agua residual en el proceso de aireación. Adicionalmente al sistema actual, se planteó la aplicación de un proceso de tratamiento posterior que incluye la mejora de la aireación, la adición de coagulante para la eliminación de Compuestos Orgánicos Incluidos (COI) y la remoción de minerales disueltos en el agua (como hierro y cobre, entre otros). Para lograr estos efectos, se inyectará hipoclorito al 10% como oxidante, no como desinfectante.

Asimismo, se contempla la instalación de un sistema de filtros industriales de arena, sílice y carbón activado para la eliminación de partículas suspendidas mediante su paso por el lecho filtrante, lo cual impactará favorablemente en la mejora de la calidad del agua de salida. Simultáneamente, se construirá una pila de reserva para la distribución del agua a los tinacos instalados en las áreas previamente mencionadas.

## **7.2 Aeración**

La aireación, un proceso fundamental en el tratamiento del agua, se puede llevar a cabo mediante diversas técnicas para lograr una oxigenación óptima y la eliminación de compuestos indeseables. Una de las formas más sencillas y directas de lograr la aireación es agitando vigorosamente un recipiente lleno de agua hasta la mitad de su capacidad. Este método, aunque rudimentario, es eficaz para pequeñas cantidades de agua y permite un contacto directo del agua con el aire atmosférico, facilitando el intercambio gaseoso.

Otra técnica comúnmente empleada, especialmente en sistemas de tratamiento de agua a mayor escala, implica el goteo del agua a través de bandejas perforadas. Estas bandejas están diseñadas para distribuir el agua en finas gotas o láminas, aumentando significativamente la superficie de contacto entre el agua y el aire. A medida que el agua desciende a través de las perforaciones, se expone continuamente al oxígeno, promoviendo la liberación de gases disueltos y la oxidación de ciertos compuestos.

Las cascadas representan otra estrategia efectiva para la aireación, imitando los procesos naturales de oxigenación que ocurren en ríos y arroyos. Este método se basa en permitir que el agua se derrame y caiga en una serie de desniveles, creando turbulencia y salpicaduras. Para una aireación eficiente mediante cascadas, se recomienda un mínimo de cuatro caídas, ya que cada descenso contribuye a la incorporación de oxígeno y a la volatilización de gases. La energía del impacto del agua con el aire en cada cascada es crucial para romper la tensión superficial y maximizar el intercambio gaseoso.

Independientemente del método empleado, el objetivo principal de la aireación es la eliminación de sustancias volátiles que pueden afectar negativamente la calidad del

agua, especialmente en términos de olor y sabor. Entre estas sustancias, el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) es uno de los más comunes y problemáticos, responsable de un olor a "huevo podrido". La aireación facilita la liberación de este gas a la atmósfera, mejorando notablemente las características organolépticas del agua.

Además de la eliminación de gases volátiles, la aireación juega un papel crucial en la oxidación de metales disueltos como el hierro (Fe) y el manganeso (Mn). Estos metales, cuando están presentes en su forma soluble (ferrosa y manganosa, respectivamente), pueden causar coloración, turbidez y sabor metálico en el agua, además de manchar la ropa y los accesorios sanitarios. Al introducir oxígeno en el agua, la aireación promueve la conversión del hierro y el manganeso solubles a sus formas oxidadas insolubles (férrica y manganica). Una vez oxidados, estos metales forman precipitados sólidos que pueden ser fácilmente eliminados del agua.

La eliminación de estos precipitados se logra posteriormente mediante procesos de sedimentación o filtración. La sedimentación permite que las partículas más pesadas se asienten por gravedad en el fondo de un tanque, mientras que la filtración utiliza un medio poroso para retener las partículas suspendidas a medida que el agua pasa a través de él. De esta manera, la aireación no es solo un proceso de tratamiento primario, sino que también es una etapa preparatoria esencial que facilita la eficiencia de los procesos de separación física subsiguientes, garantizando un agua final de mayor calidad, libre de olores, sabores desagradables y metales disueltos.

### ***7.3 Dosificación de coagulante***

Asegura la máxima eliminación de sólidos suspendidos a través de la anulación de la carga eléctrica de las partículas, así como la eliminación de compuestos orgánicos.

Esto se logra mediante un subsistema compuesto por los siguientes elementos clave:

1. Bomba dosificadora electromagnética: Este componente crucial cuenta con un caudal preciso de 4 litros por hora, lo que garantiza una adición controlada de los agentes químicos necesarios para la coagulación y floculación de los sólidos. La naturaleza electromagnética de la bomba asegura una dosificación constante y sin variaciones, lo que es fundamental para la eficiencia del proceso.
2. Control automático de la dosificación en la unidad de control: La unidad de control centralizada supervisa y ajusta automáticamente la dosificación de la bomba electromagnética. Este sistema inteligente utiliza sensores y algoritmos predefinidos para optimizar la cantidad de reactivo añadido en tiempo real, basándose en la calidad del agua de entrada y la carga de sólidos suspendidos. Este control automatizado no solo mejora la eficacia del proceso, sino que también minimiza el consumo de químicos y reduce la necesidad de intervención manual, lo que se traduce en una operación más eficiente y económica.

### ***7.4 Remoción de Minerales***

Los minerales disueltos en el agua, como hierro y cobre, requieren precipitación para su remoción. Para ello, se inyectará hipoclorito al 10% como agente oxidante, no desinfectante, y se mantendrá en contacto con el agua durante 2 a 3 minutos para asegurar la máxima precipitación y remoción.

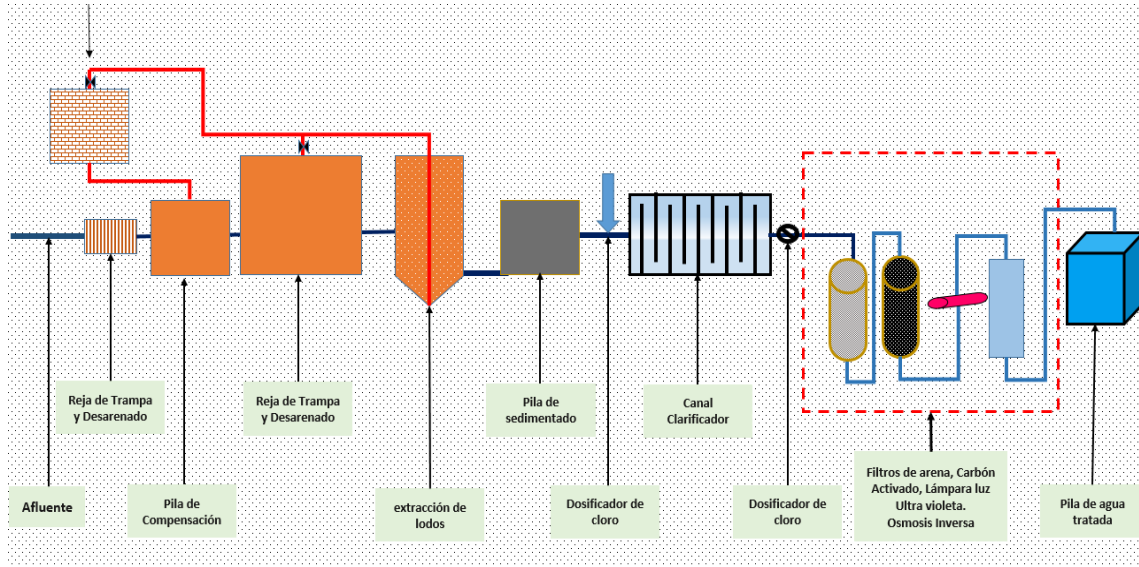
### ***7.5 Sistema de desinfección final***

Una vez que el agua ha sido sometida a un riguroso proceso de filtración y ha alcanzado una claridad cristalina, se procede a la etapa crucial de desinfección. Este paso se realiza mediante la inyección controlada de cloro, garantizando que las cantidades utilizadas sean las óptimas para cumplir con los estándares de calidad exigidos por el cliente. La dosificación del cloro se efectúa de manera líquida, empleando un sistema computarizado de alta precisión que asegura una inyección exacta y uniforme.

Gracias a la avanzada claridad del agua, producto de una filtración previa altamente eficiente, se logra una desinfección superior con la aplicación de una cantidad mínima de desinfectante. Esta eficiencia no solo optimiza el uso de recursos, sino que también contribuye a mantener las propiedades organolépticas del agua, al tiempo que elimina eficazmente cualquier microorganismo patógeno remanente. De este modo, se garantiza que el agua entregada no solo sea visualmente pura, sino también microbiológicamente segura y de la más alta calidad para el consumo.

**Figura 10.**

*Esquema de componentes de tratamiento avanzado propuestos la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el Hospital Militar, Tegucigalpa*



### ***7.6 Sistema adicional propuesto para el Tratamiento de Agua Residual para su reutilización***

Para la implementación de este sistema adicional, es fundamental un tratamiento primario y secundario. Este proceso ya se lleva a cabo con la planta de tratamiento de aguas residuales existente, lo que facilita la integración y optimización del nuevo sistema. El tratamiento primario implica la remoción de sólidos suspendidos y materia flotante a través de procesos físicos como el cribado y la sedimentación. Posteriormente, el tratamiento secundario se encarga de degradar la materia orgánica disuelta y los sólidos en suspensión restantes mediante procesos biológicos, utilizando microorganismos que consumen estos contaminantes. La eficacia de estos pasos previos es crucial para asegurar el rendimiento óptimo del sistema adicional, minimizando la carga contaminante y prolongando su vida útil.

### ***7.7 Filtrado de arena***

Instalar un conjunto de filtros en la etapa final del proceso, incluyendo un filtro de arena de río y un filtro de arena sílice, contribuirá a la potabilización y retención de flósculos de tamaño muy reducido. Este componente incorpora un filtro de arena zeolita en un tanque de fibra de vidrio con válvula de control automática.

El filtro de arena tipo zeolita es responsable de la eliminación de sedimentos residuales de la coagulación o de materia suspendida en el agua.

### ***7.8 Filtro de carbón activado***

El filtro de carbón activado es un componente crucial en sistemas de tratamiento de agua, diseñado para purificar el líquido a través de un proceso de adsorción. Este filtro, que suele presentarse en un tanque de fibra de vidrio con una válvula automática y un sistema de control, se encarga de eliminar una amplia gama de impurezas presentes en el agua.

Su función principal es retirar el contenido de materia orgánica residual, que puede incluir compuestos como pesticidas, herbicidas y subproductos de desinfección, que a menudo contribuyen a sabores y olores desagradables en el agua. Además, es altamente efectivo en la eliminación de cloro y sus derivados, los cuales son utilizados comúnmente en la desinfección del agua potable, pero que pueden tener efectos perjudiciales para la salud y alterar el sabor.

Más allá de la materia orgánica y el cloro, el filtro de carbón activado es capaz de adsorber diversos compuestos químicos y contaminantes, incluyendo, pero no limitándose a, sedimentos finos, metales pesados (en menor medida, dependiendo del tipo de carbón), y ciertos compuestos volátiles. La eficiencia de este proceso se debe a la alta

porosidad del carbón activado, que ofrece una vasta superficie para que las moléculas de los contaminantes se adhieran a ella.

El sistema de válvula automática y control asegura un funcionamiento óptimo y un mantenimiento sencillo. Permite la retrolavado periódico del filtro, un proceso esencial para limpiar el lecho de carbón y prolongar su vida útil, eliminando los contaminantes acumulados y redistribuyendo el medio filtrante. Este filtro es indispensable para garantizar que el agua tratada sea segura, limpia y agradable para el consumo humano y otros usos.

### ***7.9 Filtro de sedimentos 5 micras Big Blue***

Este componente es fundamental en el sistema de purificación de agua, ya que su función principal es actuar como una barrera de prefiltración. Específicamente, se encarga de retener partículas suspendidas de tamaño microscópico, incluyendo sedimentos, óxido, arena y otras impurezas que superen un diámetro de 5 micrones. Esta acción es crucial para proteger la membrana de ósmosis inversa, que es extremadamente sensible a la obstrucción por partículas. Al eliminar eficazmente estas impurezas antes de que el agua llegue a la ósmosis inversa, se prolonga significativamente la vida útil de la membrana, se mantiene su eficiencia de filtración y se reducen los costos asociados con su reemplazo prematuro. Sin esta etapa de filtración inicial, la membrana de ósmosis inversa se saturaría rápidamente, comprometiendo la calidad del agua purificada y aumentando la frecuencia de mantenimiento del equipo.

### ***7.10 Sistema de Ósmosis Inversa***

El sistema de ósmosis inversa propuesto incluye una estructura metálica robusta para soportar todos los componentes, una bomba de alta presión para impulsar el agua

a través de las membranas, y cinco membranas de ósmosis inversa de última generación. Un controlador avanzado para ósmosis, junto con una caja de control, gestionará y optimizará el proceso, mientras que los flujómetros y las válvulas solenoides y de purga permitirán un monitoreo preciso y un mantenimiento eficiente.

Este sistema de tratamiento de agua está diseñado para eliminar de manera excepcional los contenidos orgánicos e inorgánicos del agua, logrando una purificación de hasta 0.001 micrones. Su capacidad de rechazo de virus, bacterias y cualquier otro componente no deseado es sobresaliente, garantizando que el agua resultante sea apta para su uso inmediato en diversas aplicaciones.

Para el proyecto en cuestión, es crucial que el agua de entrada cumpla con ciertas especificaciones de calidad. Por lo tanto, se hace indispensable un pretratamiento primario del agua residual, asegurando que el agua que ingrese al sistema de ósmosis inversa esté en condiciones óptimas para su procesamiento y maximizando así la eficiencia y vida útil de las membranas y demás componentes del sistema.

### ***7.11 Lámpara de luz ultravioleta***

La lámpara ultravioleta juega un papel crucial en el proceso de tratamiento de agua, específicamente en la etapa de desinfección. Su función principal es erradicar microorganismos patógenos presentes en el agua, tales como bacterias, virus y protozoos, sin necesidad de recurrir a productos químicos. A diferencia de otros métodos de desinfección que pueden dejar subproductos dañinos o residuales en el agua, la tecnología UV se caracteriza por su enfoque no químico, lo que la convierte en una opción segura y respetuosa con el medio ambiente.

