



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Energía y Ambiente

**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
DEL IGSS HOSPITAL DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ**

Ing. Luis Camilo García Orellana

Asesorado por el MSc. Ing. Norman Leonel Siguí Gil

Guatemala, noviembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
DEL IGSS HOSPITAL DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. LUIS CAMILO GARCÍA ORELLANA

ASESORADO POR EL MSC. ING. NORMAN LEONEL SIGUÍ GIL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Marvin Eduardo Mérida Cano
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL IGSS HOSPITAL DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado de Ingeniería, con fecha 15 enero de 2019.

Ing. Luis Camilo García Orellana

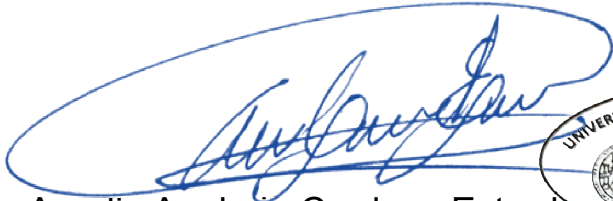


Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.735.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL IGSS HOSPITAL DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por: **Luis Camilo García Orellana**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Energía y ambiente después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabeia Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, noviembre de 2022

LNG.EEP.OI.735.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL IGSS HOSPITAL DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ”

presentado por **Luis Camilo García Orellana** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Energía y ambiente**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





ESCUELA DE ESTUDIOS DE
POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 20 de mayo de 2022

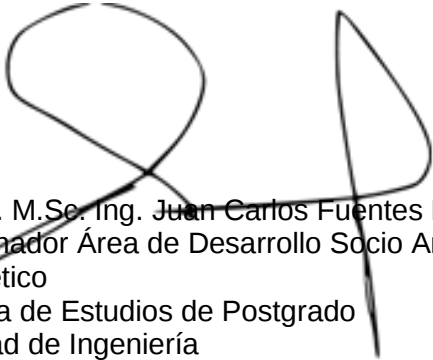
M.Sc. Ing. Edgar Álvarez Cotí
Director, Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Por este medio informo a usted, que se ha revisado y APROBADO el siguiente INFORME FINAL DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN del alumno:

Carné: 200516227
Alumno: Luis Camilo García Orellana
Maestría: Energía y Ambiente
Título de la
Investigación: CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL IGSS HOSPITAL DE PATULUL SUCHITEPEQUEZ

En este sentido, extendiendo el Visto Bueno correspondiente, para el cumplimiento de requisitos de la Escuela de Estudios de Postgrado, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sin otro particular


Vo. Bo. M.Sc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador Área de Desarrollo Socio Ambiental y
Energético
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala, 20 de mayo de 2022.

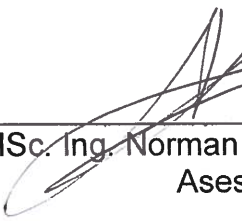
MSc. Ing Edgar Álvarez Cotí
Director, Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Por este medio informo a usted, que, como ASESOR, he revisado y aprobado la siguiente **TÉSIS DE GRADUACIÓN** del alumno:

Carné:	200516227
Alumno:	Luis Camilo García Orellana
Maestría:	Energía y Ambiente
Título de la	Caracterización y propuesta de tratamiento de las
Investigación:	aguas residuales del IGSS Hospital de Patulul, Suchitepéquez.

En este sentido, extendiendo el Visto Bueno, para el cumplimiento de requisitos de la Escuela de Estudios de Postgrado, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Asimismo, se hace constar que el estudiante cumplió con el pago de los honorarios profesionales de asesoría de dicha tesis de graduación.

Sin otro particular,


MSc. Ing. Norman Siguí Gil
Ingeniero Sanitarista
Col. 11524

MSc. Ing. Norman Leonel Siguí Gil
Asesor

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida, proveerme salud y permitirme cumplir cada una de mis metas.
Mi esposa	Mayra Figueroa por ser el complemento que Dios me ha dado. Gracias por lo que hemos vivido y lo mucho que nos falta por vivir.
Mis hijos	Javier y Camila García, por su amor constante que es motivo de superación en mi vida. Los sueños se construyen con ayuda de Dios, fe, disciplina, perseverancia y dominio propio.
Mis padres	José Antonio García Barrios y Mirtza Yolanda Orellana Marroquín de García, por su esfuerzo, amor, tiempo y dedicación constante que han formado a la persona que soy.
Familia en general	Por compartir juntos en los momentos de alegría y tristeza.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y forjar profesionales al servicio de la población guatemalteca.
Facultad de Ingeniería	Por seguirme preparando académicamente y compartir el conocimiento.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por instruirme y adquirir habilidades para la solución de problemas relacionados a la maestría.
Hospital	Por el apoyo brindado y la oportunidad de contribuir en la salud ambiental del Instituto.
Asesor	MSc. Ing. Norman Leonel Siguí Gil, por su amistad, apoyo y formación en el tema.
Catedráticos	Por compartir conocimientos, ideas y experiencias que enriquecen los temas impartidos.
Mis compañeros	Por su amistad, confianza y trabajo en equipo.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXVII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Conceptos generales.....	1
1.1.1. Nivel hospitalario en Guatemala	1
1.1.1.1. Primer nivel.....	1
1.1.1.2. Segundo nivel	3
1.1.1.3. Tercer nivel	5
1.1.1.4. Cuarto nivel.....	6
1.1.2. Ordenamiento territorial	7
1.1.2.1. Red municipal de servicios de salud.....	8
1.1.2.2. Red departamental de servicios de salud	11
1.1.2.3. Red regional de servicios de salud	12
1.1.2.4. Red nacional de servicios de salud	12
1.1.3. Categorización o niveles de atención del IGSS	13
1.2. Agua potable en hospitales	14
1.2.1. Aqua potable.....	14

1.2.2.	Áreas de consumo de agua potable	16
1.3.	Tipos de aguas residuales	17
1.3.1.	Aguas residuales domésticas	17
1.3.2.	Aguas residuales industriales	18
1.3.3.	Aguas residuales hospitalarias	19
1.4.	Aguas residuales hospitalarias	19
1.4.1.	Productos para desinfección en hospitales	19
1.4.1.1.	Químicos de limpieza	20
1.4.1.2.	Agentes de contraste	23
1.4.2.	Fuentes de generación	25
1.4.2.1.	Áreas hospitalarias	25
1.4.2.2.	Lavandería	26
1.4.2.3.	Servicios sanitarios	28
1.4.3.	Características de las aguas residuales	28
1.4.3.1.	Características físicas	29
1.4.3.2.	Características químicas	31
1.4.3.3.	Biológicas	36
1.5.	Normativos y reglamentos	37
1.5.1.	Normativa nacional	37
1.6.	Características de una PTAR	39
1.6.1.	Parámetros del agua residual	39
1.6.2.	Etapas de una PTAR	41
1.6.2.1.	Pretratamiento	41
1.6.2.2.	Tratamiento primario	42
1.6.2.3.	Tratamiento secundario	43
1.6.2.4.	Tratamiento terciario	45

2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
2.1.	Generalidades del hospital	47
2.1.1.	Ubicación del hospital.....	47
2.1.2.	Descripción del hospital.....	49
2.1.3.	Recurso humano	50
2.1.4.	Personas asistidas.....	51
2.1.5.	Consumo de agua potable.....	53
2.1.6.	Residuos sólidos hospitalarios.....	55
2.1.7.	Sistema de evacuación de aguas residuales.....	57
2.2.	Muestreo y descripción de los elementos utilizados en campo.....	58
2.2.1.	Instrumento de medición	58
2.2.2.	Toma de muestra.....	59
3.	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL Y SU PROPUESTA DE TRATAMIENTO.....	61
3.1.	Caracterización del agua potable	61
3.2.	Comparación de resultados del agua potable con la norma COGUANOR NTG 29001	62
3.3.	Caracterización del agua residual	64
3.3.1.	Caudal del agua residual	64
3.3.2.	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual	68
3.3.2.1.	Temperatura	70
3.3.2.2.	Carga contaminante	72
3.3.2.3.	Relación DQO / DBO ₅	73
3.3.3.	Metales pesados del agua residual	74
3.4.	Comparación de resultados del agua residual con el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006	74

3.4.1.	Modelo de reducción progresiva de cargas (MRPC)	75
3.4.2.	Parámetro de calidad asociado de DBO ₅	76
3.4.3.	Límites máximos permisibles de descarga de agua residual	77
3.4.4.	Relación DQO / DBO ₅	84
3.4.5.	Rangos de biodegradabilidad	84
3.5.	Cálculo de indicadores	85
3.5.1.	Indicadores de agua potable	85
3.5.2.	Indicadores del agua residual	91
3.5.3.	Indicadores de desechos bioinfecciosos	92
3.6.	Propuesta de la planta de tratamiento de agua residual	96
3.6.1.	Desinfección	97
3.6.2.	Dosificación	98
3.6.3.	Estimación de costos	98
4.	RESULTADOS	101
4.1.	Características del agua residual	101
4.2.	Propuesta de tratamiento de las aguas residuales	103
4.3.	Índices hospitalarios	105
4.4.	Características del agua potable	107
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	109
	CONCLUSIONES	115
	RECOMENDACIONES	117
	REFERENCIAS	119
	APÉNDICES	127
	ANEXOS	137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ordenamiento del territorio por sector.....	9
2.	Ordenamiento del territorio por municipio	11
3.	Estructura jurídica relacionada a las aguas residuales	39
4.	Ubicación del hospital	48
5.	Población atendida por municipio	49
6.	Recurso humano del hospital.....	50
7.	Personas asistidas en el hospital por año	51
8.	Pagos anuales en agua potable.....	54
9.	Consumo mensual de agua potable.....	54
10.	Producción anual de desechos bioinfecciosos.....	56
11.	Pagos anuales por extracción de desechos bioinfecciosos	57
12.	Ubicación del punto de muestreo dentro del hospital.....	60
13.	Hidrograma del análisis realizado en el mes de julio	65
14.	Hidrograma del análisis realizado en el mes de diciembre	66
15.	Hidrogramas.....	67
16.	Hidrograma promedio y servicios ambulatorios	67
17.	Temperaturas del análisis realizado en el mes de julio	70
18.	Temperaturas del análisis realizado en el mes de diciembre	71
19.	Temperatura promedio.....	72
20.	Parámetro de calidad asociado de DBO ₅	76
21.	Parámetro de temperatura	78
22.	Parámetro de grasas y aceites.....	78
23.	Parámetro de sólidos suspendidos	79