Esta particularidad es de suma importancia cuando el agua tratada está destinada a procesos posteriores, como la ósmosis inversa. En la ósmosis inversa, la presencia de cualquier tipo de residual químico, incluso en concentraciones mínimas, podría comprometer la integridad y el rendimiento de las membranas semipermeables, o incluso afectar la calidad final del agua purificada. Por lo tanto, al no dejar un residual dañino, la lámpara ultravioleta asegura que el agua esté en condiciones óptimas para ingresar al sistema de ósmosis inversa, protegiendo así la vida útil de los componentes y garantizando la eficiencia del proceso de purificación.

En resumen, la lámpara ultravioleta no solo desinfecta el agua de manera efectiva, sino que también lo hace de una forma que es completamente compatible y beneficiosa para las etapas subsiguientes de tratamiento, especialmente para sistemas tan sensibles como la ósmosis inversa.

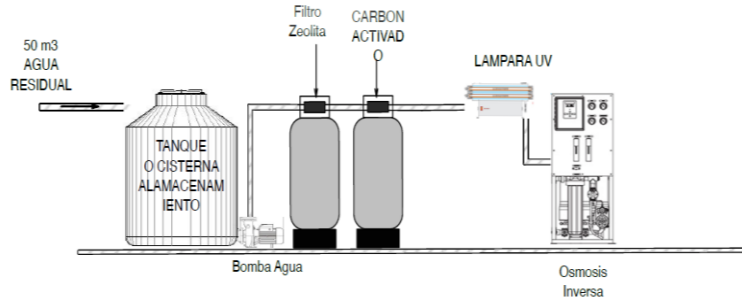
#### ***7.12 Requerimiento de insumos para el funcionamiento de la Planta de osmosis inversa***

1. Productos químicos anti-incrustantes para ósmosis inversa, con una duración de uso de dos meses.
2. Se utilizan como aditivo en sistemas de ósmosis inversa para prevenir la incrustación de las membranas y prolongar su vida útil.
3. Filtro pulidor tipo BIG BLUE 4.5x20, diseñado para retener sedimentos finos de hasta 5 micrones.
4. Lámpara UV de 12 GPM; es el repuesto de la lámpara UV y el fabricante recomienda su reemplazo cada 7,000 horas de uso o anualmente.

5. Membrana de ósmosis inversa; su vida útil promedio es de tres años, dependiendo del pretratamiento. La membrana es el elemento encargado de filtrar el agua en el sistema de ósmosis inversa y debe reemplazarse en caso de daño.
6. Zeolita para filtro de 4 pies cúbicos, con una vida útil de dos años; es un tipo de arena utilizada en el primer filtro de agua ofrecido.
7. Carbón activado de 4 pies cúbicos, con una vida útil de dos años; se recomienda su reemplazo periódico según las indicaciones del fabricante.
8. Limpieza de ósmosis inversa mediante recirculación química; se realiza cuando el flujo normal disminuye un 10% respecto a lo recomendado. Este procedimiento es necesario cuando el sistema de ósmosis inversa presenta incrustación o ensuciamiento, con el fin de restaurar sus condiciones normales de operación. Se lleva a cabo al momento de una disminución del flujo o un cambio en las características de calidad del agua.

**Figura 11.**

*Esquema de tratamiento avanzado adicional propuesto para reutilizar el agua residual en el Hospital Militar de Tegucigalpa*



*Fuente: Empresa proveedora (Inversiones BMA) del sistema de tratamiento de agua del Hospital Militar.*

**7.13 Tanque cisterna del almacenamiento de agua tratada**

Con el fin de evitar un incremento en el presupuesto de este proyecto de reutilización de aguas residuales para riego, se contempla la construcción de un tanque cisterna para almacenamiento de agua tratada como una propuesta a futuro. Su edificación no es indispensable si el agua se destina exclusivamente a fines de riego. Sin embargo, si la institución en cuestión decide reutilizar el agua residual tratada para actividades distintas a las propuestas en este proyecto, se recomienda almacenar el agua ya desinfectada en un tanque y dejarla reposar durante un periodo de 30 minutos a dos horas antes de su distribución, a fin de asegurar la efectividad del desinfectante. Por esta razón, se presenta como un valor agregado.

#### **7.14 Diseño de la Red de Riego de Áreas Verdes**

Se ha concebido un diseño integral para la utilización eficiente del agua residual regenerada, implementando una red de distribución que consta de una infraestructura primaria y otra secundaria. Complementariamente, se contempla la instalación estratégica de cinco tinacos, cada uno con una capacidad de cinco mil litros. Estos depósitos se ubicarán en los puntos topográficos más elevados del terreno, con el fin de capitalizar la fuerza de la gravedad y, de esta manera, facilitar un sistema de riego por goteo óptimo para las áreas verdes previamente identificadas. El abastecimiento de estos tinacos provendrá de una pila reservorio central, desde la cual se impulsará el agua mediante la operación de dos bombas específicamente instaladas para este propósito.

**Figura 12.**

*Diseño de red de riego de áreas verdes y jardines con agua residual tratada*



*Fuente: diseño y vista satelital realizada en Google Earth Pro CC. 14.0596105,-87.2652944 (2025).*

**Tabla 13.**

*Cronograma de Ejecución del Proyecto Reutilización de Aguas Residuales a mediano plazo*

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	01/07/2025	31/08/2025	01/09/2025	28/02/2026	01/03/2026	30/04/2026	1/5/2026 al 31/5/2026	01/06/2026	31/10/2026	1/11/2026 al 30/11/2026	1/12/2026 al 31/12/2026	1/1/2027 al 31/1/2027	1/2/2027 al 28/2/2027
Elaboración de perfil del proyecto	01/07/2025	31/08/2025													
Elaborar proceso de licitación y adjudicación	01/09/2025	28/02/2026													
Proceso de adjudicación del proyecto	01/03/2026	30/04/2026													
Excavaciones d obras cisterna, de red de agua para riego	01/05/2026	31/05/2026													
Construcción de tanque de reserva e instalación de red agua de riego	01/06/2026	31/10/2026													
Instalación de equipo de tratamiento avanzado de aguas residuales	01/11/2026	30/11/2026													
Pruebas y preliminares del sistema de tratamiento avanzado	01/11/2026	31/12/2026													
Instalación de equipo de bombeo y sistema de riego	31/12/2026	31/12/2026													
Pruebas de red de tubería de riego y equipo de bombeo	01/12/2026	31/01/2027													
Revisión y entrega preliminar y correcciones	01/01/2027	28/02/2027													
Revisiones correcciones de hallazgos de entrega preliminar	01/02/2027	28/02/2027													
Entrega final y levantamiento de acta de finalización del proyecto a satisfacción de las partes mes 20	03/02/2027	02/03/2027													

*Fuente: Elaboración propia, (2025).*

## **CAPÍTULO VIII: ESTUDIO ORGANIZACIONAL**

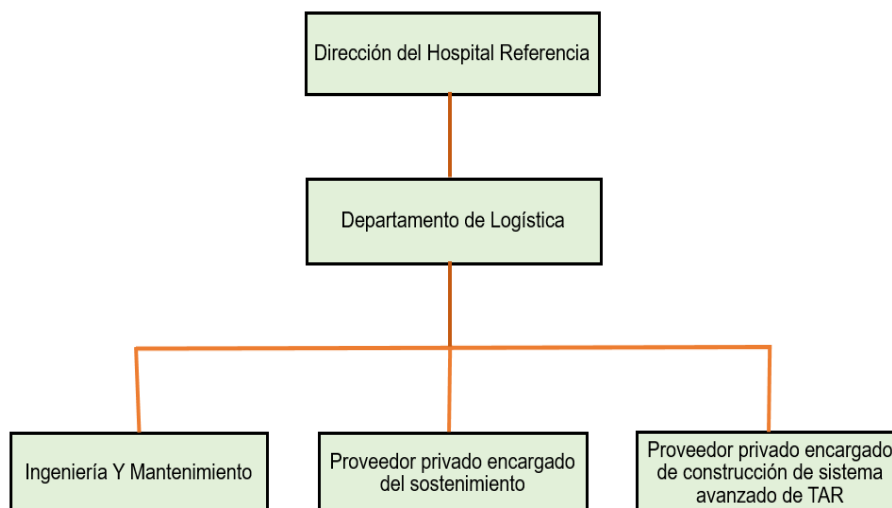
Para los propósitos de esta propuesta de factibilidad de reutilización de aguas residuales, específicamente para el riego de áreas verdes y jardines, la estructura organizacional ha sido cuidadosamente diseñada para integrar aquellos componentes de la institución que poseen una incidencia directa y fundamental en el desarrollo y la operación continua de este proyecto. Esta integración asegura una sinergia entre los departamentos y las funciones clave, optimizando los recursos y garantizando una implementación eficiente y sostenible. La colaboración interdepartamental será crucial para el éxito del proyecto, abarcando desde la planificación inicial hasta la ejecución y el monitoreo a largo plazo.

### 8.1 Estructura Organizacional

A continuación, se grafica la estructura organizacional del proyecto reutilización de aguas residuales para riego de áreas verdes y jardines:

**Figura 13.**

*Organigrama de la estructura organizacional del proyecto de aguas residuales para riego*



Fuente: Elaboración propia, (2025).

## **8.2 Requerimiento de Proveedores y Personal**

La implementación de este proyecto se ha concebido para incluir exclusivamente la contratación de la empresa o proveedor del sistema avanzado de tratamiento de aguas residuales, así como la administración del sistema de riego propuesto. Ambos elementos del proyecto se gestionarán a través de un proceso de licitación pública. Respecto al mantenimiento y la adquisición de materiales y componentes del sistema de tratamiento, el hospital ya dispone de una estructura organizativa consolidada, con personal a tiempo completo y de carácter permanente. Se prevé que la ejecución de este proyecto no demande la incorporación de nuevo personal, dado que el sistema de riego por goteo optimiza la carga laboral del personal que actualmente efectúa esta tarea de manera manual.

## **8.3 Personal de Supervisión y Monitoreo del Proyecto**

El hospital dispone de una sección de proyectos y otra de mantenimiento; departamentos que operan de manera coordinada se benefician de una robusta dotación de profesionales. Ambos equipos cuentan con ingenieros altamente calificados en diversas disciplinas, lo que garantiza una supervisión técnica integral desde la fase de planificación hasta la ejecución final del proyecto. Además, se integra un equipo de asesoría legal especializada, cuyo rol es crucial para asegurar que todos los procedimientos se adhieran estrictamente a la normativa vigente, mitigar riesgos legales y proporcionar un seguimiento contractual y regulatorio oportuno. Esta estructura multidisciplinaria asegura un enfoque holístico en la gestión de proyectos y el mantenimiento de infraestructuras, optimizando la eficiencia operativa y la conformidad legal en todo momento.

#### **8.4 Personal para el Mantenimiento de la Planta de Aguas Residuales**

El Hospital Militar se beneficia de un robusto contrato de servicios que abarca el mantenimiento tanto preventivo como correctivo. Este contrato ha sido confiado a un proveedor privado, reconocido por su alta especialización en el diseño y mantenimiento de sistemas de aguas residuales. Es importante destacar que el costo asociado a este contrato ya se encuentra contemplado e incluido dentro de la estructura de gastos fijos de la institución hospitalaria, lo que asegura una gestión presupuestaria predecible y sin variaciones inesperadas en esta área crítica.

#### **8.5 Estudio Legal**

El estudio legal exhaustivo para el proyecto de reutilización de aguas residuales, destinado específicamente al riego de áreas verdes y jardines dentro de las instalaciones del Hospital Militar, es un componente crítico que debe abordarse con meticulosidad. Este estudio no solo se limita a la revisión de la normativa existente, sino que abarca una serie de aspectos interconectados que son esenciales para asegurar la viabilidad y la legalidad del proyecto. La legislación hondureña proporciona el marco regulatorio dentro del cual todas las actividades deben llevarse a cabo, garantizando que el proyecto se desarrolle en estricto cumplimiento de las leyes y normativas ambientales, de salud pública y de uso de recursos hídricos vigentes.

Dentro de este estudio legal, es fundamental analizar las siguientes áreas clave:

1. **Marco Normativo Ambiental:** Se deben identificar y analizar todas las leyes, reglamentos, decretos y acuerdos relacionados con la gestión de aguas residuales, la protección del medio ambiente y la prevención de la contaminación. Esto incluye

normativas sobre descargas de efluentes, calidad del agua para riego, manejo de lodos y residuos, y cualquier otra disposición aplicable a la reutilización de aguas.

2. **Permisos y Licencias:** Es imperativo determinar todos los permisos y licencias necesarios que deben obtenerse de las autoridades competentes, como la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente, la Secretaría de Salud, y las municipalidades locales. Esto podría incluir permisos de construcción, licencias de operación, autorizaciones para el uso de aguas residuales tratadas y cualquier otra aprobación requerida para la implementación y operación del sistema de riego.
3. **Salud Pública y Seguridad:** Un aspecto crucial es el cumplimiento de las normativas de salud pública. El estudio debe asegurar que la reutilización de aguas residuales para riego de áreas verdes no represente un riesgo para la salud de los pacientes, el personal del hospital y el público en general. Esto implica adherencia a estándares de calidad de agua para riego que prevengan la propagación de enfermedades y la exposición a contaminantes.
4. **Derechos de Agua y Uso de Recursos Hídricos:** Se debe investigar si existen restricciones o regulaciones específicas sobre el uso de recursos hídricos en la zona del Hospital Militar, incluyendo la posibilidad de que la reutilización de aguas residuales requiera algún tipo de concesión o autorización para el aprovechamiento del recurso.
5. **Responsabilidad Legal y Sanciones:** El estudio debe delimitar claramente las responsabilidades legales asociadas con la operación del proyecto, incluyendo las posibles sanciones en caso de incumplimiento de la normativa. Esto ayuda a establecer un marco de diligencia debida y a mitigar riesgos legales.
6. **Participación Ciudadana y Social:** Aunque no es estrictamente legal, es importante

considerar el marco legal que rige la participación ciudadana en proyectos que pueden tener un impacto ambiental o social. Asegurar que el proyecto cuente con la aceptación y el apoyo de la comunidad es un factor clave para su éxito a largo plazo.

Al abordar estos aspectos de manera integral, el estudio legal no solo garantiza la conformidad con la ley, sino que también establece una base sólida para la sostenibilidad y el éxito del proyecto de reutilización de aguas residuales en el Hospital Militar, contribuyendo a la gestión eficiente del agua y a la protección del medioambiente en Honduras.

#### ***8.5.1 Fundamento Constitucional***

El proyecto encuentra su fundamentación legal y ética en el Capítulo VII de la Salud de la Constitución de la República de Honduras. De manera específica, se apoya en el Artículo 145, el cual es crucial al establecer el derecho fundamental de toda persona a la protección de su salud. Este artículo no solo consagra un derecho individual, sino que también impone una obligación ineludible al Estado: la de garantizar y conservar un ambiente que sea idóneo y propicio para salvaguardar la salud de todos sus ciudadanos. Esta disposición constitucional subraya la interconexión entre la salud humana y las condiciones ambientales, reconociendo que un entorno sano es un prerrequisito indispensable para el bienestar colectivo y la prevención de enfermedades. La relevancia de este marco constitucional radica en que el proyecto se alinea con la visión de un Estado garante del derecho a la salud, promoviendo iniciativas que contribuyan a la creación de condiciones ambientales óptimas y a la protección integral de la población frente a riesgos sanitarios derivados de un entorno degradado.

### ***8.5.2 Legislación Aplicable***

De acuerdo con lo establecido en la Constitución, específicamente en sus artículos 234 numeral 3 y 237, el Hospital Militar se encuentra bajo la obligación ineludible de proporcionar asistencia médica hospitalaria a todo su personal. Esta provisión de servicios se activa en el momento en que la salud de sus empleados se ve comprometida o afectada como resultado directo de actos o situaciones intrínsecamente ligadas al desempeño de sus funciones o al servicio.

Adicionalmente, y de manera imperativa, el Hospital Militar debe observar y adherirse estrictamente a las disposiciones establecidas en el Reglamento de Prestación de Servicio Médico Hospitalario. Este reglamento, de carácter oficial y vinculante, fue debidamente publicado en el Diario Oficial La Gaceta, lo que le confiere plena validez legal, bajo el Acuerdo S.D.N No. 001-2018. Dicho reglamento detalla los procedimientos, coberturas y derechos relacionados con la atención médica que debe ser brindada, asegurando así un marco regulatorio claro y justo para la protección de la salud de sus colaboradores.

### ***8.5.3 Permisos y Licencias***

Para iniciar, se debe obtener el Registro Tributario Nacional (RTN), el cual es indispensable para cualquier entidad que desarrolle actividades económicas en Honduras. Asimismo, se necesitará un Permiso de Operación que autorice el comienzo de las actividades vinculadas con la nueva infraestructura del sistema de tratamiento de aguas. Considerando el impacto ambiental del proyecto, la obtención de una Licencia Ambiental es crucial para asegurar que la gestión y el tratamiento de las aguas residuales se adhieran a la legislación vigente en materia de protección ambiental del país.

Igualmente relevante es la Licencia Sanitaria, que certifica el cumplimiento de los estándares de salud y seguridad en las instalaciones, particularmente en un entorno hospitalario. Estos permisos y licencias son fundamentales para operar conforme a la ley y asegurar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto, acatando tanto las normativas medioambientales como las sanitarias.

#### ***8.5.4 Cumplimiento Normativo***

El proyecto en cuestión debe adherirse estrictamente a la legislación vigente, particularmente la emitida por la Secretaría de Medio Ambiente en lo que respecta a la protección de los recursos naturales, y la normativa de la Secretaría de Salud Pública en cuanto a los estándares sanitarios y de salubridad. Es crucial que se ponga especial énfasis en la salvaguarda de las fuentes de agua, la diversidad de la flora y la integridad de la fauna, elementos esenciales para la sostenibilidad ambiental.

Además de cumplir con la normativa legal, este proyecto se enmarca y se alinea con los objetivos estratégicos establecidos en la Visión de País y el Plan de Nación 2010-2038. Este plan, que actúa como una hoja de ruta para el desarrollo nacional a largo plazo, busca, entre otros objetivos ambiciosos, alcanzar una cobertura de salud del 95% en todos los niveles del sistema de salud del país. Esto implica una expansión significativa y una mejora en la accesibilidad y calidad de los servicios de salud para la población.

La observancia de este marco legal y estratégico no solo garantiza que el proyecto cumpla con los requisitos administrativos y de salud pública esenciales, sino que también asegura su contribución directa y significativa a los objetivos de desarrollo sostenible del

país. Al integrar la protección ambiental y la expansión de la cobertura de salud, el proyecto se convierte en un pilar fundamental para el progreso social y ambiental, promoviendo un futuro más equitativo y sostenible para la nación.

## **8.6 Estudio Económico**

El estudio económico cuantifica monetariamente las determinaciones técnicas para la ejecución del proyecto de reutilización de aguas residuales. Se detallaron los costos de inversión, incluyendo repuestos y mano de obra para mantenimiento, adquisición e instalación de componentes del sistema de tratamiento avanzado y la red de riego, inventario anual de materiales y repuestos para el sistema, y gastos administrativos, todo ello en conformidad con la normativa ambiental. (Urbina, 2013).

### ***8.6.1 Presupuesto del Proyecto de Reutilización de agua residual para uso de riego de las áreas verdes y jardines del Hospital Militar***

El financiamiento para el proyecto de reutilización de aguas residuales en el Hospital Militar, una iniciativa crucial para la sostenibilidad y eficiencia hídrica, provendrá de una combinación de fuentes. La Secretaría de Finanzas aportará fondos nacionales significativos, reflejando el compromiso gubernamental con la salud pública y el desarrollo de infraestructuras sostenibles. Adicionalmente, se contará con las aportaciones del personal afiliado al sistema de salud de dicho hospital, lo que subraya la implicación y el sentido de pertenencia de la comunidad hospitalaria en este proyecto vital.

El monto total destinado para este proyecto asciende a la suma de un millón, ciento nueve mil ochocientos noventa y cuatro con cuarenta y un centavos de lempiras (L.1,109,894.41). Esta cifra ha sido cuidadosamente calculada para cubrir todas las fases

del proyecto, desde la adquisición de tecnología y equipos de tratamiento de aguas residuales hasta los costos de instalación, capacitación del personal y mantenimiento inicial.

Para una comprensión más detallada de la distribución de estos fondos, se invita a consultar el presupuesto pormenorizado en el resumen de la inversión inicial, específicamente en la Tabla 17. Dicha tabla desglosa cada componente del gasto, ofreciendo transparencia y una visión clara de cómo se asignan los recursos para asegurar la implementación exitosa y eficiente del sistema de reutilización de aguas residuales, lo que a su vez contribuirá a la reducción del consumo de agua potable, la protección del medioambiente y la optimización de los recursos hídricos en el hospital.

#### ***8.6.2. Presupuesto del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Propuesto***

A continuación, se detalla el presupuesto pormenorizado de cada uno de los componentes individuales que conforman el sistema de tratamiento avanzado propuesto. Es crucial destacar que este sistema se plantea como una adición y mejora significativa al proceso de tratamiento de aguas residuales que ya se implementa en el hospital en cuestión. Los valores presentados han sido meticulosamente recopilados y corresponden fielmente a los precios de mercado actuales, obtenidos a través de cotizaciones formales recibidas durante el mes de mayo del año 2025 en la ciudad de Tegucigalpa. Esta metodología asegura que el presupuesto refleje con precisión las condiciones económicas y de suministro vigentes, garantizando una estimación realista y fundamentada para la implementación de esta infraestructura crucial.

**Tabla 14.**

*Presupuesto del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto*

<b>Presupuesto de Proyecto Reutilización de Aguas Residuales en el Hospital Militar Sistema de Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales</b>				
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>C.U.</b>	<b>Total</b>
1	Filtro de Carbón activado	1	L20,000.00	L 80,000.00
2	Filtro de arena Sílice	1	L'18,000.00	L 72,000.00
3	Bombas de 1/2 HP	2	L18,500.00	L 37,000.00
4	Válvulas y accesorios	global	L'36,000.00	L 36,000.00
5	Lámpara ultravioleta	1	L13,700.00	L 13,700.00
6	Obra civil	1	L 62,000.00	L 62,000.00
7	Componentes eléctricos automáticos	global	L'48,000.00	L 48,000.00
8	Otros componentes varios	global	L'17,000.00	L 17,000.00
<b>Subtotal STAAR</b>				<b>L 365,700.00</b>

*Fuente : Elaboración propia, (2025).*

### **7.6.3. Presupuesto de Red de Riego de Áreas Verdes y Jardines del Hospital Militar**

A continuación, se detalla un análisis exhaustivo de los componentes y el presupuesto necesarios para la implementación de un sistema integral de riego en el Hospital Militar de Tegucigalpa. Este proyecto contempla la construcción de una red de distribución primaria y secundaria, así como la instalación estratégica de tres tinacos de cinco mil litros de capacidad cada uno. La ubicación de estos tinacos se ha determinado cuidadosamente en las zonas de mayor elevación dentro de las instalaciones del hospital, con el objetivo de maximizar la eficiencia del sistema de riego por goteo a través del aprovechamiento óptimo de la gravedad. Este enfoque permitirá un riego eficiente y sostenible de todas las áreas verdes identificadas, contribuyendo significativamente a la conservación del agua.

Los valores de los materiales y la mano de obra corresponden a los precios de mercado actuales en Tegucigalpa, Honduras, asegurando una estimación precisa y realista del costo total del proyecto. La red primaria, diseñada para transportar grandes volúmenes de agua desde los tinacos hasta los puntos de distribución principales, estará compuesta por tuberías de PVC de alta resistencia y válvulas de control de flujo. La red secundaria, por su parte, distribuirá el agua a las zonas verdes específicas, utilizando tuberías de menor diámetro y emisores de goteo que garantizarán una entrega precisa y gradual del agua directamente a las raíces de las plantas.

La instalación de los tres tinacos de cinco mil litros se realizará sobre plataformas elevadas para asegurar una presión constante en el sistema. Estos tinacos serán alimentados por la red de agua potable existente del hospital, y se incluirán sistemas de flotador y desborde para garantizar un llenado y funcionamiento adecuados. El sistema de riego por goteo, elegido por su eficiencia y bajo consumo de agua, permitirá una irrigación uniforme y controlada, reduciendo al mínimo el desperdicio y optimizando el crecimiento de la vegetación. Este proyecto no solo mejorará la estética del Hospital Militar, sino que también promoverá la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en el uso de los recursos hídricos.

**Tabla 15.**

*Presupuesto de instalación de sistema de red de para riego*

<b>Presupuesto de Proyecto Reutilización de Aguas Residuales en el Hospital Militar</b>					
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>C.U.</b>	<b>Total</b>
1	Trazado y marcado	ml	1048.34	L 35.00	L 36,691.90
2	Excavación para instalación de tubería	m3	78.63	L 280.00	L 22,016.40
3	Suministro e Instalación de Tubería PVC 2"	ml	1449	L 172.00	L 249,228.00
4	Suministro e instalación de tubería de 1/2"	ml	3560	L 42.00	L 149,520.00
5	Bombas Centrifuga	unidad	2	L24,900.00	L 49,800.00
6	Tinaco recolección aguas tratadas (2400 lts)	unidad	3	L14,600.00	L 43,800.00
7	Módulos de programación inteligente	unidad	4	L 8,600.00	L 34,400.00
8	Válvula Compuertas	unidad	9	L2,350.00	L 21,150.00
<b>Totales sobre gastos de instalación de red de tubería</b>				<b>L50,979.00</b>	<b>L 656,406.30</b>

*Fuente: Elaboración propia, (2025).*

#### ***8.6.4. Presupuesto del Programa de Mantenimiento y sostenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales del Hospital Militar***

A continuación, se detalla un desglose exhaustivo de los insumos, materiales, repuestos y la mano de obra necesarios para asegurar el mantenimiento y la sostenibilidad durante un año del sistema avanzado de tratamiento de aguas residuales. Este sistema está diseñado específicamente para la reutilización del agua tratada en el riego de áreas verdes y jardines dentro del hospital de referencia.

Los valores presentados en este presupuesto reflejan los precios de mercado actuales, obtenidos mediante cotizaciones actualizadas percibidas durante el mes de mayo del año 2025 en Tegucigalpa. Es importante destacar que estos precios han sido

cuidadosamente verificados para garantizar la precisión y la relevancia económica en el contexto local. Para una referencia más detallada y un desglose específico de cada componente y su costo asociado, se remite al lector a la Tabla 16, que se presenta a continuación. Esta tabla proporcionará una visión clara y estructurada de la inversión requerida para mantener el sistema operando de manera eficiente y sostenible.