24.	Parámetro de nitrógeno total	79
25.	Parámetro de fósforo total	79
26.	Parámetro de pH.....	80
27.	Parámetro de coliformes fecales.....	80
28.	Parámetro de arsénico.....	80
29.	Parámetro de cadmio.....	81
30.	Parámetro cianuro total.....	81
31.	Parámetro de cobre	81
32.	Parámetro de cromo hexavalente	82
33.	Parámetro de mercurio	82
34.	Parámetro de níquel	82
35.	Parámetro de plomo	83
36.	Parámetro de zinc.....	83
37.	Parámetro de color	83
38.	Consumo de agua y sus costos mensuales.....	86
39.	Dotación de agua potable	88
40.	Producción de desechos y sus costos anuales	92
41.	Producción de desechos bioinfecciosos por persona	94
42.	Producción de desechos bioinfecciosos por cama	95
43.	Propuesta del sistema de desinfección.....	99
44.	Etapas cuatro del modelo de reducción progresiva de cargas	103
45.	Fases del sistema de desinfección	104
46.	Comparación de dotaciones experimentales por cama	105
47.	Hidrograma promedio	106
48.	Producción de desechos bioinfecciosos por cama y persona.....	107

TABLAS

I.	Nivel hospitalario en Guatemala	7
II.	Red de servicios de salud a nivel nacional.....	13
III.	Infraestructura hospitalaria del IGSS al 2017	14
IV.	Composición típica del agua residual doméstica bruta	18
V.	Tipo de agua y el grado de concentración de DBO ₅	35
VI.	Número de camas del hospital en el año 2021	52
VII.	Resultados de laboratorio del agua potable	61
VIII.	Características físicas y organolépticas	63
IX.	Características químicas y microbiológicas.....	63
X.	Resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.....	69
XI.	Resultados de los metales pesados del agua residual.....	74
XII.	Etapas de cumplimiento, Artículo 26 del A.G. No. 236-2006	75
XIII.	Límites máximos permisibles de descarga de agua residual al alcantarillado público, Artículo 28 del A.G. No. 236-2006	77
XIV.	Biodegradabilidad del agua residual	85
XV.	Matriz de consumo y pagos mensuales	86
XVI.	Dotación de agua por persona	87
XVII.	Dotación de agua por cama	88
XVIII.	Dotación experimental de otros hospitales.....	90
XIX.	Dotaciones teóricas.....	90
XX.	Producción de desechos bioinfecciosos al día.....	93
XXI.	Producción de desechos bioinfecciosos por persona	94
XXII.	Producción de desechos bioinfecciosos por cama.....	95
XXIII.	Dosis de cloro para desinfección normal de aguas residuales domésticas	98
XXIV.	Estimación económica de sistema de desinfección	100

XXV.	Parámetros fisicoquímicos del agua residual comparados con el A.G. No. 236-2006	101
XXVI.	Parámetros de metales pesados del agua residual comparados con el A.G. No. 236-2006	102
XXVII.	Parámetros microbiológicos del agua residual comparados con el A.G. No. 236-2006	102
XXVIII.	Características microbiológicas	108

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
kg/día	Kilogramos por día
l	Litros
l/s	Litros por segundos
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metros cúbicos
mg/l	Miligramos por litro
ml	Mililitros
NPM/100 ml	Número más probable en cien mililitros
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
Q	Quetzales
s	Segundos
u Pt-Co	Unidades Platino Cobalto

GLOSARIO

Agua potable	Es aquella que por sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no presenta un riesgo para la salud del consumidor.
Aguas residuales	Son aguas de cualquier tipo cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica.
Agua residual de tipo especial	Son las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, hospitalarios y otras que no sean de tipo ordinario.
Agua residual de tipo ordinario	Son las aguas residuales generadas por actividades domésticas.
Caracterización	Es la determinación de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.
Caudal	Es el volumen de agua por unidad de tiempo.
Consumo	Es la cantidad de agua utilizada para diferentes usos.

Desechos bioinfecciosos	Son aquellos que se generan dentro del hospital y que pueden contener agentes infecciosos, patológicos y que pueden ser punzocortantes.
Desinfección	Proceso por el cual se eliminan o desactivan los microorganismos patógenos presentes en el agua por diferentes medios.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)	Es la cantidad de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en la muestra en un periodo de cinco días y a una temperatura de veinte grados Celsius.
Demanda química de oxígeno (DQO)	Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.
Dilución	Proceso que consiste en agregar un volumen de agua con el propósito de disminuir la concentración en un afluente de aguas residuales.
Dotación	Es la cantidad de agua que se le asigna a cada habitante para satisfacer sus necesidades.

**Límite máximo
aceptable (LMA)**

Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

**Límite máximo
permisible (LMP)**

Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano.

Muestra simple

Es la muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales.

Muestra compuesta

Es aquella que está conformada por dos o más muestras simples que se toman en intervalos determinados de tiempo y que se adicionan para obtener un resultado de las características de las aguas residuales.

Parámetro

Es una variable que identifica una característica del agua residual.

STM

Standard Methods for the Examination of Water on Wastewater 23rd Edition 2017.

RESUMEN

El presente documento de investigación tiene por objeto conocer los principales parámetros de contaminación presentes en las aguas residuales del hospital en estudio, realizar una propuesta de tratamiento identificando los procesos idóneos para disminuir gradualmente las alteraciones a las que fueron sometidas las aguas después de ser utilizadas y por último determinar la relación entre el caudal que generó y número de camas en el hospital determinando este indicador sanitario.

Mejorar el medio ambiente e incrementar la calidad de la salud pública de la población deberá ser el motivo principal por el que las unidades hospitalarias cumplan con el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 actualmente vigente y sus reformas como el Acuerdo Gubernativo número 58-2019, ya que la calidad del agua antes, durante y después de utilizada es de suma importancia para su tratamiento.

Para poder desarrollar esta investigación se determinó un punto específico para la recolección de la muestra a analizar. El punto fue la última caja de registro (CR1) de la red antes de conectarse al colector o red municipal, en ella se extrajeron muestras y se realizaron las mediciones necesarias con un equipo automático ISCO GLS. La muestra que se obtuvo es de tipo compuesta con intervalo de tiempo de 5 minutos para las submuestras, cumpliendo con lo establecido en el acuerdo gubernativo.

Obtenidas las muestras se lleva a laboratorio cumpliendo con: el procedimiento de toma de muestras de agua residual (PRO19-MUE), medición de pH y temperatura del agua (INS03-MUE) y para la preservación de muestras (INS04-MUE). Los valores de la caracterización del agua tanto físicos, químicos y microbiológicos se establecen y se determinan los valores fuera de los límites máximos permisibles definiendo los parámetros para la metodología del tratamiento de las aguas, para la disminución de los contaminantes presentes, estableciendo el caudal, carga de DBO₅, relación de DBO₅/DQO y el número de camas de pacientes internados se establecen los indicadores sanitarios.

Se determinó que los resultados obtenidos y comparados con cada uno de los parámetros que establece el *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, se determinó el tipo de tratamiento, siendo este únicamente de desinfección ya que los parámetros de temperatura, pH, grasas y aceites, materia flotante, DBO₅, DQO, Sólidos suspendidos totales, Nitrógeno total, Fósforo total y color se encontraban por debajo del límite máximo permisible (LMP).

El Reglamento antes mencionado establece que las aguas residuales hospitalarias se definen como aguas residuales de tipo especial, por tal razón se analizaron los metales pesados presentes en las muestras determinado que el arsénico, cadmio, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo y zinc, están entre cuatro y diez veces su valor por debajo de lo normado.

Para los indicadores sanitarios se obtuvieron a partir de los datos de caudal de agua potable, agua residual y producción de desechos bioinfecciosos, relacionados con el número de personas y número de camas del hospital.

Dichos datos fueron calculados y se tiene que el hospital consume 260 litros/persona/día y 1957 litros/cama/día en agua potable, que la descarga de agua residual es de 219 litros/personal/día.

La producción de desechos bioinfecciosos se estableció en 9.50 kg/día, calculando los valores con relación a la cantidad de personas y camas del hospital, valores que son necesarios para proyectar los gastos del servicio contratado para la disposición final. Los valores antes mencionados sirven como indicativos para comparación con otros hospitales en Guatemala y Latinoamérica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Guatemala es un país con una diversidad de ecosistemas, pero la contaminación del agua se está convirtiendo en un grave problema que puede afectarlos. Según datos del Instituto Geográfico Nacional, el país tiene 550 ríos y riachuelos, 38 se consideran grandes ríos, su orografía ha permitido la existencia de más de 1,151 comunidades alrededor o cerca de ellos y se estima que el 90% del agua dulce de Guatemala no es apta para el consumo humano (Elías, 2015).

Se puede demostrar que el caudal de aguas residuales que son vertidas sin ningún tipo de tratamiento a los ríos que rodean ciudades y poblaciones se incrementa cada año, debido a la explosión demográfica que tuvo Guatemala, debido a que paso de tener aproximadamente 6.6 millones de habitantes en 1,976 a más de 17 millones en 2015, duplicando la contaminación en ese lapso (Hernández, 2016).

Las aguas residuales tipo hospitalarias contienen excrementos humanos que, por sus características, son vías de salidas de gérmenes y parásitos que circulan frecuentemente por el cuerpo humano y por lo tanto representa un foco de infección. Se estima que más de 200 personas eran atendidas por diferentes situaciones en esta unidad hospitalaria antes de la pandemia. La mayor parte de los afiliados utilizan los servicios sanitarios por lo menos una vez, en lo que esperan ser atendidos, por lo que el caudal de agua residual incrementa cada año, por el incremento de los afiliados.

Los químicos utilizados para limpieza y desinfección en cada uno de los ambientes del hospital son necesarios cada día para mantener en cero los niveles de transmisión de enfermedades, los cuales en pocas cantidades son vertidos a los drenajes por la limpieza misma que ello conlleva, este método se utiliza sobre superficies en las que tuvo contacto la materia contaminada, (material médico, pisos y paredes). También se suele usar desinfección química agregando agentes tales como formaldehído entre otros, los cuales actúan contra virus, bacterias y esporas en áreas de mayor contaminación.

Es necesario tomar en cuenta los fluidos corporales, como sangre, orina, secreción de heridas que son un potencial peligroso en la transmisión de enfermedades. También se tienen medicamentos que se le suministran a los pacientes con diferentes enfermedades y que son absorbidos parcialmente y que son desechados por el cuerpo de manera natural.

Los agentes de contraste se toman en cuenta como contaminación ya que son sustancia en combinación, que, al introducirlas en el organismo por cualquier vía, permiten resaltar y opacificar estructuras anatómicas normales (como órganos o vasos) y patológicas (por ejemplo: tumores). Estos agentes de contraste tienen diferentes vías de administración entre las cuales están: orales, rectales, vaginales, endovenosos, intraarteriales, intraarticulares y todos ellos son expulsados por el cuerpo humano.

La contaminación progresiva en las fuentes de agua potable y el consumo de aguas no tratadas provocan enfermedades las cuales generan un gasto económico para mejorar las condiciones de salud del enfermo. Se debe de gastar parte del presupuesto familiar para solventar los trastornos de salud que se generan por estas situaciones de contaminación.

El sistema de alcantarillado que actualmente funciona en el hospital es de tipo combinado, este sistema capta y conduce simultáneamente al 100 % las aguas sanitarias y pluviales, esta característica incrementa el caudal en épocas de invierno. Se estima que aproximadamente los hospitales consumen entre 500 a 1,500 litros/cama/día, el cual se consideran importantes volúmenes de agua, generando otro similar de agua residual con microorganismos patógenos, medicamentos metabolizados o no, compuestos tóxicos y persistentes tales como productos farmacéuticos, radionucleidos, disolventes y desinfectantes para uso médico en un amplio intervalo de concentraciones debido a actividades de laboratorio, investigación o medicación.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio: ¿Es posible implementar un sistema de tratamiento para las aguas residuales que se generan diariamente en el hospital?

Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cuál es la concentración de los componentes presentes en las aguas residuales?
- ¿Qué tipo de tratamiento se puede implementar para el cumplimiento de la normativa?
- ¿Cuál es el caudal de agua residual y producción de desechos bioinfecciosos por paciente o número de camas?

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterización y propuesta de tratamiento de las aguas residuales generadas en el Hospital de Patulul del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social en Suchitepéquez.

Objetivos específicos

1. Determinar las características de las aguas residuales hospitalarias y verificar el cumplimiento de los parámetros según el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.
2. Proponer un tratamiento adecuado para el cumplimiento de la norma de las aguas residuales de tipo especial.
3. Establecer los índices hospitalarios del agua potable, agua residual y desechos bioinfecciosos.

INTRODUCCIÓN

Los riesgos al medio ambiente y a la salud causados por las aguas residuales generan preocupación a nivel mundial; en la mayoría de los países no se cuenta con una legislación adecuada para su control y si la tienen es muy deficiente. Para el caso de la infraestructura hospitalaria, no todos los hospitales tienen parámetros altos de contaminación, depende mucho de las actividades del nosocomio y la categorización que tiene asignada. Debido a un deficiente manejo de las aguas residuales a nivel nacional, se estima que el 90 % de las fuentes de agua tienen contaminación bacteriológica.

Para solucionar el problema que tienen todos los hospitales, con relación al uso del agua y los contaminantes presentes en ella, se debe mantener una caracterización del agua residual, analizando los valores de color, DBO₅, Fosforo, Grasas y aceites, Nitrógeno, PH y los demás parámetros que se mencionan en el Artículo No. 16 del A.G. No. 236-2006.

En el capítulo 1, se realizó una revisión bibliográfica sobre los temas relacionados con aguas residuales hospitalarias, se describen los diferentes niveles hospitalarios existentes en Guatemala regidos a través del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MSPAS, se analizaron los parámetros bajo análisis del agua residual y los componentes de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR).

Es importante mencionar el manejo adecuado de los residuos sólidos hospitalarios y la estructura jurídica en relación con las aguas residuales, el cual

incluye: acuerdos ministeriales, gubernativos, decretos vigentes en Guatemala y normativos latinoamericanos.

En el capítulo 2, se habla sobre el desarrollo de la investigación iniciando con la localización del área de trabajo por medio de mapas digitales, ubicación geográfica del hospital, el área del terreno se estima en 13,790 m² donde su mayor parte es área verde. Se describen los instrumentos de medición utilizados en campo y la ubicación del punto de muestreo, se describe el hospital, el tipo de población atendida entre otras particularidades del nosocomio.

En el capítulo 3, se presentan los resultados de la caracterización del agua potable y residual, de los diferentes parámetros como caudal, pH, temperatura en °C y demás valores tanto físicos, químicos, microbiológicos y metales pesados. De los resultados obtenidos se realizó una comparación con el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 para establecer los parámetros fuera de norma y se determinó la opción de tratamiento. Se realizó el cálculo de indicadores de agua potable, agua residual y desechos bioinfecciosos.

De la investigación realizada se determinó que el agua residual hospitalaria es definida como agua residual de tipo especial y en que este caso los parámetros de contaminación están dentro de los rangos permisibles y se desarrollan las conclusiones y recomendaciones.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

La investigación realizada es de tipo cuantitativo descriptiva, pues analiza y describe las características de las aguas residuales tipo hospitalarias con el objetivo de analizar y resolver el problema ambiental originado por la descarga de aguas residuales del Hospital de Patulul que desembocan a las redes de drenajes o colector municipal.

Debido a que en su momento se desconocía el grado de contaminación de las aguas residuales se consideró de gran importancia realizar análisis para determinar las características del agua residual con la finalidad de evaluar la factibilidad de una propuesta para un sistema de tratamiento que mejorará la calidad del agua generada por las diferentes actividades hospitalarias.

La calidad del agua antes y después de su tratamiento, es el motivo principal para defender la salud pública y el medio ambiente, mediante las políticas institucionales en operación tomando como base principal el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 actualmente vigente y sus reformas Acuerdo Gubernativo No. 58-2019. La importancia de esta investigación es dejar establecido un sistema que disminuya la cantidad de contaminantes presentes en el agua.

Para determinar el tipo de tratamiento que disminuirá gradualmente el agua contaminada, es de vital importancia realizar una caracterización y aforo del agua para establecer el grado de contaminación de ellas y los parámetros necesarios a analizar. Para obtener las muestras que se enviarán a laboratorio

fue necesario establecer el punto de muestreo, el cual se realizó una inspección a las cajas de drenajes existentes que se encuentran dentro del hospital.

Se elaboraron planos de la situación actual de la red del sistema combinado, este sistema mezcla los caudales de agua pluvial con los residuales incrementándolos considerablemente en época de invierno, esto con el fin de determinar los puntos o focos de posible contaminación y determinar áreas de generación de contaminantes y el punto de desfogue de la red.

Se estableció como punto de muestreo la última caja de registro e inspección de la red antes de conectarse al colector municipal para la toma de muestras y medición del caudal. Se utilizó un equipo automático ISCO GLS el equipo se instaló en el punto establecido y por medio de una sonda toma las muestras automáticamente. La muestra que se obtuvo es de tipo compuesta, cumpliendo con lo establecido en el A.G. No. 236-2006.

Para la medición del caudal en litros por segundo, se utilizó el medidor ISCO 2150 con intervalos de tiempo de 5 minutos entre cada muestra en forma automática. Estableciendo valores máximos, mínimos y promedio. El periodo de análisis fue por 24 horas, permitiendo visualizar el comportamiento durante ese periodo.

Las muestras obtenidas se enviaron a laboratorio y se analizaron parámetros fisicoquímicos como: color, DBO₅, DQO, Fósforo total, grasas y aceites, material flotante, Nitrógeno total, pH, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, temperatura. Los parámetros microbiológicos analizados fueron para Coliformes fecales y los parámetros de metales pesados se analizaron: arsénico, cadmio, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel,

plomo y cianuro. Cada uno de estos parámetros se realizó según la norma que establece su metodología.

Los datos obtenidos del laboratorio de los parámetros antes mencionados se compararon con los límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al alcantarillado público, establecidos los parámetros fuera de los límites se determinó el tratamiento y la carga contaminante. Con la determinación del caudal y el número de pacientes se establecen los indicadores.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Conceptos generales

A continuación, se detallarán los diferentes niveles hospitalarios dentro del territorio nacional, el ordenamiento territorial que tiene cada uno de ellos y las diferentes categorizaciones del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

1.1.1. Nivel hospitalario en Guatemala

En Guatemala, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social - MSPAS- determina una red de servicios de salud por medio del Modelo de Atención Integral en Salud (MAIS). “Se distribuye en cuatro niveles de atención (I, II, III y IV) y está compuesta por servicios de salud complementarios y articulados de complejidad creciente de acuerdo con la demanda de los problemas de salud, la población y la territorialidad (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 20).

1.1.1.1. Primer nivel

Se define y diseña este nivel para promover la salud, prevenir y resolver las necesidades más frecuentes de salud de la población, utilizando métodos y tecnologías simples, adecuadas a los diferentes contextos culturales del país. “Así como brindar apoyo en actividades relacionadas a la recuperación y rehabilitación de la salud y acciones dirigidas al control del ambiente. Todo ello en concordancia con las Normas de Atención en Salud del MSPAS” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 20).

A continuación, se describe cada uno de los servicios que componen el nivel I:

- Centro comunitario de salud (CC)

Este establecimiento es el de menor complejidad en cuanto a atención a la salud, la ubicación de este se determina dentro de las comunidades y es la primera red de servicios a las que las personas tienen acceso. Se trabaja en forma conjunta entre terapeutas tradicionales y actores comunitarios. “Están ubicados en cada sector de salud, cubriendo a una población que puede oscilar entre los 1,200 y 4,000 habitantes. En estos centros, se implementan acciones dirigidas a las personas, la familia y la comunidad, prestando servicios de promoción, prevención” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 47).

- Puesto de salud (PS)

Este establecimiento es similar en características al Centro Comunitario de Salud, “funciona como sede de los Equipos de apoyo técnico a los equipos comunitarios ubicados dentro de cada territorio, a través de los cuales cubre a un promedio de 10,000 habitantes” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 49).

- Centro de salud (CS)

Este establecimiento coordina y enlaza la prestación de los servicios a las personas con los CC, PS y otros servicios de mayor complejidad y capacidad resolutive.

Se determina que deben ser ubicados en microrregiones municipales con cobertura de 20,000 habitantes en promedio. La cantidad de Centros de Salud dependerá fundamentalmente del número total de habitantes y su

porcentaje de ruralidad. Los servicios son similares a los prestados por los CC y PS, en forma adicional los Centros de Salud brindan atención médica, odontológica, psicológica y realizan pruebas de laboratorio para el apoyo diagnóstico. (Monge V. , 2014, pág. 18)

1.1.1.2. Segundo nivel

Este y el nivel anterior fueron diseñados para atender los diferentes problemas relacionados a la salud. Tienen mucha similitud, pero este nivel se diferencia por el uso de métodos y tecnologías de diagnóstico de los cuales tienen un tratamiento de mayor complejidad como lo es: “Encamamiento, servicios de laboratorio, radiología e incluye especialistas en las áreas de gineco-obstetricia, pediatría, cirugía, medicina interna, psicología y odontología. Brinda apoyo a pacientes en recuperación y rehabilitación de la salud” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 21).

- **Maternidad periférica**

Es aquel establecimiento que se ocupa de la salud de atención permanente, dedicada a la resolución de parto no complicado y atención del neonato. “Tiene como vocación descongestionar la red hospitalaria y se ubicara en grandes ciudades con alta densidad poblacional y alta tasa de natalidad con atención a las personas las 24 horas del día” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 52).

- **Centro de atención permanente (CAP)**

Es aquel establecimiento que tiene un horario de atención médica de 24 horas del día cuenta con servicios de consulta externa, atención, estabilización y referencia de urgencias. “Se ubican en municipios que tienen una población mayor de 20,000 habitantes, en áreas geográficas donde el traslado en vehículo

de pacientes, a otro servicio de 24 horas, se lleve más de una hora” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 54).

- Policlínico

La consulta médica especializada es parte de los servicios que proporciona este establecimiento. Ubicado en cabeceras departamentales o ciudades con perfil epidemiológico que requiere atención especializada. “La finalidad de estos servicios es desconcentrar las consultas externas de los hospitales y acercar los servicios especializados a la población. Consta de un área de consulta externa y un área de Hospital de Día” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 53).