**Tabla 16.**

*Presupuesto anual de los costos de insumos para el mantenimiento del STAR*

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>C.U.</b>	<b>Costo Anual</b>
1	Químico anti-Escalante para osmosis inversa	Cada 6 meses	L 9,500.00	L 19,000.00
2	Filtro pulidor tipo big blue 4.5x20"	Cada 2 meses	L 1,600.00	L 9,600.00
3	Candela uv para lámpara 12 gpm	1 año de uso	-	L 3,900.00
4	Membrana de osmosis inversa	1 año de uso	-	L 11,334.00
5	Zeolita para filtro 4 pie cúbicos	1 año de uso	-	L 3,800.00
6	Carbón activado 4 pie cúbicos	1 año de uso	-	L 5,800.00
7	Mantenimiento correctivo	Regularmente	-	L 34,700.00
8	Mantenimiento preventivo	Regularmente	-	L 41,800.00
9	Limpieza de osmosis inversa con recirculación química con mano de obra	Cada 6 meses	L 6,500.00	L 13,000.00
<b>Totales</b>			<b>L 17,600.00</b>	<b>L 142,934.00</b>

*Fuente: Elaboración propia, (2025).*

#### **8.6.5. Presupuesto del costo de energía anual por el funcionamiento del sistema avanzado de tratamiento de aguas residuales propuesto en el Hospital Militar**

A continuación, se detallan los costos de energía calculados anualmente para la operación del Sistema Avanzado de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR). Este sistema tiene como propósito la reutilización del agua tratada para el riego de áreas

verdes y jardines en el hospital. Los valores presentados se basan en los precios establecidos por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) de Honduras y en la metodología descrita en la séptima edición del libro "Gestión de Proyectos", específicamente en el caso práctico de la página 189. Para mayor referencia, consulte las tablas 17 y 18 a continuación (Urbina, 2013).

**Tabla 17.**

*Presupuesto sobre el consumo de energía para el STAR*

Equipo	Can.	Núm. motores	HP del motor	Consumo kW/h/ motor	Consumo kW/h total	h/día	Total de Consumo kWh/día
Bombas de Agua Residual	4	4	0.5	0.5	2	12	24
Bombas de Agua Residual	1	1	1	2.5	2.5	12	30
Bombas Aireadoras Sumergible	3	3	3	3.5	10.5	24	252
Lámpara Ultravioleta Propuesta	1	-	0.055	0.055	0.055	24	1.32
Bomba de Caudal Propuesta	2	2	1	2.5	5	6	30
Bomba de Caudal Propuesta	2	2	0.5	0.5	1	6	6
Alumbrado	-	-	-	-	1.5	12	18
<b>Totales</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>6.055</b>	<b>9.555</b>	<b>22.555</b>	<b>96</b>	<b>361.32</b>

*Nota: Para los fines de este proyecto, se considerará únicamente el costo energético*

Este equipo consume 37.32 kWh/día, lo que representa un costo adicional significativo, dado que el resto del equipo ya se encuentra en operación y dispone de un presupuesto asignado. Este consumo adicional constituye el 10.32% del consumo total registrado. El consumo anual se calcula multiplicando el consumo diario total por 365 días, lo que resulta en 361.32 kWh/día \* 365 días = 131,881.8 kWh. Se ha considerado un margen del 5% para imprevistos, lo que eleva el consumo total a 131,881.8 kWh \* 1.05 = 138,475.89 kWh. La carga total por hora se

determina dividiendo el consumo total anual entre el número de meses, días y horas de operación:  $138,475.89 \text{ kWh} / 12 \text{ meses} / 30 \text{ días} / 14 \text{ horas} = 27.48 \text{ kW/h}$ .

La demanda concentrada se estima como el 70% de la carga total, lo que equivale a  $27.48 \text{ kW/h} * 0.7 = 19.24 \text{ kW/h}$ . El número de horas anuales de operación es de  $14 \text{ horas/día} * 365 \text{ días/año} = 5110 \text{ horas}$ . El costo de la energía es de 2.81 Lempiras por kWh. Por lo tanto, el costo anual total del sistema de tratamiento de aguas residuales (incluyendo el equipo actual y el propuesto) asciende a  $19.24 \text{ kW/h} * 5,110 \text{ horas/año} * 2.81 \text{ Lempiras/kWh} = 276,269.08 \text{ Lempiras}$ . El costo anual adicional por concepto de pago de energía del proyecto propuesto, reutilización de aguas residuales para riego solo representa el 10.32 % del costo anual como se menciona:  $\text{Costo anual del sistema propuesto} = 276,269.08 \text{ Lempiras} * 0.1032 = 28,511 \text{ Lempiras}$  (Urbina, 2013).

**Tabla 18.**

*Costo por consumo de energía del sistema tratamiento de aguas residual propuesto*

<b>Presupuesto de Proyecto Reutilización de Aguas Residuales en el Hospital Militar</b>		
<b>Costo por consumo de energía del sistema tratamiento de aguas residual propuesto</b>		
<b>1</b>	<b>Costo Anual</b>	<b>L 28,511.00</b>

*Fuente : elaboración Propia*

**8.6.6. Presupuesto del costo anual de otros materiales requeridos para el funcionamiento del sistema avanzado de tratamiento de aguas residuales propuesto en el Hospital Militar.**

**Tabla 19.**

*Costo de otros materiales*

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Consumo Mensual</b>	<b>Consumo Anual</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Anual</b>
1	Detergente Industrial En Libras	12 libras	144 libras	37	5,328.00
2	Batas Desechables	14 unidades	168 unidades	80	13,440.00
3	Guantes De Látex	65 pares	780 pares	4.4	3,432.00
4	Escobas		6 unidades	80	510.00
5	Botas Industriales		4 pares	750	3,000.00
6	Franelas	1 yarda	12 yardas	120	1,440.00
7	Brochas		6 unidades	35	210.00
8	Cubetas		8 unidades	65	520.00
9	Cepillos Industriales		10 unidades	95	950.00
10	Bolsas Plásticas	60 unidades	720 unidades	0.524	377.28
11	Mascarillas Desechables	40 unidades	480 unidades	1.2	576
<b>Sub Total</b>					<b>L 29,783.28</b>

*Fuente: elaboración Propia*

A continuación se describe los costos de otros insumos requeridos como ser equipo de bioseguridad, equipo de limpieza y protección del personal que opere el sistema avanzado de tratamiento de aguas residuales propuesto en el hospital en de referencia, estos valores corresponden a los precios de mercado según cotización recibida en el mes de junio del año 2021, en Tegucigalpa Honduras C.A , ver tabla 16 a continuación: (Urbina, 2013)

### 8.6.7. Resumen del presupuesto requerido para el Proyecto reutilización de agua residual para uso de riego de áreas verdes y jardines.

A continuación, se detalla en la tabla 20 el resumen del presupuesto requerido para la ejecución del proyecto reutilización de agua residual para uso de riego de áreas verdes y jardines en el hospital referencia en Tegucigalpa Honduras C.A.

**Tabla 20.**

*Resumen del presupuesto de la inversión inicial*

No	Descripción	Total
1	Subtotal Sistema de Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales	521,600.00
2	Subtotal instalación de red de tubería para riego	606,606.3
3	Sub Total Costos de insumos repuestos y mantenimiento Anual	142,934.00
4	Costo por consumo de energía	28,511.00
5	Sub Total costo de otros materiales	29,783.28
<b>Total, presupuesto de la inversión inicial</b>		<b>L 1,419,034.58</b>

*Fuente: elaboración Propia*

### 8.7 Estudio Financiamiento

A continuación, se describe la estructura del financiamiento del proyecto reutilización de agua residual para uso de riego de áreas verdes y jardines en el hospital referencia, los recursos requeridos para el presupuesto serán financiados en dos componentes, el primero por desembolso de la asignación presupuestaria de la secretaría de finanzas del estado de Honduras C.A. y el segundo componente será financiado por fondos de aportaciones del personal afiliado a dicho hospital, como se ve en la tabla 18, a continuación.

**Tabla 21.**

*Estructura de Financiamiento*

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Monto</b>	<b>%</b>
01	Asignación presupuestaria del estado de Honduras, a través de la secretaría de Finanzas	L 723,707.64	51%
02	Recaudación por auto gestión por servicios de salud prestados a pacientes particulares	L 695,326.94	49%
<b>Total</b>		<b>L 1,419,034.58</b>	<b>100%</b>

*Fuente: elaboración Propia*

Para la integración del estudio financiero se requiere de la información generada en la investigación diagnóstico, donde se analizó el gasto en compra de agua, dada la problemática existente de escasez de agua en el Hospital Militar, para la realización del proyecto Reutilización de aguas residuales para uso de riego de áreas verdes y jardines, asimismo es importante integrar el presupuesto de los componentes requeridos según el estudio técnico y por último se integra un componente adicional propuesto en el estudio estratégico con el fin de que garantice el mantenimiento y sostenimiento del sistema.

La conjunción de estos componentes de inversión constituye la base para evaluar financieramente el proyecto en mención y determinar si es factible o no, cabe considerar que este proyecto no aspira a generar un beneficio lucrativo sin embargo pretende demostrar que su ejecución generará un ahorro que supere en pocos años la inversión inicial del mismo (Urbina, 2013) .

### **8. 7.1. Proyección de ingresos.**

Sabiendo que este proyecto no constituye una actividad lucrativa, por lo cual el aporte de la utilidad sobre el capital invertido no se pretende demostrar, pues el agua

tratada no se va a vender, sin embargo, si generara ahorros a las finanzas del hospital, dado que el agua que se utiliza para riego de áreas verdes y jardines proviene del mismo caudal del agua disponible, ya sea suministrada por la red de abastecimiento interna o comprada al proveedor externo. Según el análisis de costos realizado se requiere una inversión inicial de un millón cuatrocientos diecinueve mil treinta y cuatro con 58/100 (L **1,419,034.58**), los recursos de la inversión inicial se requieren para la adquisición de los componentes para la habilitación del nuevo sistema de tratamiento avanzado de aguas residuales.

La instalación de la red nueva de tubería para el sistema de riego de áreas verdes y jardines. Para la adquisición de insumos y repuestos y mano de obra necesarios para el mantenimiento y sostenimiento del nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto, por un periodo de un año. Asimismo, en la inversión inicial se estimó el pago por cargos de consumo de energía por el funcionamiento del nuevo sistema de tratamiento propuesto, por un periodo de un año. Por último, incluye la adquisición de otros materiales para realizar el aseo, limpieza del sistema propuesto y equipo de bioseguridad para el personal que opera la planta de tratamiento de aguas residuales. (Urbina, 2013)

### **8.7.2. Recuperación de la inversión.**

Para calcular la recuperación de la inversión se plantearon dos escenarios posibles:

#### **Escenario hipotético 1:**

Según la investigación hecha en un periodo de 5 años del 2020 al año 2024 el gasto por compra de agua en camión cisternas tuvo un incremento porcentual promedio

por año, durante ese periodo analizado de 230%, este incremento porcentual reflejado en Lempiras representó una erogación de superior a los cinco millones de Lempiras, asimismo el costo por galón permaneció sin cambios 0.25 lempiras en el mismo periodo.

En este contexto el escenario de la hipótesis 1 plantea el supuesto que se mantenga el mismo déficit de agua reflejado en el año 2024 de 1,929,600 galones y el costo por galón se mantenga igual a un valor de 0.25 Lempiras.

Asimismo, se consideran los datos del análisis que refleja la tabla 7 de la distribución total del consumo de agua en el hospital, la cual muestra que el consumo de agua para riego anual representa el 7% del consumo total anual = 11,328,505 galones X 0.07 = 789,860 galones consumidos en riego. Este volumen de agua tiene un costo de 0.25 Lempiras por galón = 789,860 galones x 0.25 Lempira/galón = 197,465.00 Lempiras.

### **Escenario hipotético 2:**

Para el escenario hipotético 2 se plantea el supuesto que se mantenga el incremento acumulado por año en compra de agua para suplir el déficit de acuerdo al promedio anual mostrado en el periódico analizado de del 2020 al año 2024 del 230%. Asimismo, se consideró que no se incremente el volumen de agua para riego, tomando en cuenta que el riego no es una de las actividades prioritarias, también que las áreas verdes y jardines no se incrementan al ritmo del crecimiento del hospital.

Para efectos de recuperar la inversión se consideró únicamente el volumen de agua anual usada para riego el cual es de 789,860 galones, este volumen de agua será suplido con agua residual tratada para su reutilización. Asimismo, se considera que el costo anual por concepto de compra de agua refleja un incremento gradual en base a la

inflación promedio anual en los últimos años del 4 % , tomando como valor base el dato reflejado en la investigación del año 2024 de 0.25 Lempira por galón, en este contexto se calcula el volumen de agua que se requiere para riego y un incremento gradual por año del 4% sobre el costo por galón, en la forma siguiente:

Para el año 1 = 789,860 galones X 0.25 Lempiras/galón X 1.045 = 206,350.93

Lempiras. Para el año 2: 789,860 galones X 0.26 Lempiras/galón X 1.045 = 214,604.96

Lempiras. Sucesivos por 6 años. Ver tablas de cálculo de escenario 1 y escenario 2 a

continuación:

**Tabla 22.**

*Cálculo escenario 1*

---

**Proyecto reutilización de agua residual para uso de riego de áreas verdes y jardines**

**Tabla 22: Cálculo escenario 1**

---

Año	costo del consumo anual en agua para riego proyectado
2026	costo anual = 789,860 galones X 0.25 Lempiras/galón = 197,465.00 Lempiras
2027	costo anual = 789,860 galones X 0.25 Lempiras/galón = 197,465.00 Lempiras
2028	costo anual = 789,860 galones X 0.25 Lempiras/galón = 197,465.00 Lempiras
2029	costo anual = 789,860 galones X 0.25 Lempiras/galón = 197,465.00 Lempiras
2030	costo anual = 789,860 galones X 0.25 Lempiras/galón = 197,465.00 Lempiras
2031	costo anual = 789,860 galones X 0.25 Lempiras/galón = 197,465.00 Lempiras
2032	costo anual = 789,860 galones X 0.25 Lempiras/galón = 197,465.00 Lempiras

---

*Tabla 22 Cálculo escenario 2*

**Tabla 23.**

*Cálculo escenario*

**Proyecto reutilización de agua residual para uso de riego de áreas verdes y jardines**

**Cálculo escenario 2**

<b>Año</b>	costo del consumo anual en agua para riego proyectado
2026	789,860 galones X 0.25 Lempiras/galón X 1.045 = 206,350.93 Lempiras
2027	789,860 galones X 0.26 Lempiras/galón X 1.045 = 214,604.96 Lempiras
2028	789,860 galones X 0.27 Lempiras/galón X 1.045 = 222,859.00 Lempiras
2029	789,860 galones X 0.28 Lempiras/galón X 1.045 = 231,112.04 Lempiras
2030	789,860 galones X 0.29 Lempiras/galón X 1.045 = 239,367.07 Lempiras
2031	789,860 galones X 0.30 Lempiras/galón X 1.045 = 247,621.11 Lempiras
2032	789,860 galones X 0.31 Lempiras/galón X 1.045 = 255,875.15 Lempiras

*Fuente : elaboración Propia*

**8.7.3 Análisis del escenario 1:**

Según los resultados del escenario 1, la inversión se recupera en el año cinco más once meses, después de la ejecución del proyecto de reutilización de aguas residuales para riego.

**8.7.4 Análisis del escenario 2:**

Según los resultados del escenario 2, la inversión se recupera en el año cinco más tres meses, después de la ejecución del proyecto de reutilización de aguas residuales para riego.

Estos resultados obtenidos en ambos escenarios muestran que la inversión se recupera en un periodo corto, por lo cual el proyecto es financieramente factible, cabe mencionar que la calidad de agua esperada de acuerdo al sistema avanzado de tratamiento

de aguas residuales propuesto, proporcionará agua con una calidad suficiente que permitirá sea utilizada para otras aplicaciones con amplia seguridad.

### 8.7.5 Cálculo de valor presente neto (VPN) y de la tasa interna de retorno (TIR).

Para efecto de asegurar y mostrar que esta propuesta de proyecto es factible financieramente para el hospital en mención y que no afectará el flujo de caja, pues de por sí ya se tiene un costo por la compra de agua para suplir la demanda no cubierta por el déficit de agua en la actualidad, ya ampliamente expuesto en este documento. Por tal razón se calcularon estas dos herramientas financieras con el fin de que muestren un panorama claro para la toma de decisiones, ver a continuación la siguiente tabla que muestra el ahorro esperado en los dos escenarios pesimista y optimistas vistos anteriormente. (Urbina, 2013)

**Tabla 24**

*Cálculo de valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR)*

<b>Escenario 1 pesimista</b>			<b>Escenario 2 optimista</b>		
<b>Ahorro de Efectivo Esperado</b>			<b>Ahorro de Efectivo Esperado</b>		
<b>Año</b>		<b>ahorro esperado</b>	<b>Año</b>		<b>A</b>
0	L	1,109,894.41	0	L	1,109,894.41
1	L	252,755.20	1	L	302,295.20
2	L	252,755.20	2	L	358,503.20
3	L	252,755.20	3	L	424,772.00
4	L	252,755.20	4	L	502,855.00
5	L	252,755.20	5	L	594,806.00
6	L	252,755.20	6	L	703,027.00
<b>Costo de Capital</b>			<b>Costo de Capital</b>		
		<b>8%</b>			<b>8%</b>
<b>VPN</b>	=	<b>-L 260,677.65</b>	<b>VPN</b>	=	<b>-L 132,740.32</b>
<b>TIR</b>	=	<b>0%</b>	<b>TIR</b>	=	<b>4%</b>

*Fuente : elaboración Propia*

### **8.7.6 Análisis del valor presente neto (VPN)**

Según el resultado del valor presente neto (VPN), tanto en el Escenario uno como en el escenario dos, reflejan valores negativos para el valor presente neto, por lo cual desde este análisis financiero el proyecto no es factible a corto plazo

### **8.7.7 Análisis de la tasa interna de retorno (TIR)**

Según el resultado de la tasa interna de retorno (TIR), tanto en el escenario uno como en el escenario dos, reflejan una tasa interna de retorno inferior al costo de capital, por lo cual desde este análisis financiero el proyecto no es factible en el corto plazo.

## **8.8 Estudio Estratégico**

El Estudio Estratégico en el contexto del proyecto de reutilización de aguas residuales en el Hospital Militar es un análisis meticuloso diseñado para encaminar las decisiones y acciones hacia la consecución de los objetivos planteados para el éxito del proyecto a largo plazo. Este estudio aborda desde la recolección y análisis de información relevante hasta la evaluación y ajuste de estrategias en base a los hallazgos. Se estructura en varias etapas claves:

### **8.8.1 Etapa de información**

En esta etapa inicial, se define la visión y la misión del proyecto, proporcionando una dirección clara y un propósito. La auditoría externa e interna permite identificar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que impactan o podrían impactar el proyecto. Las matrices de Evaluación de Factores Externos (EFE) y de Factores Internos (EFI) se utilizan para cuantificar y priorizar estos factores, asegurando que las estrategias estén alineadas con las capacidades del hospital y las condiciones del entorno.

#### **8.8.1.1 Visión del proyecto**

Crear una alternativa que permita disponer de agua de calidad para uso de riego de áreas verdes, jardines y parques, del Hospital Militar, sin comprometer el volumen de agua potable y costos excesivos en compra de agua en camiones cisterna, al mismo tiempo evitar el la pérdida de la belleza escénica y el gasto recurrente en reforestación y compra de plantas ornamentales, mediante el cumplimiento dela normativa ambiental vigente, que permita el tratamiento y regeneración de agua residual para uso seguro en riego.

#### **8.8.1.3 Misión del proyecto**

Disponer de un sistema de tratamiento de agua residual avanzado que garantice el reusó seguro y mantener un entorno ambiental agradable, sano y seguro, que proporcione un valor intangible tanto a pacientes, familiares y colaboradores en general

La Misión del Hospital Militar evaluada y aprobada es: “brindar a nuestros usuarios a nivel nacional, servicios de salud en forma oportuna con calidad y calidez”

#### **8.8.1.4 Auditoría externa**

Se identificaron y evaluaron las oportunidades y amenazas a efecto de indicar si la oportunidad o amenaza es mayor o menor con la ayuda de la matriz de evaluación externa (MEFE).

#### **8.8.1.5 Matriz de Evaluación de Factores Externos (EFE)**

Se realizó matriz EFE basada en cuatro valores para calificar cada factor de 1 y 4 para indicar el resultado reflejado:

Si el factor representa una amenaza mayor su calificación es igual a 1.

Si el factor representa una amenaza menor su calificación (calificación = 2).

Si el factor representa una oportunidad menor su (calificación = 3)

Si el factor representa una oportunidad mayor su (calificación = 4)

De esta forma las calificaciones hacen referencia a las estrategias, mientras que la ponderación del porcentaje de pesos se basan en el sector de área.

#### **8.8.1.6 Auditoría interna**

Se identificaron evaluaron las Fortalezas y debilidades a efecto de indicar si la fortaleza o debilidad es mayor o menor, con la ayuda de la matriz de evaluación de factores interna (EFI).

#### **8.8.1.7. Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI)**

Se realizó matriz EFI basada en cuatro valores para calificar cada factor de 1 y 4 para indicar el resultado reflejado:

Si el factor representa una debilidad mayor su calificación (calificación = 1).

Si el factor representa una debilidad menor su calificación (calificación = 2).

Si el factor representa una fortaleza menor su (calificación = 3)

Si el factor representa una fortaleza mayor su (calificación = 4)

**Tabla 25.***Matriz de evaluación de factores internos (EFI)*

<b>No.</b>	<b><i>Factor Crítico de Éxito</i></b> <b><i>Fortalezas</i></b>	<b>%</b> <b>ponderación</b>	<b>evaluación</b> <b>de (1-4)</b>	<b>Valor</b>
1	Recurso Humano de la institución está comprometido en cumplir sus funciones de manera eficiente y anuentes al proceso de mejora continua	15%	4	0.6
2	Estabilidad laboral y cumplimiento de los beneficios adquiridos de apego a la ley.	16%	4	0.64
3	Alto nivel de disciplina en toda la organización.	10%	3	0.3
4	Capacidad financiera para inversión en ejecución de proyectos convenientes.	8%	3	0.24
5	Capacidad instalada de infraestructura en saneamiento de agua residual.	11%	3	0.33
6	Respaldo de leyes nacionales.	6%	2	0.12
<b><i>Debilidades</i></b>				
1	Alta rotación del liderazgo gerencial, esto interrumpe la conclusión de nuevos proyectos propuestos e impide la mejora continua de la organización.	12%	4	0.48
2	Proceso lento para ejecutar una licitación y contratación.	7%	2	0.14
3	Existencia de otras necesidades de igual prioridad.	11%	2	0.22
4	Poca o nula experiencia en el ámbito nacional de proyectos similares.	4%	2	0.08
		100%		3.15

*Fuente: creación propia*

**Tabla 26***Matriz de evaluación de factores externos ( EFE)*

No.	<i>Factor Crítico de Éxito Oportunidades</i>	% Ponderación	evaluación de (1-4)	Valor
1	Creación de una fuente alternativa de agua para su aprovechamiento	15%	4	0.6
2	limitar la dependencia del suministro de agua de proveedores externos	14%	4	0.56
3	Proporcionar un ambiente ecológico sano y agradable a los pacientes, visitantes y colaboradores.	13%	2	0.26
4	Ser pioneros y referentes en buenas prácticas ambientales.	7%	1	0.07
5	Captación de talento humano calificado y especializado	8%	2	0.16
6	Uso de tecnologías avanzadas para la gestión de saneamiento de agua residual.	6%	2	0.12
<b>Amenazas</b>				
1	La institución puede enfrentar grandes desafíos por recorte presupuestario por parte del estado.	7%	2	0.14
2	Fuga de talentos por falta de incentivos laborales y salariales.	8%	2	0.16
3	Cambios en las políticas de Estado pueden representar un considerable riesgo para el Hospital Militar	10%	2	0.2
4	El relevo periódico autoridades de las jefaturas en el Hospital Militar representan riesgos de inconstancia en líneas de acción y prioridades claves.	12%	4	0.48
		<b>100%</b>		<b>2.75</b>

*Fuente: elaboración propia (2025)***8.8.1.8. Etapa de ajuste**

Esta etapa se enfoca en revisar y ajustar las estrategias basadas en el análisis FODA. Es un momento crítico donde se evalúa la efectividad de las acciones estratégicas actuales y se realizan ajustes necesarios para asegurar la alineación con los objetivos

estratégicos del proyecto. Se consideran cambios tanto en el entorno interno como externo, garantizando que el proyecto permanezca relevante y capaz de superar posibles obstáculos.

#### **8.8.1.9. Análisis FODA**

Con el fin de revisar los atributos positivos y negativos internos y externos, del proyecto estudio de factibilidad para la reutilización de aguas residuales, se consultó plan estratégico del Hospital Militar y se entrevistó a personal de los departamentos de desarrollo institucional y logística, donde se evaluó el grado de eficiencia alcanzado y la deficiencias y problemática que se enfrentan, todo lo anterior expuesto sirve de base para exponer las principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, como se detalla a continuación:

#### **8.8.1.10. Fortalezas**

- a) El Recurso Humano de la institución está comprometido en cumplir sus funciones de manera eficiente y anuente al proceso de mejora continua.
- b) Estabilidad laboral y cumplimiento de los beneficios adquiridos de apego a la ley.
- c) Alto nivel de disciplina en toda la organización.
- d) Capacidad financiera para inversión en ejecución de proyectos convenientes.
- e) Capacidad instalada de infraestructura en saneamiento de agua residual.
- f) Respaldo de leyes nacionales.

#### **8.8.1.11. Debilidades**

- a) Alta rotación del liderazgo gerencial, esto atrasa la conclusión de nuevos proyectos propuestos e impide la mejora continua de la organización.

- b) Proceso lento para ejecutar una licitación y contratación.
- c) Existencia de otras necesidades de igual prioridad.
- d) Poca o nula experiencia en el ámbito nacional de proyectos similares.

#### **8.8.1.12. Oportunidades**

- a) Creación de una fuente alternativa de agua para su aprovechamiento
- b) limitar la dependencia del suministro de agua de proveedores externos
- c) Proporcionar un ambiente ecológico sano y agradable a los pacientes, visitantes y colaboradores.
- d) Ser pioneros y referentes en buenas prácticas ambientales.
- e) Captación de talento humano calificado y especializado
- f) Uso de tecnologías avanzadas para la gestión de saneamiento de agua residual.

#### **8.8.1.13. Amenazas**

- a) La institución puede enfrentar grandes desafíos por recorte presupuestario por parte de las instituciones estatales.
- b) Fuga de talentos por falta de incentivos laborales y salariales.
- c) Cambios en las políticas de Estado pueden representar un considerable riesgo para el Hospital Militar debido a que el Hospital se ve afectado por los eventos de nivel Estatal.
- d) El relevo periódico autoridades de las jefaturas a los cuales está sujeto el Hospital Militar representan riesgos de inconstancia en líneas de acción y prioridades claves.

**Tabla 27**

*Matriz PEEA (Posicionamiento, Estrategia, Evaluación y Ajuste)*

<b>Component</b>	<b>Descripción</b>
<b>Posicionamiento</b>	El hospital cuenta con una sólida capacidad financiera y de infraestructura para manejar proyectos de sostenibilidad y reutilización de aguas residuales.
<b>Estrategia</b>	Optimizar los procesos de licitación y capacitación continua para el personal, utilizando las fortalezas actuales para superar las barreras organizacionales.
<b>Evaluación</b>	Implementar indicadores clave de rendimiento para monitorear el volumen de agua tratada y el ahorro en costos, con revisiones periódicas para ajustar el plan de acción.
<b>Ajuste</b>	Establecer mecanismos de retroalimentación para adaptar las operaciones y estrategias basadas en los resultados obtenidos y los cambios en el entorno operativo.

*Fuente: elaboración propia (2024)*

### **8.8.2 Etapa de decisión**

En la etapa de decisión, se consolidan los resultados obtenidos a partir de las auditorías y los análisis desarrollados en las fases anteriores, con el propósito de formular decisiones estratégicas fundamentadas. En este punto, la matriz de planificación desempeña un papel fundamental, ya que orienta la implementación de acciones estratégicas y la adecuada asignación de recursos.

Dicha matriz permite definir los objetivos específicos, establecer las acciones prioritarias, determinar los indicadores de evaluación y planificar los mecanismos de ajuste, con base en el análisis de resultados y la retroalimentación recibida.