- Centro de atención integral materno infantil (CAIMI)

Tiene un horario de atención de 24 horas al día y está enfocado para la atención integral de paciente. Cuenta con servicios de consulta externa, atención, estabilización y referencia de urgencias. “Están ubicados en zonas geográficas con tasa de mortalidad materna por encima del promedio nacional y donde se requiera más de una hora en vehículo para trasladar a una paciente a otro servicio público, que cuente con la capacidad de resolver quirúrgicamente un parto” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 56).

- Hospital tipo I

Este tipo de hospital está incluido dentro de la Red Departamental. “Es el hospital donde se prestan servicios relacionados con atención médica curativa, además de servicios con promoción y prevención intrahospitalaria. Tiene una cartera de servicios definida por su perfil epidemiológico, brindando servicios de hospitalización con sus componentes según especialidad” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 58).

Cuenta con diferentes servicios, que “es cubierto por médicos especialistas en cinco áreas básicas de atención, Medicina, Cirugía, Obstetricia, Pediatría y Traumatología básica; de no poder cubrir estos servicios con dicho personal, podrá ser cubierto por médicos generales, con las capacidades y habilidades pertinentes” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 58).

- Hospital tipo II

Este tipo de Hospital es aquel que brinda servicios de salud relacionados con promoción y prevención intrahospitalaria y de rehabilitación de base comunitaria.

Tiene mayor capacidad resolutive que el Tipo I, cartera de servicios fortalecida de acuerdo con el perfil epidemiológico, prestación de servicios médicos con la presencia de especialistas y equipo diagnóstico adecuado a la oferta de servicios. El número de camas será definido de acuerdo con la demanda, perfil epidemiológico y producción. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 59)

1.1.1.3. Tercer nivel

Este nivel de atención tiene responsabilidad directa con la atención de la demanda de la población y de las referencias provenientes del primer o segundo nivel de atención. “En este nivel se desarrolla las siguientes funciones dependiendo de su tamaño, capacidad de resolución y especialización: promoción de la salud, prevención de enfermedades, curación de enfermedades, rehabilitación de padecimientos físicos o psíquicos, investigación y emergencias” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 22).

- Hospital tipo III

En esta estructura se prestan los servicios médicos integrados, descritos en el tipo I y II, con adición de otras especialidades y unidades de cuidados intensivos. “Posee mayor capacidad resolutive en los campos de especialidades médicas y tecnológicas, se incluyen imágenes diagnosticas de alta complejidad. El número de camas será definido de acuerdo a la demanda, perfil epidemiológico y producción” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 60).

1.1.1.4. Cuarto nivel

Cuando los niveles de atención I, II, III no tiene capacidad resolutive se atienden las emergencias y referencias en este nivel. “En este nivel de atención se sobrepasa la atención ambulatoria y los servicios de internamiento especializado. Se prestan servicios con subespecialidades, desarrollan investigación y se apoya en procedimientos diagnósticos y terapéuticos que requieren alta tecnología y mayor grado de especialización” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 22).

- Hospital tipo IV

En este nivel los Hospitales están ubicados en áreas urbanas del país que por accesibilidad y demanda de los servicios requieran de alta complejidad para brindar atención a las regiones de salud.

Son hospitales donde se prestan servicios de atención propios de un Hospital General y los servicios de centros especializados en un campo específico de la medicina. En él se concentra lo más especializado en el campo de los recursos humanos y tecnológicos, prestan servicios con subespecialidades, se apoya en procedimientos diagnósticos y

terapéuticos que requieren alta tecnología y mayor grado de especialización de servicios. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 61).

Tabla I. **Nivel hospitalario en Guatemala**

Nivel	Nombre	Siglas
1er.	Centros comunitarios de salud	CC
	Puestos de salud	PS
	Centro de salud	CS
	Maternidades periféricas	
2do.	Centros de atención permanente	CAP
	Policlínicos	
	Centros de atención integral materno infantil	CAIMI
	Hospital tipo I	
3er.	Hospital tipo II	
	Hospital tipo III	
4to.	Hospital tipo IV	

Fuente: MSPAS (2010). *Modelo de Atención Integral en Salud*.

1.1.2. Ordenamiento territorial

El MSPAS tiene a cargo reorganizar su Red de Servicios de Salud para garantizar el acceso, optimizar el uso de los recursos y mejorar la calidad de los servicios que se prestan a la población guatemalteca. “Para mejorar el acceso, se destacan las estrategias de consolidación de las redes de prestación de servicios de salud, el mejoramiento de la capacidad resolutive en la prestación de servicios y el aumento de cobertura de los servicios” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 30).

La red de servicios de salud dentro del territorio nacional se conforma de la siguiente forma:

- Red municipal
- Red departamental
- Red regional
- Red nacional

1.1.2.1. Red municipal de servicios de salud

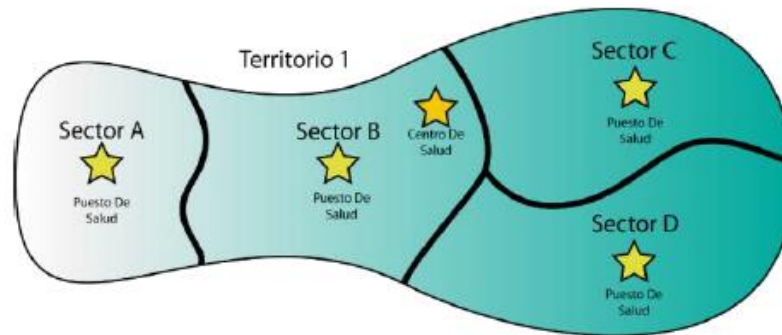
- Sector

Es un espacio geográfico del municipio, que se conforma a partir de la agrupación de un conjunto de comunidades, de acuerdo con accesibilidad, vías de comunicación, aspectos topográficos, demográficos, culturales, lingüísticos, geográficos y climáticos. El MSPAS (2010) define que “en ellos se agrupa una población que puede variar entre los mil doscientos y cuatro mil habitantes (1 200 a 4 000 habitantes). En cada sector se ubica un Centro Comunitario de Salud” (p.30).

- Territorio

“Corresponde a la agrupación de un mínimo de tres (3) y un máximo de (6) sectores, con una población que en promedio tiene diez mil habitantes (10 000). Además, de los Centros Comunitarios de Salud, en cada territorio debe ubicarse un Puesto de Salud” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 30).

Figura 1. **Ordenamiento del territorio por sector**



Fuente: MSPAS (2010). *Modelo de Atención Integral en Salud*.

- **Microrregión municipal**

El MSPAS define microrregión municipal como la agrupación de varios territorios. El número de microrregiones dentro de un municipio depende de la población total y el porcentaje de población que vive en condiciones rurales.

Se puede definir tomando como referencia los parámetros siguientes:

- a. Los municipios que tienen un porcentaje alto de población que vive en condiciones rurales tendrán una microrregión por cada cuarenta mil (40 000) habitantes.
- b. Los municipios que tiene un porcentaje medio de población que vive en condiciones rurales, tendrán una microrregión por cada sesenta mil (60 000) habitantes.
- c. Los municipios que tiene un porcentaje bajo de población que vive en condiciones rurales, tendrán una microrregión por cada cien mil (100 000) habitantes. En cada Microrregión Municipal, debe ubicarse un Centro de Salud. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 31)

- Región municipal

El MSPAS define esta región como la agrupación de dos o más microrregiones municipales, por lo que se identifican en aquellos Municipios de mayor tamaño y concentración poblacional.

El número de regiones dentro de un municipio se definirá tomando como referencia los siguientes parámetros:

- a. Los municipios que tienen un porcentaje alto de población que vive en condiciones rurales tendrán una región por cada de población que vive en condiciones rurales ochenta mil (80 000) habitantes.
- b. Los municipios que tienen un porcentaje medio de población que vive en condiciones rurales, tendrán una región por cada ciento veinte mil (120 000) habitantes.
- c. Los municipios que tienen un porcentaje bajo de ruralidad tendrán una región por cada dos cientos cincuenta mil (200 000) habitantes. En cada Región deberá ubicarse un Centro de Atención Permanente. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 31)

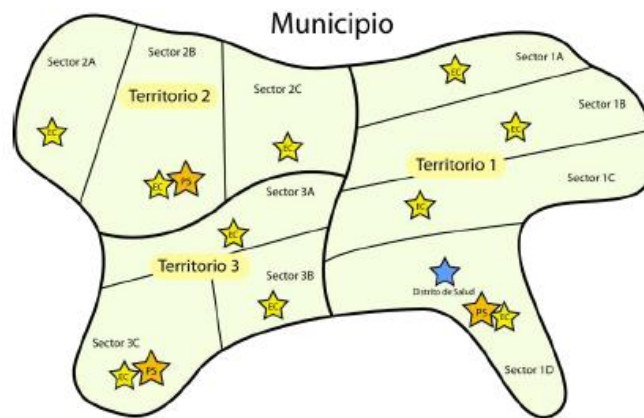
- Municipio

La unidad básica de la organización territorial dentro del Estado es el Municipio y en él se establece la Red Municipal de Servicio de Salud.

Esta unidad básica está conformada por Centros Comunitarios de Salud, Puestos de Salud, Centros de Salud y/o Centros de Atención Permanente. A los Municipios que tienen una población menor de 20,000 habitantes se les asignara al menos un Centro de Salud. Mientras que a los Municipios que tienen una población mayor de

20,000 deberá asignarse al menos un Centro de Atención Permanente. La cantidad de CS y CAP adicionales en cada Municipio dependerá del número de Microrregiones y Regiones Municipales definidas para cada uno. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 31)

Figura 2. **Ordenamiento del territorio por municipio**



Fuente: MSPAS (2010). *Modelo de Atención Integral en Salud*.

1.1.2.2. Red departamental de servicios de salud

- Microrregión departamental

A esta microrregión le corresponde una agrupación de 4 o más municipios, con una población promedio de cuatro cientos mil (400,000) habitantes. “Si la agrupación poblacional, cuenta con un perfil epidemiológico que lo amerite o tiene situación territorial específica, se deberá considerar la instalación de un Hospital tipo I” (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 31).

- Departamento

Dentro del territorio nacional se le considera como la división administrativa.

En ellos se ubica la Red Departamental de Salud, que está conformada por los servicios de salud descritos en la Red Municipal, los Hospitales tipo I de las Microrregiones departamentales y adicionalmente, pueden ubicarse los Centros de Atención Materna Infantil (CAIMI), los Policlínicos y los Hospitales tipo II, quienes realizarán funciones específicas de atención asistencial sin descuidar las funciones de promoción y prevención de la salud. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), 2010, pág. 31)

1.1.2.3. Red regional de servicios de salud

El MSPAS (2010) establece “la regionalización territorial se basará en la ley o normativa que regula su distribución, en la cual se establecen 8 regiones. En cada región, se ubica la Red Regional de Servicios de Salud, que además de conformarse por las redes ya descritas, cuentan con un Hospital tipo III” (p.32).

1.1.2.4. Red nacional de servicios de salud

El MSPAS (2010) establece que “el Territorio Nacional de la República de Guatemala, está compuesto por 8 Regiones, 22 Departamentos y 335 Municipios, en los cuales se establece la Red Nacional de Salud que además de las Redes de Servicios de Salud Municipal, Departamental y Regional, agrupan a los Hospitales tipo IV” (p.32).