**Tabla 28.**

*Matriz de Planificación Estratégica y de Evaluación del Cambio*

<b>Objetivos Estratégicos</b>	<b>Acciones Estratégicas</b>	<b>Indicadores de Éxito</b>	<b>Evaluación y Ajuste</b>
Aumentar la capacidad de tratamiento de aguas residuales.	Construir y poner en marcha la nueva planta de tratamiento con tecnología avanzada según cronogramas específicos.	Volumen de aguas residuales tratadas y reutilizadas.	Revisiones trimestrales para evaluar progreso y realizar ajustes.
Reducir la dependencia de fuentes externas de agua.	Desarrollar programas de capacitación para el manejo eficiente de la planta y promover campañas de concientización sobre la importancia del proyecto.	Reducción en el costo anual de adquisición de agua.	Ajustar tácticas operativas basadas en feedback del personal y resultados.
Fomentar la sostenibilidad ambiental.	Implementar campañas de sensibilización interna y externa para destacar el compromiso del hospital con el medio ambiente.	Nivel de participación y satisfacción del personal.	Modificar estrategias basadas en la eficacia de las campañas y la aceptación del proyecto.

*Fuente: elaboración propia*

El estudio estratégico es fundamental para el desarrollo y la implementación exitosa del proyecto de reutilización de aguas residuales. Proporciona un marco sistemático para evaluar el entorno, planificar acciones, medir el éxito y adaptar las estrategias en respuesta a las condiciones cambiantes. Este enfoque garantiza que el proyecto no solo es viable al momento de su concepción, sino que también se mantiene sostenible y efectivo a lo largo del tiempo.

### **8.9 Propuesta**

El Hospital Militar enfrenta desafíos críticos debido a la escasez de agua, lo que puede afectar sus operaciones diarias y la sostenibilidad. Este proyecto propone

implementar un sistema integral de gestión y reutilización de aguas residuales para abordar estos desafíos, mejorando la eficiencia en el uso del agua y reduciendo la dependencia de fuentes externas.

### 8.9.1 Actores Involucrados

A continuación, se presenta el Análisis de involucrados del proyecto reutilización de aguas residuales en el Hospital Militar Tegucigalpa Honduras C.A.

**Tabla 29.**

*Matriz de Involucrados*

No.	Participantes	Vocero	Intereses	Intereses y potenciales áreas de la cooperación	Áreas potenciales de conflicto, resistencia a la cooperación.
1	Hospital Militar de Tegucigalpa	Director del Hospital	<p>Mitigar los escasos de agua en el Hospital Militar, y tener una fuente alternativa de agua para riego</p> <p>Disponer de un entorno agradable y bien conservado, que motive y haga sentir bien a los pacientes, visitantes y colaboradores</p> <p>Reducir las quejas reclamos de los entes superiores en el sentido que no se utilice el agua potable para usos de riego</p> <p>Reducir el costo excesivo en compra de agua en cisternas.</p>	<p>Manejo y monitoreo de indicadores aceptables</p> <p>Mantener un entorno agradable</p> <p>Obtener más Utilidades</p>	<p>Resistencia por el paradigma en la reutilización de agua de la población que frecuenta la institución. Falta de presupuesto para este fin.</p> <p>No contar con el apoyo de las autoridades.</p>

			Disponer de una fuente permanente para el mantenimiento de áreas verdes y evitar que todos los años se compren y planten nuevos jardines. Mitigar en la medida posible la escasez de agua en el Hospital Militar	No comprometer el agua potable	
			Brindar un mejor servicio médico hospitalario	Obtener colaboración de otras entidades interesadas en buenas prácticas ambientales	Resistencia por el paradigma en la reutilización de agua residual. Falta de presupuesto para este fin.
2	Consejo de administración (Junta de vigilancia)	Representante antes de Junta de vigilancia	Contar con una institución que es responsable en el manejo de aguas residuales Reducir el costo excesivo en compra de agua en cisternas. Disponer de una fuente permanente para el mantenimiento de áreas verdes y evitar que todos los años se compren y planten nuevos jardines.		
3	Empresa ejecutora de Proyectos	Representante de Unidad Ejecutora de Proyectos	Obtener utilidades. Ganar prestigio, valor y credibilidad con un proyecto de referencia en Honduras.	Medir los avances de la ejecución del proyecto	Ninguna
5	Autoridades del gobierno, de la secretaría de salud y ambiente	Representantes	Asegurar que se cumplan los parámetros según normativa de la legislación nacional.	Monitorear periódicamente y Tomar decisiones para aportar al mejoramiento del servicio	Ninguna si se cumplen los parámetros exigidos
5	Pacientes, colaboradores, visitantes y sociedad en general		Contar con lugares seguros, agradables y acogedores, sanos libres de contaminantes,	Promoción y colaboración para seguir mejorando el ornato	Posible resistencia si se enteran de que el agua es

*Fuente: Elaboración Propia*

### **8.9.2 Marco Lógico para la Reutilización de Aguas Residuales**

La matriz del marco lógico es una herramienta de gestión que proporciona un resumen estructurado del proyecto, delineando los objetivos, entregables, actividades necesarias y los supuestos subyacentes que influyen en el éxito del proyecto. En el contexto de tu tesis, esta matriz se organiza en varios niveles que describen el flujo de la planificación desde los fines generales hasta los componentes específicos:

#### **Fin**

El objetivo final de este proyecto es mitigar la escasez de agua potable en el Hospital Militar. Esto se busca lograr mediante la reducción del 60% en la escasez de agua durante el primer año de funcionamiento del proyecto. Los medios de verificación incluyen el monitoreo del gasto en agua comprada y las inspecciones regulares. El supuesto principal para el éxito de este objetivo es que el hospital disponga del presupuesto necesario y apruebe las inversiones requeridas.

#### **Propósito**

El propósito del proyecto es la implementación de un sistema avanzado de tratamiento de aguas residuales y la construcción de cisternas con una capacidad total de 200,000 galones de agua. Se espera que, para diciembre a corto plazo, el sistema esté operando al 100% y el 75% de las cisternas estén construidas y funcionando. Los

indicadores de este éxito se verifican a través de actas de recepción e informes de finalización de obra.

**Tabla 30.**

*Matriz del Marco Lógico*

<b>Niveles de objetivo matriz marco lógico</b>		<b>Indicadores verificables</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos</b>	
<b>FIN</b>		<b>Mitigar el problema de escasez de agua potable en el Hospital Militar</b>	60 % de reducción de escasez de agua en el Hospital Militar en el primer año de funcionamiento del proyecto reutilización de aguas residuales y construcción de tanques de almacenamiento	Serie de información que refleja el gasto en compra de agua en cisternas. Disminución de quejas por falta de agua en el Hospital Militar, inspecciones periódicas.	Que el Hospital Militar disponga de presupuesto y programe y apruebe las inversiones para garantizar el agua suficiente en cantidad y calidad para su operación normal
<b>PROPÓSITO</b>		<b>Adquisición e instalación de sistema de tratamiento avanzado para realizar aguas residuales.</b>  <b>Construcción de cuatro cisternas con una capacidad total para reservar al menos 200.000 galones de agua</b>	Al mes de Diciembre del año 2026 el funcionamiento al 100% del sistema de tratamiento avanzado de aguas residuales.  Al mes de Diciembre del año 2026 el 75% las cisternas construida y operando	-Acta de recepción de la obra  - Informe de finalización de obra  -Presupuesto ejecutado en su totalidad.  Imágenes	-Autoridades autorizan la ejecución del proyecto.  - Se autoriza y se dispone del presupuesto requerido  - Empresa cumple con tiempo de ejecución d obra
<b>COMPONENTES</b>	<b>1</b>	<b>Diseño y presupuesto y aprobación</b>	100% del diseño, presupuesto y	Planos arquitectónicos y	La dirección y junta superior apruebe la

			aprobación finalizado	estructurales, presupuesto por escrito firmado por el diseñador, acta de aprobación por la junta de vigilancia y dirección	adquisición e instalación de sistema de tratado y la construcción de las cisternas
	<b>2</b>	<b>Adquisición de equipo, materiales y maquinarias necesarias para instalación del sistema de tratamiento de agua residual avanzado</b>	100% de los materiales, equipos y maquinaria adquiridos	órdenes de compra, entradas de almacén	Hay presupuesto disponible
	<b>3</b>	<b>contratación de Personal calificado para la ejecución de las obras civiles</b>	100% del personal requerido contratado	Planillas y contratos	hay personal calificado disponible
	<b>4</b>	construcción de sistema de tratamiento de aguas residuales avanzado	Recurso humano, equipos menores de construcción, Materiales, maquinaria retroexcavadora, tractor, volquetas, cargadora,	bitácora e imágenes de avance, acta de finalización de obra	
	<b>6</b>	<b>adquisición de equipo de bombeo</b>	Recurso humano y Materiales	facturas y órdenes de compra	
	<b>7</b>	<b>construcción de red hídrica, sistema de riego de áreas verdes e instalaciones eléctricas</b>	Recurso humano Materiales y equipo de construcción	bitácora e imágenes de avance, acta de finalización de obra	

	<b>1.2</b>	hacer el presupuesto de materiales, equipo y mano de obra del proyecto	Recurso humano, equipo de cómputo, y materiales de oficina	L0.00	Información actualizada del Instituto Hondureño de Transporte Terrestre. -Unidades con permiso de operación. -Fondos disponibles
	<b>1.3</b>	aprobación de permisos y licencias	Recurso humano, equipo de cómputo, y materiales de oficina	L0,000.00	que el Hospital Militar disponga de presupuesto y apruebe las inversiones para garantizar el agua suficiente en cantidad y calidad
	<b>1.4</b>	Aprobación de presupuesto	Recurso humano, equipo de cómputo, y materiales de oficina	L0.00	
	<b>2.1</b>	<b>hacer proceso de compra del</b> Sistema de Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales	Recurso humano, equipo de cómputo, y materiales de oficina	L 521,600.00	que el Hospital Militar disponga de presupuesto y programe y apruebe las inversiones para garantizar el agua suficiente en cantidad y calidad para su operación normal
	<b>2.2</b>	<b>Hacer recepción de materiales</b>	Recurso humano, equipo de cómputo, y materiales de oficina	L0.00	

3	Elaborar el cálculo del costo de energía para respaldo del funcionamiento del Sistema de tratamiento avanzado propuesto	Recurso humano, equipo de cómputo, y materiales de oficina	L 28,511.00	que el Hospital Militar disponga de presupuesto y programe y apruebe las inversiones para garantizar el agua suficiente en cantidad y calidad para su operación normal
14.2	Compra de otros materiales para aseo, desinfección y bioseguridad		L 29,783.28	que el Hospital Militar disponga de presupuesto y programe y apruebe las inversiones para garantizar el agua suficiente en cantidad y calidad para su operación normal
5.1	Compra de insumos repuestos para el mantenimiento Anual		L 142,934.00	que el Hospital Militar disponga de presupuesto y programe y apruebe las inversiones para garantizar el agua suficiente en cantidad y calidad para su operación normal
5.1	<b>recepción de equipo de bombeo</b>	Recurso humano y materiales		
6.0	<b>construcción de red hídrica para riego instalaciones eléctricas</b>	Recurso humano Materiales y equipo de construcción	L 606,606.30	que el Hospital Militar disponga de presupuesto y programe y apruebe las inversiones para garantizar el agua suficiente

					en cantidad y calidad para su operación normal
<b>Total</b>				<b>L1,329,434.58</b>	
<p>-Estudio de factibilidad de la adquisición e instalación de sistema de tratamiento avanzado para reutilizar aguas residuales y la recomendación a futuro de construcción de cuatro cisternas con capacidad de un volumen total de 200 mil galones, para mitigar los escasos de agua en el Hospital Militar.</p> <p>-El proyecto se encuentra contemplado en el Plan Operativo Anual, en el Departamento de Logística y Proyectos, como una de las prioridades a cumplir en el corto plazo en razón que el verano ya está presente.</p> <p>-Se cuenta con los predios ya identificados la socialización y el personal que hará los estudios requeridos</p>					

*Fuente: Elaboración Propia*

### **8.9.3 Propuesta de Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales**

#### **8.9.3.1 Tratamiento Avanzado Posterior**

Con el fin de reutilizar las aguas residuales tratadas y regeneradas, se realizará una propuesta viable de un tratamiento avanzado que sea capaz de producir agua tratada segura para uso de riego, que cumpla la norma nacional para dicho uso. Esta propuesta debe incluir el diseño y presupuesto de ejecución y sostenimiento a largo plazo.

#### **8.9.3.2 Construcción de un Tanque Cisterna para Almacenamiento de Agua Tratada**

Se recomienda posterior a la ejecución de este proyecto la construcción de tanque cisterna con dimensiones de ocho por diez por tres metros (8x10x3), con una capacidad de almacenamiento superior a los 200 metros cúbicos, debido a que es recomendable que el agua ya desinfectada sea almacenada en un tanque para que repose por lo menos de 30 minutos a dos horas antes de ser distribuida, Además, servirá para mantener reserva de agua tratada para disponer de la misma en el momento adecuado.

### **8.9.3.3 Sistema de riego**

Definir y diseñar un sistema de riego conveniente y factible de acuerdo a las características de la topografía del terreno, con su respectivo presupuesto así mismo la instalación de la red de distribución de agua tratada.

### **8.9.3.4 Tanque cisterna de almacenamiento de agua tratada.**

Con el fin de no se incremente el presupuesto de este proyecto de reutilización de aguas residuales para uso de riego se incluye la construcción de tanque cisterna de almacenamiento de agua tratada **como una propuesta a futuro**, debido a que su construcción no es muy importante si el agua se utiliza exclusivamente para riego, en cambio si la institución en mención decide reutilizar el agua residual tratada en otras actividades distintas al planteado en este propuesta, es recomendable que el agua ya desinfectada sea almacenada en un tanque y que repose por lo menos de 30 minutos a dos horas antes de ser distribuida, para garantizar la efectividad del desinfectante, por tal razón se deja planteado como un valor agregado ver diseño y presupuesto en anexo.