Tabla II. **Red de servicios de salud a nivel nacional**

Ámbito geográfico	Criterio demográfico (habitantes)	Servicios de salud
Sector	1 200 a 4 000	Centro Comunitario
Territorio	10 000	Puesto de Salud
Micro Región Municipal	40 000 a 100 000	Centro de Salud
Región Municipal	80 000 a 200 000	CAP
Municipio	Todos los del municipio	CS/CAP
Micro Región Departamental	400 000	Hospital Tipo I
Departamento	Todos los del departamento	CAIMI, Policlínico, Hospital Tipo II
Región	Todos los de la región	Hospital Tipo III
Territorio Nacional	Todos los del territorio nacional	Hospital Tipo IV

Fuente: MSPAS (2010). *Modelo de Atención Integral en Salud*.

1.1.3. **Categorización o niveles de atención del IGSS**

El Instituto Guatemalteco de Seguridad Social cuenta con diversas Unidades Médicas, distribuidas, tanto a nivel metropolitano como departamental, el cual asisten a los afiliados, derechohabientes.

Actualmente se cuenta con unidades integrales de adscripción, acreditación de derechos y despacho de medicamentos, así también hay consultorios, hospitales y unidades periféricas (zona 5 y zona 11), algunos de mayor o menor envergadura que otros dependiendo de la demanda y capacidad instalada de servicios. La mayor demanda de servicios médicos está centrada en la Ciudad Capital de Guatemala, en particular los servicios especializados. Dentro del área metropolitana se encuentran diversos centros médicos especializados los que sirven de referencia para otras Unidades, tales como la Policlínica, la Unidad de Consulta Externa de Enfermedades, Hospital General de Enfermedades, Hospital General,

Dr. Juan José Arévalo Bermejo, Hospital de Gineco-Obstetricia y Hospital General de Accidentes, Hospital de Rehabilitación. (Instituto Guatemalteco de Seguriad Social (IGSS), 2010, pág. 4)

Tabla III. **Infraestructura hospitalaria del IGSS al 2017**

Unidades médicas	Cantidad
Hospitales	23
Policlínica	1
Centros de Atención Integral	4
Consultorios	38
Periféricas	2
Puestos de Salud	11
Unidades Asistenciales	2
Salas Anexas	2
Unidades Integrales de Adscripción	41
Total	124

Fuente: IGSS (2018). *Plan Estratégico Institucional 2018-2022*.

1.2. Agua potable en hospitales

El agua es un recurso vital para el ser humano, el cual es necesario para el consumo y para diferentes actividades dentro de un hospital. El uso puede variar, puede ser en servicios sanitarios, en la limpieza y desinfección de diferentes ambientes, áreas de lavandería, cocina y el uso para regar el jardín, entre otros.

1.2.1. Agua potable

Este recurso es objeto de investigación en muchas áreas en las que se pueden mencionar residencias, industrias, comercios, áreas agrícolas entre

otras. El agua para consumo humano intrahospitalario (ACHI) ha sido objeto de investigación y polémica en diferentes países del mundo.

Esta afirmación se fundamenta en varias razones. La primera es la calidad del agua de la fuente que abastece el hospital, que por lo general proviene de un acueducto o de un pozo o naciente perteneciente al propio nosocomio. La segunda consiste en que muy pocos directores de hospitales reconocen que el servicio de ACHI es su responsabilidad; la tercera es que la mayoría de las autoridades sanitarias consideran suficiente que el agua cumpla, microbiológicamente, con el reglamento de cada país. En un reciente estudio realizado por la Clínica Mayo de la Escuela de Salud Pública *Johns Hopkins Bloomberg*, y que fue publicado en la revista *Journal of Surgical Research*, se concluyó que: el agua potable es un reto pendiente de al menos una tercera parte de los hospitales del mundo. (Darner, 2016)

El estudio analizó la situación de 430 hospitales de 19 países, y entre sus conclusiones se indica que el 34 % de esas instituciones no tienen acceso confiable a agua potable, lo cual genera serios inconvenientes a la hora de hacer intervenciones quirúrgicas y tratar a los pacientes. Para obtener estas conclusiones, los investigadores analizaron datos de la OMS y estudios publicados en Pub-Med, uno de los más importantes medios de búsqueda de artículos médicos. Dentro de los indicadores considerados en el mencionado estudio está el porcentaje estimado de los países con una fuente confiable de agua, en el que dichosamente Costa Rica ocupó el segundo lugar en Latinoamérica con el 91,30 % esto, según (Darner, 2016).

Cuando se habla de hospitales se dice que son grandes consumidores de agua. “Los reportes de consumo elaborados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) indican que los rangos varían entre 150

litros/cama/día hasta 1325 litros/cama/día. El consumo de agua depende de la edad de la instalación, tipo de construcción, tipo de hospital y uso del agua” (Hospital de León Becerra, 2017, pág. 3).

1.2.2. Áreas de consumo de agua potable

En gran medida la prestación de servicios de salud en la mayoría de los países en desarrollo el consumo “se produce en contextos donde las instalaciones municipales de tratamiento o suministro de agua son inadecuadas o no existen. Esta falta de agua y de infraestructura sanitaria es uno de los principales problemas que afectan directamente a los hospitales” (Red Global de Hospitales Verdes y Saludables, 2015).

Cuando se tiene de una amplia reserva de agua, los hospitales suelen ser voraces consumidores en varias facetas de sus operaciones. En los Estados Unidos, por ejemplo, hasta el 70 % del consumo hospitalario de agua se destina a procesos que van desde los relacionados con equipos mecánicos hasta el transporte de aguas servidas; aproximadamente el 30 % se utiliza para beber, preparar alimentos, bañarse y lavarse las manos. En general, existen pocos parámetros de referencia globales confiables en cuanto al consumo de agua del sector de la salud. En general, los establecimientos de salud pueden conservar los recursos hídricos midiendo cuidadosamente el uso del agua, instalando artefactos y tecnologías que la utilicen de manera eficiente, cultivando plantas resistentes a las sequías y procurando la pronta reparación de las pérdidas. (Red Global de Hospitales Verdes y Saludables, 2015)

El agua potable se emplea en diferentes usos, como generales y específicos:

- Instalaciones sanitarias para pacientes y público general
- Lavandería
- Aseo y limpieza de las instalaciones
- Cocina
- Jardines
- Laboratorios clínicos
- Clínicas de atención
- Central de equipo y esterilización -CEYE-
- Unidades de hemodiálisis
- Área de rayos X

1.3. Tipos de aguas residuales

Las aguas residuales es posible definirlas como aquellas que por uso del hombre contienen gran cantidad de sustancias y microorganismos. Se pueden clasificar como domésticas, industriales y hospitalarias.

1.3.1. Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas, lo que precisa de un proceso para su eliminación.

Tabla IV. **Composición típica del agua residual doméstica bruta**

Contaminantes	Unidad de medida	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Sólidos sedimentables	mg/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	mg/l	110	220	400
Demanda química de oxígeno DQO	mg/l	250	500	1000
Nitrógeno total	mg/l	20	40	85
Fósforo	mg/l	4	8	15
Grasas	mg/l	50	100	150
Coliformes totales	NPM/100 ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹

Fuente: Metcalf & Eddy (1995). *Ingeniería de aguas residuales*.

1.3.2. Aguas residuales industriales

Se puede definir las aguas residuales industriales como las que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua.

Cualquier industria, independientemente de su sector, genera grandes cantidades de agua debido a sus procesos, ya sean de fabricación, producción, transformación, limpieza, mantenimiento o consumo. Existe una gran diversidad de aguas residuales industriales, ya que, dependiendo de la industria y de sus procesos productivos, pueden cambiar por completo sus características y, en consecuencia, contener distintos tipos de contaminantes. (Telwesa, 2021)

1.3.3. Aguas residuales hospitalarias

Las aguas residuales para hospitales constituyen una importante descarga de productos químicos pero este hecho no es único en este sentido, ya que la contaminación de estos depende del tipo de hospital y las actividades que se desarrollan.

También los residuos de productos farmacéuticos se pueden encontrar en todos los tratamientos de aguas residuales, vegetales efluentes, debido a su eliminación ineficiente en los sistemas convencionales donde es difícil distinguir estos productos. Se originan a partir de los hospitales conectados a la red de alcantarillado y de los usuarios. Para las sustancias tales como yodado medio de contraste de rayos X, que se utilizan para la formación de imágenes de rayos X de tejidos blandos. (SPENA GROUP, 2016)

1.4. Aguas residuales hospitalarias

Por medio del análisis a las aguas residuales es posible evaluar el impacto de la actividad hospitalaria sobre los recursos hídricos “es la determinación de la carga contaminante asociada al caudal de aguas residuales que se genera diariamente. Puede estimarse que el 80 % del volumen de agua consumido en un hospital en un día corresponde a la generación de aguas residuales” (Ergueta, 2016, pág. 93).

1.4.1. Productos para desinfección en hospitales

Por lo regular las áreas de consumo son las mismas que generan agua residual, ya que al utilizar el agua para diferentes fines se cambian las características físicas y químicas del agua a través de productos tales como:

1.4.1.1. Químicos de limpieza

Entre los desinfectantes que se utilizan como químicos de limpieza existe una gran variedad, actúan reduciendo y matando células bacterianas por desactivación de enzimas, hidrólisis, y oxidación, funcionando de forma más selectiva que los antisépticos.

Estos químicos, debido a su alta toxicidad solo se pueden aplicar sobre materia inerte. Los desinfectantes deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Servir contra un amplio espectro de microorganismos patógenos.
- Asequibles a bajo coste, dadas las cantidades necesarias para efectuar la limpieza y desinfección en este tipo de instalaciones de grandes dimensiones.
- Actuar eficazmente en los más cortos espacios de tiempo.
- No producir efectos tóxicos durante su uso o posteriormente por acción residual, pero sin embargo deben actuar incluso tiempo después de su aplicación, conservando sus propiedades.

Cada una de estas condiciones son necesarias para disminuir a cero la transmisión de patógenos. Los diferentes desinfectantes que se mencionan tienen una clasificación según su grado de eliminación de microorganismos, esporas o virus:

- Desinfectantes de alto nivel, este tipo de desinfectantes acaban con todo tipo de microorganismos (esporas, bacterias y hongos), se encuentran disueltos al 2 % y se puede mencionar el glutaraldehído.
- Desinfectantes de nivel medio, en este grupo se encuentra el hipoclorito de sodio que actúa directamente sobre una amplia variedad de microorganismos sin efecto alguno sobre las esporas.

- Desinfectantes de bajo nivel, se puede mencionar el amonio cuaternario en una disolución con un porcentaje de 0.20 en H₂O. Eficaz en la eliminación de algunos tipos de virus y bacterias en estado vegetativo. Cada uno de estos desinfectantes se aplican según la necesidad de cada área y el grado de contaminación que posee. (Limpiezas SIL, 2017)

Se describen a continuación algunas características y propiedades de los desinfectantes hospitalarios más utilizados:

- Solución de glutaraldehído

Uno de los más utilizados dentro de los desinfectantes “por su amplio espectro de actuación, pero tiene propiedades tóxicas durante su uso en la limpieza. Se utiliza para la esterilización de material sanitario delicado y con piezas de goma, pvc o caucho” (Limpiezas SIL, 2017).

Cuando se determina que hay restos de materia orgánica, es indispensable realizar una limpieza previa por arrastre mecánico, para evitar que ésta forme una barrera que inactive o disminuya el potencial desinfectante de este producto. Su eficacia depende el tiempo de exposición, de tal manera que si se aplica durante un cuarto de hora las superficies y materiales contarán con un nivel bajo de desinfección, mientras que, si se someten a una exposición durante 12 horas, se consigue la esterilización del material. (Limpiezas SIL, 2017)

- Formaldehído

Este compuesto químico se puede utilizar “en concentración de entre el 2 y 8 %, y se trata de uno de los desinfectantes químicos de acción lenta que pueden acabar con las esporas en un período de aproximadamente 18 horas después de su aplicación” (Limpiezas SIL, 2017).

- Hipoclorito de sodio

Este compuesto químico disuelto al 1 % o 5 % en agua, tiene un alto poder al momento de desinfectar “no se puede utilizar sobre metal por su propiedad corrosiva, y su eficacia está más limitada en presencia de restos orgánicos. En mayor concentración actúa bien para la desinfección de material quirúrgico, y materiales plásticos” (Limpiezas SIL, 2017).

- Alcohol etílico

“Es muy eficaz en tratamientos de desinfección de bacterias, hongos y virus, pero no funciona para destruir esporas. Se utiliza en concentraciones de un 70 % disuelto en agua” (Limpiezas SIL, 2017).

- Compuestos de amonio cuaternario

“Son muy utilizados en la desinfección de superficies en hospitales, aparatos sanitarios e instrumental médico con la particularidad de que no es un producto corrosivo y tampoco ataca el color” (Limpiezas SIL, 2017).

- Antisépticos hospitalarios

Estos productos químicos se utilizan en la higiene y desinfección de la piel, “se utilizan antisépticos para el lavado clínico y quirúrgico de manos por parte del personal sanitario antes de intervenciones, y en atención a pacientes con bajos sistemas inmunitarios, o con enfermedades infecciosas. Los antisépticos funcionan por destrucción de proteínas” (Limpiezas SIL, 2017).

Este tipo de compuestos tienen características como:

- Tiene una rápida acción tras unos pocos segundos de su aplicación, cuentan con un gran poder desinfectante, lo cual lo hace eficaz en poco tiempo.
- Tiene efectos sobre los microbios en un tiempo prolongado.

- Produce un efecto de resequedad en la piel en algunos de los casos, pero se tiene seguridad que en la piel no produce importantes alteraciones.

A continuación, se presentan algunos antisépticos que son más utilizados y se detallan algunas de sus características:

- Alcoholes etílicos, propílicos e isopropílicos: “se utilizan habitualmente en una concentración del 70 %, y por ser altamente inflamables y volátiles, deben ser almacenados en condiciones adecuadas y de forma cuidadosa” (Limpiezas SIL, 2017).
- Derivados fenólicos, “como el triclosán de amplio espectro sobre bacterias y de poder de actuación con una rapidez intermedia, que se utiliza en el lavado de manos principalmente” (Limpiezas SIL, 2017).
- Tintura de yodo: “poderoso antiséptico compuesto de yodo y alcohol, que oxida y desactiva las células de forma rápida y segura, conservando sus propiedades incluso después de una hora de su aplicación. Pueden producir quemaduras sobre piel expuesta durante un largo tiempo” (Limpiezas SIL, 2017).

1.4.1.2. Agentes de contraste

Los medios de contraste radiológicos son administrados en forma diaria a miles de pacientes. Las mejoras fármaco químicas logradas en las últimas décadas mejoraron notablemente su seguridad y eficacia.

El realce de contrastes denota el principio por el cual el contraste de varios tejidos es incrementado durante un examen de imágenes utilizando medios de contraste intrínseco o extrínseco. Esto se logra aumentando o

disminuyendo el contraste de un tejido en relación con otro. La combinación de los nuevos métodos de Diagnóstico por Imágenes es capaz de caracterizar la mayoría de los tejidos del cuerpo humano. (García, Ocantos, & Paganini, 2010, pág. 3)

Gran parte de los estudios de radiología e imagen requieren el uso de medios de contraste (MC), con el propósito de incrementar las diferencias de densidad entre los diversos tejidos y estructuras del organismo por su capacidad de absorber y reflejar energía. “Un buen medio de contraste modifica las características de los tejidos e idealmente no debería tener ningún otro efecto sobre ellos. Desafortunadamente, esto no es posible en la actualidad y todos los medios de contraste pueden causar reacciones adversas” (Ambulodegui, 2014, pág. 2).

Los fármacos empleados en la generación de bio-imágenes representan un grupo extenso y complejo de sustancias cuyas propiedades fisicoquímicas producen señales diferenciadas en un entorno anatómico y funcional, con utilidad en el proceso diagnóstico, y que además pueden administrarse a los seres humanos en condiciones seguras. A modo de clasificación, se señala:

- Medios de contraste radiológico y tomográfico
- Medios de contraste para resonancia magnética nuclear (RMN)
- Medios de contraste para ecografía
- Radiofármacos

1.4.2. Fuentes de generación

Las fuentes de generación pueden variar dentro de un hospital, depende básicamente del uso que se le dé al agua y esto determinara la concentración de químicos o materia en ella. Las fuentes de generación dependen también de la complejidad o categorización del hospital, ya que varía desde un centro de salud hasta un hospital con especialidades.

1.4.2.1. Áreas hospitalarias

Dentro de una unidad médica es necesaria la limpieza, desinfección y esterilización en superficies, dichas actividades esta enfocadas en minimizar la transmisión de enfermedades dentro de las diferentes áreas hospitalarias.

- **Áreas administrativas**

Los hospitales cuentan con áreas administrativas donde llevan a cabo los procesos internos para una adecuada administración de los recursos hospitalarios, asignan espacios funcionales para el desarrollo de las actividades del personal en cada departamento u área. La generación de agua en estas áreas es debido a la limpieza que realizan en forma diaria y de los servicios sanitarios que contengan.

- **Unidades quirúrgicas**

Algunos hospitales no cuentan con estas áreas dentro de sus instalaciones, ya que depende de la categorización que este tenga. Las unidades quirúrgicas cuentan con diversas áreas que incluyen todo lo necesario para el desarrollo de una intervención quirúrgica. El personal del hospital cuenta con un protocolo de limpieza, que determina procedimiento de limpieza de equipos, pisos y paredes, con diferentes agentes químicos, cuyo objetivo es

reducir al mínimo el grado de contaminación del ambiente entre cada intervención.

- Zonas comunes y de espera

Son área a las cuales las personas afiliadas pueden circular dentro del hospital para llegar a cualquier servicio que necesiten, se encuentran incluidos: vestíbulos, pasillos, salas de espera entre otros. Dichas áreas son frecuentemente limpiadas por la afluencia de personas que en ella se encuentran.

- Central de equipos y esterilización

La central de equipos y esterilización (CEYE) es un servicio de la unidad médica cuyas funciones son: Obtener, centralizar, preparar, esterilizar, clasificar y distribuir el material de consumo, canje, ropa quirúrgica e instrumental médico quirúrgico a los servicios asistenciales de la Unidad Médica. El objetivo de la CEYE es asegurar la distribución adecuada de equipo, material e instrumental de manera oportuna y con la optimización de tiempo y recursos, para que en forma ininterrumpida (las 24 horas del día y los 365 días del año) los artículos requeridos por los servicios médico-quirúrgicos sean proporcionados para el logro de sus actividades.

1.4.2.2. Lavandería

El lavado es un proceso con el objetivo de no causar o transmitir enfermedades humanas, esto se logra removiendo la suciedad orgánica que la ropa acumula dentro de sus tejidos. "No existen estándares microbiológicos que definan niveles "seguros" de bacterias en la ropa debido a la variabilidad de la sobrecarga microbiana, las técnicas específicas empleadas de lavado, y la

capacidad de varios organismos de adherirse, a ciertas telas” (Montalvo, 2012, pág. 89).

Para obtener un producto bacteriológicamente seguro, son necesarios factores que son importantes dentro del proceso de limpieza de la ropa. Dentro de los factores se incluyen los químicos y térmicos en combinación de acción mecánica para su lavado. Montalvo (2012) especifica algunos factores importantes:

- Para la eliminación de un gran número de gérmenes es necesaria la dilución y la agitación.
- Una medida muy efectiva es el agua caliente en combinación con detergentes y jabones ejercen una acción microbida y liberan la suciedad.
- Para la eliminación de la suciedad es necesario el enjuague producto de una acción mecanizada, así como la aplicación de agua en todo el proceso determina una importante dilución.
- Para generar una mayor destrucción entre 50 a 150 ppm, se puede utilizar químicos clorados, esto determina un efecto virucida y bactericida.
- Los gérmenes que no forman esporas se destruyen a temperaturas de 60 °C o mayores.

El neutralizante agregado durante el proceso de limpieza produce un cambio brusco de pH de 12 a 5, “con lo que completa la destrucción microbiana, ayuda en la inactivación de microorganismos y reduce el riesgo de irritación de la piel. El secado y planchado (si es realizado) complementa aún más la destrucción de organismos” (Montalvo, 2012, pág. 90).

Toda ropa debe de pasar por un tratamiento de eliminación del pH alcalino, para evitar la irritación de la piel, siempre se debe usar neutralizante. Los blanqueadores con cloro son económicos y tienen un excelente efecto germicida, pero no son aptos para procesar todo tipo de ropa. Por ejemplo, el gluconato de clorhexidina produce manchas en la ropa cuando ha mojado la misma y ésta es sometida a procesos de lavado con cloro. El cloro fija la mancha de clorhexidina en la ropa y su retiro posteriormente es casi imposible. Por ello, los textiles manchados con clorhexidina NUNCA deben ser sometidos a procesos con cloro, sino que se debe optar por perborato de potasio. (Ministerio de Salud Pública de Uruguay, 2006, pág. 12)

1.4.2.3. Servicios sanitarios

Los servicios sanitarios dentro de un nosocomio son importantes debido a la cantidad de personas que son atendidas de forma diaria, existen servicios sanitarios con ducha dentro del servicio de encamamiento. Los servicios sanitarios son generalmente ubicados según la utilización de estos y se dividen:

Para uso público en general

Por uso del personal del hospital

Para personas internas

Para áreas de aislamiento

1.4.3. Características de las aguas residuales

Las características de las aguas residuales son un reflejo de las actividades que se desarrollan y producto de ello se establece el grado de contaminación.