### **8.9.3.5 Programa de Mantenimiento preventivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.**

El presente programa de mantenimiento tiene como propósito aumentar la fiabilidad y sostenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)) del Hospital Militar con el fin de reducir las fallas, aumentar la duración y eficacia de la misma, es este sentido es conveniente desde el punto de vista estratégico, dejar plasmado sus requerimiento en cuanto al mantenimiento que garanticen su preservación en el tiempo por medio de la planificación

del mantenimiento de acuerdo a las necesidades y obligaciones con la normativa nacional vigente.

La administración de los recursos disponibles ya sean estos tecnológicos, humanos o financieros, la ejecución de los trabajos y tareas constantes, puntuales y periódicas que eviten el deterioro del sistema de tratamiento y sostengan la operatividad continua, y control y seguimiento por monitorio diario según bitácora de los parámetros importantes, como control de calidad exámenes y análisis trimestrales de muestras de agua entrada y salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). A continuación, se describen las especificaciones requeridas para efectuar el programa de mantenimiento.

**Tabla 31.**

*Programa de mantenimiento*

<b>Unidad</b>	<b>Hospital Militar</b>	
<b>cantidad</b>	<b>una (01) planta de 100m<sup>3</sup>/día</b>	
<b>Especificaciones</b>	<b>para mantenimiento preventivo</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.)</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Mantenimiento y operación</b>	
<b>mantenimiento Preventivo</b>		<b>El Mantenimiento Preventivo.</b>
		<b>Pre tratamiento.</b>
		Limpieza, separación de desechos sólidos en trampas y regias, pozos de bombeo y compensación
		<b>Tratamiento biológico.</b>
		2 Pila de aireación, (aireadores y bombas de recirculación operativas)
		<b>Tratamiento físico químico</b>

<b>Unidad</b>	<b>Hospital Militar</b>	
<b>cantidad</b>	<b>una (01) planta de 100m3/día</b>	
<b>Especificaciones</b>	<b>para mantenimiento preventivo</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.)</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Mantenimiento y operación</b>	
		<b>intervenciones diarias:</b>
	3	Colocación de cloro en pastillas, en la salida caudal (las pastillas serán proporcionado por el Hospital Militar)
	4	Inspección general de todos los componentes del sistema.
		Verificar funcionamiento de bombas y aireadores.
		Remoción de sólidos suspendidos , natas, grasas
		Tomar lecturas de caudal de salida.
		Prueba de Potencial de Hidrógeno (PH), cloro residual.
		Tomas de lectura de parámetros eléctricos de los equipos de bombeo y aireación.
		Verificar el desinfecte (cloro) en la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)
		Hacer la debida evacuación de residuos, en el lugar que el hospital designe.
		Llenar bitácora
	Remover la arena que se retiene en los desarenadores y hacerles mantenimiento general.	
		<b>intervenciones Semanal:</b>
		Remover las natas, espumas, grasas y aceites que se acumulen en la parte superior del tanque de aireación y clarificador secundarios, utilizando un cedazo o recipiente para este fin. Estos materiales deben almacenarse y disponerse adecuadamente para evitar los malos olores producto de su descomposición. El hospital seleccionará el lugar donde se colocarán estos residuos.
5	limpieza de medidor de caudal de salida,	
	Remoción de sólidos y sedimentos de bandeja y canales clarificadores y descarga.	
	Lavado de filtros de rejillas de entrada.	
	Remoción de arena El hospital seleccionará el lugar donde se colocaran la arena removida	
	Toma de muestras de laboratorio	
	Limpieza de perímetro	
	<b>intervenciones bimensual:</b>	
6	Lavado de pilas, lecho de sedimentos, rejillas, tuberías y canales con agua limpia.	

<b>Unidad</b>	<b>Hospital Militar</b>	
<b>cantidad</b>	<b>una (01) planta de 100m3/día</b>	
<b>Especificaciones</b>	<b>para mantenimiento preventivo</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.)</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Mantenimiento y operación</b>	
	7	<b>intervenciones bimensual:</b>
		Limpieza y remoción de sólidos en rejillas de entrada. El hospital seleccionará el lugar donde se colocaran la los residuos removidos
		Levantar bombas para revisión y limpieza de sólidos
	8	<b>intervenciones trimestrales:</b>
		Informe por escrito de situaciones relevantes durante el trimestre.
		Toma de muestras para análisis de laboratorio
		Realizar el lavado con agua limpia en los filtros de rejillas y medidores de caudal.
	9	<b>intervenciones semestrales:</b>
		Realizar la evacuación de lodos del clarificador secundario
		Levantamiento de aireadores para chequeo y limpieza.
	10	<b>intervenciones anuales:</b>
		Limpieza de pilas de lodos, compensación, succión, aireación, circulación de lodos.
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		<b>Mantenimiento y de monitoreo</b>
	1	Monitoreo constante de las condiciones bacteriológicas de la P.T.A.R., físico y químico de las aguas.
	1	Monitoreo y abastecimiento del químico según especificaciones (pastillas de tricloro) producto que va ser dado por el Hospital Militar.
	2	La empresa llevará una bitácora donde registrará diariamente todos los parámetros y actividades de mantenimiento efectuadas, las cuales serán revisadas en todo momento por el departamento de logística, teniendo que entregar un reporte semanal.
	<b>Descripción de tareas y actividades que se deben ejecutar de acuerdo a la prioridad y necesidad para la operatividad correcta de la P.T.A.R.</b>	
<b>Mantenimiento Preventivo</b>	3	Limpieza general del perímetro (basura), dos metros como mínimo de las paredes exteriores de la planta
	4	Limpieza de tubería de descarga.
	15	Limpieza y mantenimiento de medidor de caudal de salida.
El hospital seleccionará el lugar donde se colocarán estos residuos		

<b>Unidad</b>	<b>Hospital Militar</b>	
<b>cantidad</b>	<b>una (01) planta de 100m3/día</b>	
<b>Especificaciones</b>	<b>para mantenimiento preventivo</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.)</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Mantenimiento y operación</b>	
	6	Chequeo y mantenimiento preventivo de bombas de aguas residuales ubicadas en las pilas de circulación, pilas de compensación, pilas de lodos, pilas de bombeo y pilas de recirculación; Consistente en lo siguiente: limpieza, remoción de sedimentos, revisión eléctrica (voltaje y amperaje), entre otras que especifique el fabricante, afín de garantizar el buen funcionamiento de la misma.
	7	Chequeo y mantenimiento preventivo del tablero eléctrico automático, revisión de interruptores térmicos, contactores, bobinas, temporizadores, relé, contactos del cableado, fijación de bornes, limpieza de polvo y de insectos.
	18	Mantenimiento preventivo de un aireador agitador de lodos, que consiste en lo siguiente: limpieza, remoción de sedimentos, revisión eléctrica (voltaje y amperaje), otras que especifique el fabricante afín de garantizar el buen funcionamiento de la misma.
		<b>Mantenimiento correctivo:</b>
		El mantenimiento correctivo podrá ejecutarse interna o externamente.
		Se entiende por mantenimiento correctivo lo siguiente:
<b>Mantenimiento correctivo</b>	19	Reparaciones menores de tubería y accesorios de PVC
	20	Reparación de bombas y motores
		Rebobinado del motor.
		Cambio de partes de las bombas y motores.
		Sustitución de aceite dieléctrico.
		Sustitución de impulsores,
		Cambio de balineras y sellos mecánicos.
		Rectificación de bujes y ejes.
		Daños de la infraestructura como ser:
		Reparación de fractura de estructura de concreto o metálicas.
		Sustitución de partes por exceso de corrosión.
	Reparación de daños de paredes, (repello, pulido, aplicación de pintura, etc.)	
El mismo se efectuará de acuerdo a la urgencia y prioridad y el hospital a través de la sección de mantenimiento y logística podrá realizar cotizaciones con proveedores, para la reparación inmediata.		
		<b>Suministros que El hospital proporcionará:</b>
21	Cloro en tableta.	

<b>Unidad</b>	<b>Hospital Militar</b>
<b>cantidad</b>	<b>una (01) planta de 100m3/día</b>
<b>Especificaciones</b>	<b>para mantenimiento preventivo</b>
<b>Descripción</b>	<b>Planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.)</b>
<b>Categoría</b>	<b>Mantenimiento y operación</b>
<b>Materiales que proporcionará el Hospital Militar</b>	Detergente
	Cloro líquido.
	Cal
	Costo de análisis de laboratorio.
	Envase para muestras.
	Accesorios de fontanería en caso de requerir cambio y reparación.
	<b>Accesorios de electricidad en caso de requerir cambio.</b>
	Interruptores eléctricos.
	Contactores.
	Protectores de fase.
	Relé.
	Bobinas.
	Conectores y bornes.
	Cable eléctrico.
	Tomacorrientes.
	Enchufes.
	Fajitas plásticas.
	Hojas para bitácora
	<b>Equipo y materiales de limpieza:</b>
	Bolsas plásticas.
	Escobas
	Cepillos de cerda plástica.
	Balde plástico
	Pailas plásticas.
	Toma de muestra para Examen de monitoreo trimestral de parámetros físicos químicos y biológicos en laboratorios externos (El frasco de muestra, el acarreo y costo del examen, lo proporciona el Hospital)
	<b>Equipo de bioseguridad para operadores:</b>
	Traje impermeable.
	Guantes desechables.

<b>Unidad</b>	<b>Hospital Militar</b>	
<b>cantidad</b>	<b>una (01) planta de 100m3/día</b>	
<b>Especificaciones</b>	<b>para mantenimiento preventivo</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.)</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Mantenimiento y operación</b>	
		Máscaras.
		Gafas.
		Recursos de análisis de prueba calidad
		Proporcionará costo de análisis de exámenes de laboratorio
		Reactivo para pruebas
<b>Materiales que proporcionará el Hospital Militar</b>		<b>Otras herramientas y equipos</b>
<b>LL</b>	22	<b>Kit de herramientas y de fontanería:</b>
		Guantes de hule
		Machetes
		Mangueras.
		Palas
		Tenaza para electricidad
		Llaves Allen
		Llaves corona
		Destornilladores planos y phillips
		Brochas de limpieza
		Rastrillos.
		Caja de herramientas.
		Llaves de tubo.
		Llaves ajustables.
		<b>Equipo y materiales de limpieza:</b>
		Probador de voltaje y corriente.
		Kit completo de análisis de agua
		<b>Equipo de bioseguridad para operadores:</b>
		Gafas.
		Overoles.
		Botas de hule.
		Cascos.
<b>monitoreo y medición de parámetros en el sitio como ser:</b>		

<b>Unidad</b>	<b>Hospital Militar</b>	
<b>cantidad</b>	<b>una (01) planta de 100m3/día</b>	
<b>Especificaciones</b>	<b>para mantenimiento preventivo</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.)</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Mantenimiento y operación</b>	
		Calidad de agua e entrada
		Calidad de agua de salida
		Caudal de salida
		Cloro residual.
		Potencial de Hidrógeno (PH).
<p>El Hospital Militar deberá asignar el recurso humano y logístico requerido o en su defecto podrá contratar un proveedor externo que ejecute todas las tareas y de este programa, con el fin de garantizar su sostenibilidad</p>		

*Fuente: creación propia*

#### **8.9.3.6. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo se trata de un conjunto de tareas técnicas, destinadas a corregir las fallas del equipo, maquinaria e instalaciones de infraestructura que presenten la necesidad de reparación o reemplazo.

Este tipo de **mantenimiento** corrige las fallas para volver a su función inicial el equipo y maquinaria. Cabe mencionar que este tipo de mantenimiento en un porcentaje significativo de estas fallas puede evitarse si se aplican estrictos **planes de mantenimiento preventivo, el resto de las fallas no** depende de los planes de mantenimiento y por consiguiente no es fácil predecir, el error ocurre sin previo aviso, aunque el personal con experiencia en algunos casos puede predecir el fallo y programa la corrección o reemplazo, por esta razón es conveniente contar con personal calificado para evitar paros prolongados en los procesos de tratamiento en este caso particular.

Además otra limitante que enfrenta el mantenimiento correctivo es la disponibilidad de

repuestos, por lo cual es recomendable contar con inventario de las partes y componentes por cada equipo y maquinaria disponible, una estrategia que se aplica en los procesos continuos e ininterrumpidos como es el caso de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, es contar con equipo disponible de reemplazo de tal forma que al dañarse se pueda reemplazar de inmediato y no esperar a que se repare y se detenga el proceso. La posibilidad de que no haya piezas de repuesto en existencia es alta.