Los problemas asociados a los líquidos residuales generados en centros de salud han sido motivo de preocupación internacional debido al peligro de una potencial propagación de enfermedades y a los riesgos ambientales derivados de la ausencia de tratamientos adecuados. Es por ello que estos problemas trascienden el campo técnico-sanitario e involucran aspectos sociales, económicos, políticos y ambientales, entre otros. (Paz, y otros, 2004, pág. 83)

En este contexto la División de Apoyo Operacional en Salud Ambiental y el Centro Europeo de Salud Ambiental de la OMS han formado un grupo internacional para estudiar el problema de los residuos en los centros de salud en países en desarrollo. “En las aguas residuales es el resultado de tres tipos de materiales materia orgánica que es utilizado como fuente de alimentación, nitrógeno oxidable y de compuestos químicos reductores presentes de las reacciones dentro del cuerpo de agua” (Morán, 2014, pág. 2).

1.4.3.1. Características físicas

- **Sólidos**

Los sólidos están contenidos dentro de las características físicas. “El agua residual contiene distintos tipos de materiales sólidos que van desde hilachas hasta materiales coloidales, en la caracterización de las aguas, los materiales más gruesos son removidos usualmente antes de analizar los sólidos” (Morán, 2014, pág. 2).

- **Sólidos totales**

Los sólidos totales pueden ser orgánicos e inorgánicos en las aguas residuales; por definición, son aquellos residuos que permanecen una vez que

la parte líquida se ha evaporado y el resto se ha secado a peso constante aproximado a 103 °C.

Se distinguen entre sólidos disueltos y no disueltos al evaporar muestras de aguas residuales filtradas y sin filtrar, con la finalidad de clasificar mejor los residuos se puede mantener a 550 °C durante 15 minutos. Donde se puede considerar que las cenizas obtenidas representan los sólidos inorgánicos y que el material volátil es una medida del contenido orgánico. (Morán, 2014, pág. 9)

- Sólidos suspendidos

Es una medida de los sólidos sedimentables que “pueden ser retenidos en un filtro. La determinación de estos se puede realizar pesando el residuo que quede en el filtro después de secarlo, pueden tener un gran impacto donde las aguas sean utilizadas para un proceso con conducción, calderas, equipo” (Morán, 2014, pág. 10).

- Sólidos disueltos

Se le llama también salinidad total, “es la cantidad de materia disuelta en el agua, que se determina por la evaporación de un volumen de agua que previamente fue filtrada. Este tipo de material puede tener un origen múltiple, tanto de material orgánico como de inorgánico” (Morán, 2014, pág. 10).

- Olor

El olor del agua residual es genera por una gran variedad de compuestos, que “son liberados cuando se produce degradación biológica bajo condiciones anaerobias de las aguas. El principal compuesto es el sulfuro de hidrógeno, aunque se generan otros compuestos que producen olores más fuertes como indol, escatol y mercaptanos” (Morán, 2014, pág. 4).

- Temperatura

La temperatura a la que se encuentra generalmente estas aguas es mayor que a la del abastecimiento, “esto como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente de las descargas domésticas. Esta medición es importante ya que en los sistemas de tratamiento de aguas residuales hay procesos biológicos que dependen de la temperatura” (Morán, 2014, pág. 4).

1.4.3.2. Características químicas

- pH

Para conocer la calidad del agua se realiza una de las pruebas del potencial de hidrogeno (pH), que está dentro de las más comunes a las aguas residuales.

El pH indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua, pero es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H^+). Las mediciones de pH se ejecutan en una escala de 0 a 14; con 7 considerado neutro. Las soluciones con un pH inferior a 7 se consideran ácidos. (Carbotecnia, 2014)

Las aguas residuales con valores menores a 5 y superiores a 9 tienen un tratamiento más complicado mediante agentes biológicos. “Si dicho pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido nuevamente al cuerpo de agua, el pH de este cuerpo receptor será alterado” (Morán, 2014, pág. 4).

- Cloruros

Los cloruros en las aguas residuales son un parámetro importante relacionado con la reutilización de esta; “en las aguas residuales los cloruros

son añadidos como consecuencia del uso, las heces humanas tienen un aporte aproximado de 6 gramos de cloruros por persona al día” (Gil & Tarache, 2010, pág. 39).

- Oxígeno disuelto

En la medición para determinar la calidad del agua el oxígeno disuelto es uno de los parámetros claves los valores de oxígeno varían de 7 a 9 mg/l. La principal fuente de oxígeno es el aire en difusión con el agua, por la turbulencia en los cuerpos de agua y por el viento. Por ejemplo, “en los lagos la fotosíntesis es la fuente más importante y en los ríos el nivel de turbulencia que estos posean determinará tanto la producción primaria como su grado de eutrofización” (Morán, 2014, pág. 6).

- Metales

Se tiene mucho interés en cuanto a los metales, “aunque los metales estén en cantidades micro o macro y sean necesarios para el desarrollo biológico, estos pueden convertirse en tóxicos cuando se presentan en cantidades elevadas” (Morán, 2014, pág. 6).

- Nitrógeno

La importancia del nitrógeno radica en que es esencial para la síntesis de proteínas, “necesitan conocer sobre la presencia de este nutriente para evaluar el tratamiento del agua residual mediante procesos biológicos. El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico” (Gil & Tarache, 2010, pág. 36).

- Fósforo

Este elemento se puede decir que tiene relevancia en el crecimiento y desarrollo de distintos organismos en un cuerpo de agua.

En cantidades excesivas provoca una proliferación de algas y otros organismos biológicos perjudiciales. Las formas más comunes en las que se puede encontrar el fósforo son los ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. Los ortofosfatos más comunes de las aguas residuales están disponibles para el metabolismo biológico sin necesidad de que los organismos tengan que realizar una ruptura posterior del mismo. (Morán, 2014, pág. 6)

- Azufre

Este se puede encontrar de forma natural tanto en las aguas naturales como en las aguas residuales, “es un elemento indispensable para la síntesis de proteínas en los organismos, se libera cuando existe degradación de estas, los sulfatos reducen biológicamente a sulfuros en condiciones anaerobias y forman sulfuro de hidrógeno (H_2S) al combinarse con el hidrógeno” (Morán, 2014, pág. 7).

- Grasas y aceites

El contenido de estas en aguas residuales se determina por una extracción de muestra de residuo con triclorotrifluoroetano, químicamente tanto las grasas y aceites de origen vegetal o animal son similares, básicamente son ésteres compuestos de ácidos grasos, alcohol y glicerina. “Aquellos que se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente denominados aceites y los que se han convertido en sólido llamados grasas. La presencia de ellos causa muchos problemas en tanque sépticos, en sistemas de recolección” (Morán, 2014, pág. 7).

- Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua.

La DQO se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/L) o simplemente mg/l. Cuanto mayor es la DQO más contaminante es la muestra. Las concentraciones de DQO en las aguas residuales industriales pueden tener unos valores entre 50 y 2 000 mg/l aunque es frecuente encontrar, según el tipo de industria, valores de 5 000, 10 000 e incluso más altos. (Ergueta, 2016, pág. 95)

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra.

La DBO₅ se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/L) o simplemente mg/l. Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como DBO₅. Cuanto mayor sea la contaminación, mayor será la DBO₅. La DBO₅ proporciona una medida sólo aproximada de la materia orgánica biodegradable presente en las aguas residuales. (Ergueta, 2016, pág. 95)

Tabla V. Tipo de agua y el grado de concentración de DBO₅

Tipo de agua	Concentración
Agua Pura	0 - 20 mg/l
Agua Levemente Contaminada	20 - 100 mg/l
Agua Medianamente Contaminada	100 - 500 mg/l
Agua Muy Contaminada	500 – 3 000 mg/l
Agua Extremadamente Contaminada	3 000 – 15 000 mg/l

Fuente: Ergueta. (2016). *El Agua Tratamiento de Aguas Residuales Hospitalarias (Parte I)*.

- Relación entre la DBO₅ y la DQO

El valor de la DQO siempre será superior al de la DBO₅, debido a que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente pero no biológicamente.

La diferencia es que los gramos o miligramos de oxígeno se refieren, en el caso de la DBO₅, a los requeridos por la degradación biológica de la materia orgánica; mientras que, en el caso de la DQO, representan los necesarios para la degradación química de la materia orgánica. Dicha relación nos da una idea del nivel de contaminación de las aguas (DBO₅/DQO). Si la relación (DBO₅/DQO) <0,20 entonces se habla de unos vertidos de naturaleza industrial, poco biodegradables y son convenientes los tratamientos fisicoquímicos. Si la relación (DBO₅/DQO) >0,50 entonces se habla de unos vertidos de naturaleza urbana, o clasificables como urbanos y tanto más biodegradables, conforme esa relación sea mayor; estas aguas residuales, pueden ser tratadas mediante procesos biológicos. (Ergueta, 2016, pág. 95)

1.4.3.3. Biológicas

- Bacterias

Muchas bacterias son inofensivas en el tracto intestinal, pero al estar un individuo infectado y al momento de excretar, “en las heces se encuentran una gran cantidad de bacterias patógenas, contaminando las aguas residuales. Los grupos de bacterias más comunes que se pueden encontrar en dichas aguas son del género *Salmonella*, del género *Shigella* y *Escherichia coli*” (Morán, 2014, pág. 8).

- Protozoos

Entre los organismos causantes de enfermedades los *protozoarios* *Giardia lamblia*, *Cyclospora* y *Cryptosporidium parvum*. “Son de gran interés ya que tienen un alto impacto sobre la población, especialmente las personas con deficiencias en el sistema inmunológico. Este tipo de microorganismos son los más comunes encontrarlos en las aguas residuales” (Morán, 2014, pág. 8).

- Helmintos

Los parásitos de esta categoría son las lombrices intestinales que pueden encontrarse en estas aguas: *Ascaris lumbricoides*, *Tenia saginata* y *Taenia solium*. “La etapa infecciosa de estos varía, en algunos se presentan en el estado mayor o de larva y en otros se presenta en el estado de huevo, muchas especies resisten o llegan a sobrevivir a distintos tipos de tratamientos convencionales” (Morán, 2014, pág. 8).

- Virus

Estas aguas residuales pueden presentar las condiciones adecuadas para que estos proliferen. “Se han detectado más de 100 clases diferentes de virus entéricos que pueden ser capaces de transmitir algún tipo de infección o

enfermedad que provienen de las excretas. La mayoría de estos se reproducen en el tracto intestinal” (Morán, 2014, pág. 9).

1.5. Normativos y reglamentos

Guatemala cuenta con acuerdos gubernativos, acuerdos ministeriales relacionados con aguas residuales y también con normativos asociados al medio ambiente. Se puede tomar como referencia los normativos de países de América como México, Costa Rica, Colombia y Perú.

1.5.1. Normativa nacional

En Guatemala solamente se cuenta con el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos* y consta de 12 capítulos y 75 artículos, sustituye al Acuerdo Gubernativo No. 66-2005. Este reglamento fue publicado oficialmente en el Diario de Centro América el 5 de mayo de 2006 y está actualmente vigente.

El Acuerdo Ministerial No. 105-2008 *Manual general del reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos* del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- publicado el 18 de enero de 2008 en el Diario de Centro América.