#### **8.9.3.7 Proceso para efectuar mantenimiento correctivo con un proveedor externo**

Para realizar el proceso de mantenimiento correctivo, el hospital referencia ha establecido una serie de pasos con el fin de justificar el gasto y garantizar la calidad y garantía del trabajo, este proceso inicia:


#### **8.9.3.8 Inicio del proceso**

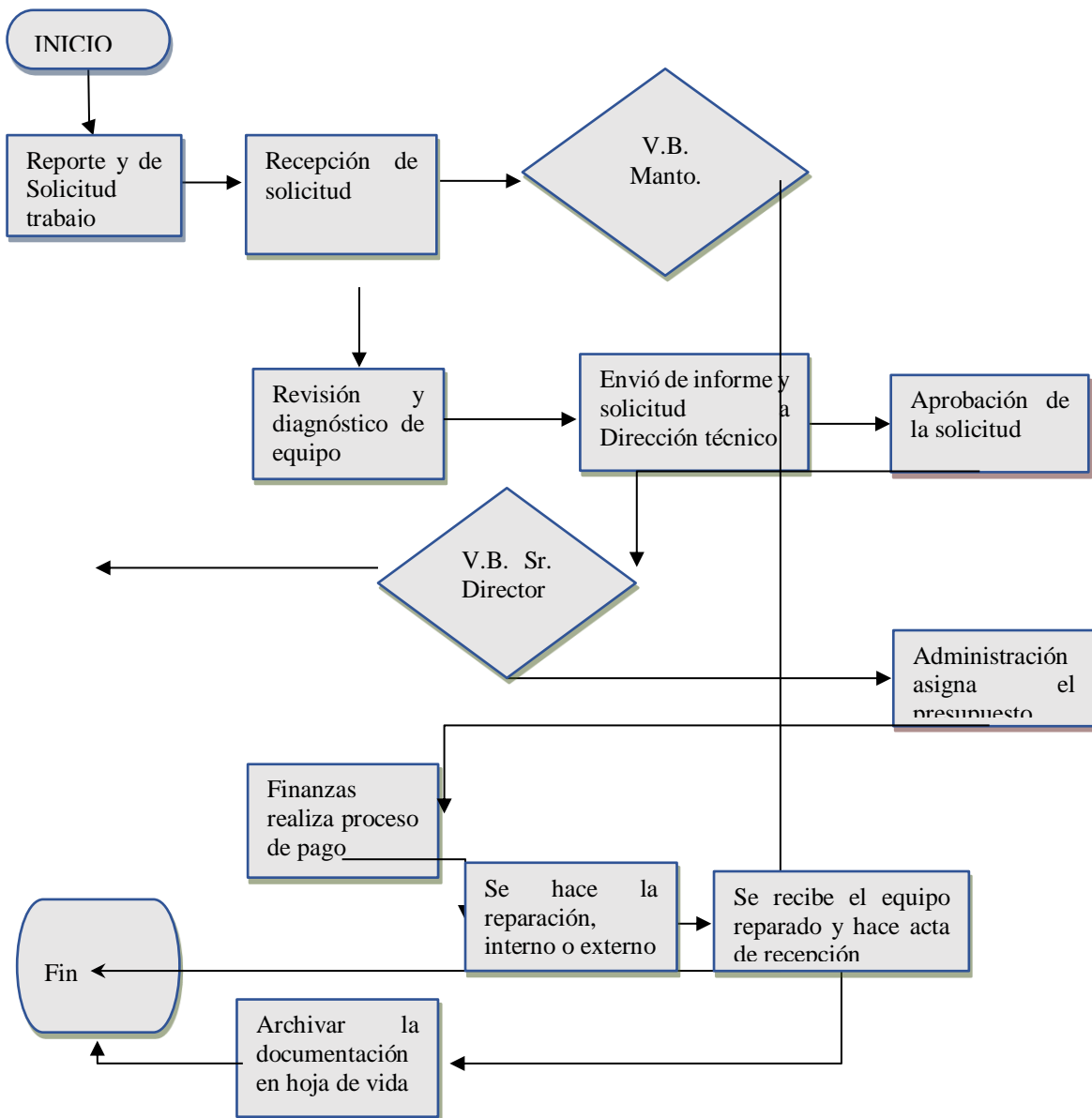
- Reporte y solicitud de trabajo de mantenimiento correctivo, aquí se debe describir el tipo de falla, la marca del equipo, en modelo, la ubicación del equipo.
- El departamento de logística recibe la solicitud de mantenimiento correctivo.
- Se aprueba o rechaza el mantenimiento correctivo.
- Una vez aprobado el mantenimiento correctivo, se procede a solicitar el diagnóstico del equipo dañado.
- El proveedor de servicios de mantenimiento externo envía el diagnóstico y el costo de la reparación, la cual sirve de base al departamento para hacer solicitud formal a la dirección del hospital.
- El director del hospital aprueba la solicitud.

- El departamento de administración aprueba presupuesto y notifica al proveedor de mantenimiento externo que inicie la reparación.
- El departamento de finanzas procede a elaborar el pago por concepto de mantenimiento correctivo
- Se hace la reparación y se recibe el equipo reparado con acta de recepción previo pruebas de funcionamiento.
- Con el acta de recepción a satisfacción se efectúa el pago al proveedor de servicios de mantenimiento correctivo.
- Se archiva información en la hoja de vida del equipo y en archivo de contabilidad.
- Fin del proceso

**Figura 14.**

*Diagrama de proceso para efectuar mantenimiento correctivo con un proveedor externo*

	<b>Diagrama de Mantenimiento Correctivo</b>	<b>Código Manto-01</b>
	Mantenimiento Correctivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR))	Hoja --



## CONCLUSIONES

1. La evaluación del suministro de agua potable y tratamiento actual de aguas residuales en el Hospital Militar, reveló limitaciones significativas en capacidad, eficiencia y tecnología, que afectan la sostenibilidad y autonomía del recurso hídrico. El suministro de agua potable existente no satisface la demanda actual y su déficit lo tiene que cubrir a través de la compra de agua, incrementando el presupuesto de operación, por su parte el tratamiento de las aguas residuales aún no cumple con los estándares y la normativa ambiental vigente para iniciar un proceso de aprovechamiento de este recurso, para su reutilización en riego de jardines y áreas verdes y en otras actividades que no requieran el uso de agua potable.
2. El estudio técnico demostró que es factible el proyecto propuesto de mejorar la calidad de agua para su aprovechamiento en riego, sin embargo y a pesar que el estudio financiero no refleja una utilidad a corto plazo por tratarse de una inversión ambiental, podemos concluir esta propuesta merece su implementación, pues los beneficios se verán en el mediano y largo plazo en términos de reducción de costos operativos y de un impacto positivo en el medio ambiente que rodea las instalaciones del Hospital militar, convirtiéndose en una institución pionera en esta materia.
3. El estudio de impacto ambiental indica que el proyecto de reutilización de aguas residuales tendrá un efecto positivo significativo sobre el medio ambiente local, reduciendo la extracción de agua de fuentes naturales y disminuyendo la contaminación por descargas de aguas no tratadas, asimismo se brinda una oportunidad para no usar el agua potable para riego, permitiendo su uso en otras actividades vitales en el hospital Milita

4. La identificación de riesgos mostró que, aunque el proyecto es en general seguro, existen riesgos operacionales y técnicos que deben ser gestionados adecuadamente para garantizar la seguridad de las instalaciones y la salud de los usuarios del hospital, estos riesgos pueden ser enfrentados y anulados con la inversión de recursos y tecnología disponible.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda actualizar y expandir las instalaciones y equipos del sistema de tratamiento de aguas residuales, incorporando tecnologías avanzadas como la filtración, la desinfección ultravioleta y la ósmosis inversa, para aumentar la capacidad y la eficiencia del tratamiento y permitir la reutilización segura del agua para propósitos no potables.
2. fomentar la inversión en el sistema de reutilización de aguas residuales a través de la búsqueda de financiamiento externo, como subvenciones y créditos con condiciones favorables, y considerar alianzas público-privadas para compartir los costos y riesgos del proyecto.
3. Implementar un programa de monitoreo ambiental continuo para evaluar el rendimiento del sistema de reutilización y asegurar que se cumplen los objetivos de sostenibilidad. Este programa debe incluir la medición regular de parámetros como la calidad del agua regenerada y el efecto sobre la flora y fauna locales.
4. Desarrollar e implementar un plan de gestión de riesgos que incluya estrategias de mitigación, procedimientos de emergencia y capacitación continua del personal involucrado en la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales. Esto asegurará que cualquier incidente pueda ser manejado eficazmente sin afectar la seguridad del hospital o el bienestar de los pacientes y empleados.

## **Bibliografía**

ACNUR. (17 de marzo de 2019). *acnur.org*. Obtenido de acnur.org:

<https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

agua honduras.gob.hn. (1 de febrero de 2017). *agua honduras.gob.hn*. Obtenido de

aguadehonduras.gob.hn: <https://www.aguadehonduras.gob.hn>

Alfranca Burriel, Ò. (4 de marzo de 2004). *upcommons.upc.edu*. Obtenido de

upcommons.upc.edu: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/94371>

ambientales, r. d. (1 de enero de 2021). *revistas.una.ac.cr*. Obtenido de revistas.una.ac.cr:

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/14821>

AMÓRTEGUI, L. A. (1 de marzo de 2004). *upcommons.upc.edu*. Obtenido de

upcommons.upc.edu:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94371/00PORTADA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Axis Ima. (14 de marzo de 2019). *axisima.com*. Obtenido de axisima.com:

<http://axisima.com/tratamientos-primario-secundario-y-terciario-en-la-depuracion-de-agua-residual/>

CONASA. (DICIEMBRE de 2016). *Segundo Informe de Monitoreo de los Avances de*

*Pais en Agua Potable y Saneamiento MAPAS II Honduras*. Obtenido de

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fconasa.hn%2Ffiles%2F24%2FInformes-de-Monitoreo%2F4%2FInforme-MAPAS-II-Honduras.pdf&psig=AOvVaw3YLuu30xQ7PO-->

noWILqtj&ust=1740518573839000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAQQn5wMahcKEwjA5v-Ln92LxUA

El Ágora. (6 de septiembre de 2019). *El Ágora Diario del Agua* . Recuperado el 19 de abril de 2023, de <https://www.elagoradiario.com/agua/honduras-declara-emergencia-agua/>

ersaps.gob.hn. (25 de 04 de 2003). *ersaps.gob.hn*. Obtenido de ersaps.gob.hn: [www.ersaps.gob.hn/nr/ronlyres](http://www.ersaps.gob.hn/nr/ronlyres)

IPCC, I. d. (2021). *Sexto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático*.

Ley general del ambiente decreto no. 104 . (1993). Honduras: Diario Oficial La Gaceta.

library.pppknowledgelab.org. (1 de julio de 2021). *library.pppknowledgelab.org*. Obtenido de library.pppknowledgelab.org: <https://library.pppknowledgelab.org/documents/1315/download>

Naciones Unidas. (2014). *Plan de Acción Nacional de la Lucha Contra la Desertificación y la Sequía (PAN LCD)* . PNUD.

Naciones Unidas. (16 de febrero de 2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. Paris. Obtenido de reliefweb.int: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/367304spa.pdf>

Norma técnica nacional para la calidad de agua potable. (4 de octubre de 1995). *aguasdesiguapeque.com*. Obtenido de [aguasdesiguapeque.com](http://aguasdesiguapeque.com):

<http://www.aguasdesiguatetepeque.com/imagenes/Archivos%20PDF/Norma%20Tecnica%20calidad%20del%20agua%20potable.pdf>

Padilla, R. (1 de enero de 2021). *Revista de ciencias ambientales*. Obtenido de [revistas.una.ac.cr](http://revistas.una.ac.cr):

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/14821>

retchn. (1 de septiembre de 2009). *retchn.org*. Obtenido de [retchn.org](http://retchn.org):

<http://retchn.org/Publicaciones/Reglamentos/Reglamento%20de%20Aguas%20Residuales.pdf>

Rodriguez, D. (18 de 01 de 2020). *De residuo a Recurso*. Obtenido de [openknowledge.worldbank.org](http://openknowledge.worldbank.org):

<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33436/146823SP.pdf>

Rodriguez, G. O. (2021). Escasez de agua en Tegucigalpa, Honduras: ¿Está siendo afectada la subcuenca Guacerique por la variabilidad climática y el arrastre de sedimentos? *Revista de Ciencias Ambientales*, 55. Obtenido de

[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2215-38962021000100118](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-38962021000100118)

Sampieri. (2014). *Metodologia de Investigacion* .

SICA. (29 de noviembre de 2013). *SICA*. Obtenido de

<https://www.sica.int/consulta/noticia.aspx?idn=82326&idm=1>

UNESCO. (17 de marzo de 2019). *acnur.org*. Obtenido de *acnur.org*:

<https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

UNESCO. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*.

UNICEF-HONDURAS. (2016). *El Cambio climático en Honduras*.

Urbina, G. B. (2013). *EVALUACIÓN DE PROYECTOS Séptima edición*. Prolongación

Paseo de la Reforma Colonia Desarrollo Santa Fe, Delegación Álvaro

Obregón, C.P. 01376, México, D. F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA

EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de

[https://www.academia.edu/39204599/Evaluacion\\_de\\_Proyectos\\_7ma\\_Ed\\_Gabriel\\_Baca\\_Urbina](https://www.academia.edu/39204599/Evaluacion_de_Proyectos_7ma_Ed_Gabriel_Baca_Urbina)

wearewater.org. (15 de enero de 2010). *wearewater.org*. Obtenido de *wearewater.org*:

<http://www.wearewater.org>

wearewater.org. (15 de enero de 2017). *wearewater.org*. Obtenido de *wearewater.org*:

[https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia\\_281141](https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia_281141)



## **ANEXOS**

### **Primer Cuestionario de preguntas y respuestas sobre Gestión de Agua potable en el Hospital Militar.**

1. ¿Cuál es el consumo promedio diario de agua en el Hospital Militar?
  2. ¿Cuáles son las fuentes que abastecen de agua al Hospital Militar?
  3. ¿Cuál es la capacidad instalada de almacenamiento de agua del Hospital Militar?
  4. ¿La capacidad instalada para almacenamiento de agua garantiza el funcionamiento
- funcionamiento
5. ¿Cómo compensa el déficit cuando hay suspensión del suministro de agua potable?
  6. ¿Podría mencionar cuales son las causas del desabastecimiento de agua?
  7. ¿Cuáles son los periodos de año más críticos de suministro de agua?
  8. ¿Conoce el costo de la adquisición de agua para cubrir el déficit?

## **Segundo Cuestionario de preguntas y respuestas sobre Gestión de Agua**

### **Residual en el Hospital Militar.**

#### **Agua residual**

1. ¿Cómo se gestiona el agua residual en el Hospital Militar?
2. ¿Cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR))?
3. ¿Qué tipo de planta brinda el tratamiento a las aguas residuales en el Hospital Militar?
4. ¿Cuenta con personal y repuestos para el mantenimiento y sostenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)?
5. ¿Cuenta con presupuesto asignado para la sostenibilidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)?
6. ¿Cuál es el instrumento o herramientas usados para monitorear el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)?
7. ¿La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) cumple los parámetros según la norma vigente nacional?
8. ¿Ha considerado reutilizar las aguas residuales tratadas y regeneradas?
9. ¿En que utilizaría las aguas residuales tratadas y regeneradas?
10. ¿Cuáles serían las motivaciones para reutilizar agua residual?