El Acuerdo Gubernativo No. 12-2011 *Reglamento de descargas de aguas residuales en la cuenca del lago de Atitlán*. Este documento establece los parámetros y límites máximos permisibles dentro de los cuerpos receptores de la cuenca del Lago.

También conviene mencionar el Decreto Número 68-86 *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente* del Congreso de la República de Guatemala, en su Artículo No. 15 “Sistema hídrico” y el Artículo No. 97 “Descarga de aguas residuales” del Decreto Número 90-97 “CÓDIGO DE SALUD” del Congreso de la República de Guatemala.

La Constitución Política de la República de Guatemala que en su Artículo 97 “Medio ambiente y equilibrio ecológico” establece se prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga un equilibrio ecológico.

En cuanto a normativas internacionales en la región de América están:

La Norma Oficial Mexicana NOM-001SEMARNAT-1996 y PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017, donde establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.

En Costa Rica El Decreto Ejecutivo No. 33601S-MINAE establece el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales aplicado en todo el territorio costarricense y tiene por objetivo la protección de la salud pública y del ambiente. Los cuales pueden tomarse como referencia bibliográfica para establecer datos específicos que la normativa nacional no los incluye.

En Colombia Se encuentra el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000.

En Perú se aprueba los límites permisibles para los afluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales a través del Decreto Supremo No. 003-2010-MINAM.

Figura 3. **Estructura jurídica relacionada a las aguas residuales**



Fuente: elaboración propia, pirámide invertida de Kelsen.

1.6. Características de una PTAR

Para el diseño de la planta de tratamiento se llevan a cabo diferentes análisis entre los que se mencionan físicos, químicos y bacteriológicos, los cuales se detallan a continuación.

1.6.1. Parámetros del agua residual

Se deberán tener claro los parámetros y las condiciones específicas necesarias para el diseño de una planta de tratamiento de agua residual -PTAR-, ya que al establecer adecuadamente dichos elementos se determina la

solución óptima e idónea, tamaño de la planta con respecto a directrices importantes como la fuente y calidad del agua que se tratará, composición y origen de las aguas residuales que se producen, topografía del lugar de influencia y sus sectores aledaños, el número de población y el crecimiento estimado.

Para este caso se analizarán los parámetros establecidos en el A.G. No. 236-2006 en su Artículo No. 16, en el cual incluye los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados, se mencionan a continuación:

- Temperatura
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Grasas y aceites
- Materia flotante
- Sólidos suspendidos totales
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)
- Demanda química de oxígeno
- Nitrógeno total
- Fósforo total
- Arsénico
- Cadmio
- Cianuro total
- Cobre
- Cromo hexavalente
- Mercurio
- Níquel
- Plomo

- Zinc
- Color y
- Coliformes fecales

1.6.2. Etapas de una PTAR

Para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), se debe de definir los niveles de tratamiento con el objetivo que cada nivel disminuya la carga contaminante del agua hasta llegar a los límites permisibles.

1.6.2.1. Pretratamiento

Se define como preliminar porque consiste en retirar todo aquel material voluminoso que pudiera llegar, como hojas, desechos sólidos, ramas de árboles, material flotante y material solido de gran tamaño. “Generalmente está conformada por una rejilla, un desarenador y una trampa de grasas. Es muy importante también incluir un sistema de medición de caudal” (INFOM, 2016).

- Cribado

Es la remoción de sólidos de gran tamaño tales como botellas, palos, bolsas, balones, llantas y demás elementos desechados en el accionar humano, a través de rejillas de barras o tamices. “Los sólidos son removidos para evitar problemas las partes de la PTAR ya que pueden ocasionar el tapamiento de tuberías y severos daños a los equipos. Los materiales retenidos en las rejillas y tamices se los conoce con el nombre de residuos o basuras” (Metcalf & Eddy, 1995, pág. 228).

- **Desarenador**

La eliminación de arenas se puede llevar a cabo mediante un canal o depósito, donde es controlada cuidadosamente la velocidad de las aguas residuales, permitiendo que las arenas y piedras se sedimenten por gravedad, aun cuando la mayoría del material orgánico se mantiene con el flujo. “Estos se suelen colocar después del desbaste y antes de los tanques de sedimentación primaria” (Metcalf & Eddy, 1995, pág. 520).

1.6.2.2. Tratamiento primario

Esta etapa tiene como propósito eliminar los sólidos en suspensión a través de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por sustancias químicas tales como coagulantes y floculantes. El agua residual se deja depositada en grandes estanques decantadores y permanece retenida de 1 a 2 horas en algunos casos y hasta 24 horas en otros, en algunos casos, pero en raras ocasiones se agregan compuestos químicos tales como sales de hierro, aluminio y polielectrolitos floculantes para completar el proceso. “Algunas veces pueden incorporar unidades de filtración, flotación y precipitación, dependiendo de las características del agua residual” (INFOM, 2016).

- **Sedimentación**

El objetivo de este tratamiento es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga en el tratamiento biológico. “Tales tanques son llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios, siendo lo suficientemente grandes para que los sólidos fecales puedan depositarse. Los tratamientos para las aguas residuales pueden ser: tanque Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación” (Reglamento Nacional de Edificaciones Perú, 2004, pág. 27)

1.6.2.3. Tratamiento secundario

Es el proceso para remover la materia orgánica disuelta, que se logra al tener un ambiente propicio para que las bacterias puedan alimentarse de esa materia orgánica, es decir, es un proceso que utiliza microorganismos para tratar el agua. “Hay dos grandes grupos: anaeróbicos el cual es un proceso sin oxígeno y aeróbicos que necesitan oxígeno” (INFOM, 2016).

- **Fangos activados**

Las plantas de fangos o lodos activos como regularmente se le denomina a este proceso aerobio de biomasa suspendida, “utilizan diversos mecanismos para hacer uso de oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica como también pueden atrapar partículas de material” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- **Filtros percoladores**

Los filtros percoladores o camas filtrantes “son aquellas en las que las aguas residuales son rociadas en la superficie de una profunda cama compuesta de carbón, piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos, los cuales deben contener altas superficies para soportar las biopelículas que se forman” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- **Placas rotativas y espirales**

Son usadas las placas o espirales de revolución lenta para “el sumergimiento parcial en las aguas, creando un floculo biótico que proporciona el substrato requerido” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- Reactor biológico de cama móvil

El MBBR según sus siglas en Ingles, “asume la adición de medios inertes en vasijas de fangos activos existentes para proveer sitios activos, con la intención de reunir la biomasa, manteniendo una alta densidad de la población de biomasa e incrementando la eficiencia” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- Filtros aireados biológicos

Los filtros anóxicos biológicos “combinan la filtración con una reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación, incluyendo usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. La finalidad de este medio es el alto soporte de la biomasa activa” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- Reactores biológicos de membranas

Este sistema es aquel que con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos; “este se compone en 2 partes integradas unilateralmente siendo, el reactor biológico responsable de la depuración biológica y por el otro lado, la separación física de la biomasa y el agua a través de un sistema de filtración por membranas” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- Sedimentación secundaria

Se constituye como el paso final de “la etapa secundaria del proceso de tratamiento de aguas residuales, donde son retirados los flóculos biológicos del material de filtro, produciendo agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

1.6.2.4. Tratamiento terciario

También llamado tratamiento fisicoquímico-biológico, dentro de todo el proceso del tratamiento de las aguas residuales esta es la fase final, “en la cual se practican una serie de procesos para aumentar la calidad del agua a estándares requeridos para su descarga en ríos, mares, lagos, campos y demás cuencas hidrográficas” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- **Filtración**

La filtración de arena “retiene gran parte de los residuos de materia suspendida y las toxinas residuales, son retenidas por el carbón sobrante de la filtración” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- **Lagunaje**

Este método de lagunas proporciona “sedimentación y mejora biológica adicional por almacenaje en charcos y lagunas artificiales, tratándose de una imitación de los procesos de autodepuración que un río o un lago, somete a las aguas residuales de forma natural” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- **Humedales artificiales**

Incluyen camas de cañas o una serie de “métodos similares que proporcionan un alto grado de materia biológica aerobia y pueden utilizarse a menudo en lugar del tratamiento secundario para las poblaciones pequeñas, también para la fitorremediación” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- **Remoción de nutrientes**

Las aguas residuales pueden contener altos índices de presencia de los nutrientes nitrógenos y fósforo, “lo cual puede ser tóxico para las especies de

fauna marina, tales como peces e invertebrados en concentraciones bajas, como también puede crear condiciones insanas en el ambiente. Las algas pueden producir toxinas, su muerte y por consumo de bacterias” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

- Desinfección

El propósito de esta última fase del tratamiento terciario es “reducir substancialmente el número de organismos vivos. La efectividad de este proceso dependerá de la calidad del agua tratada, del tipo de desinfección que se aplique, de la dosis de desinfectante como de otras variables ambientales” (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Generalidades del hospital

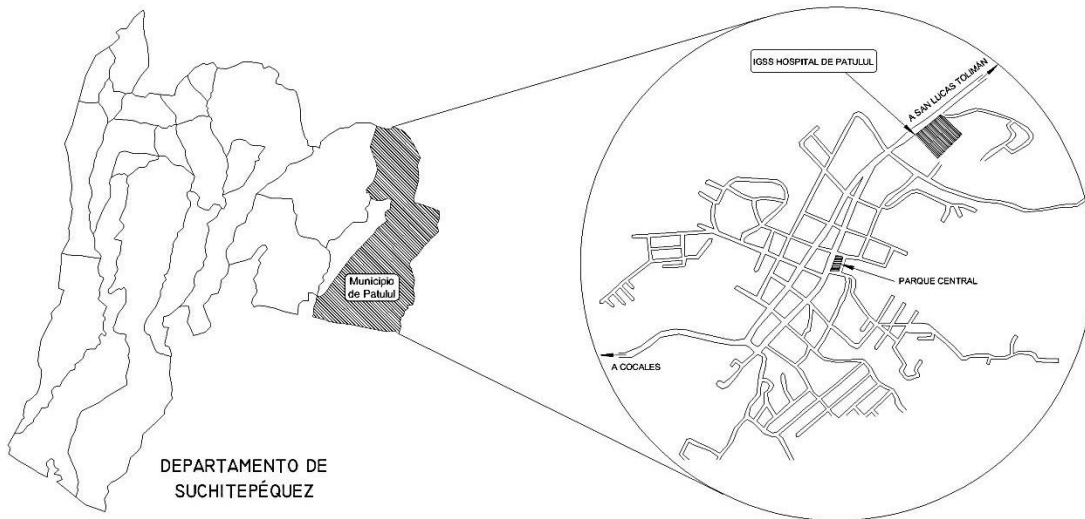
A continuación, se realiza una descripción del nosocomio bajo estudio con el fin de tener una idea general, de la cantidad de personas atendidas diariamente, la forma de consumo de agua y descarga de agua residual del Hospital IGSS de Patulul, Suchitepéquez.

2.1.1. Ubicación del hospital

El hospital se encuentra a 123 kilómetros de la Ciudad de Guatemala y a 60 kilómetros del municipio de Mazatenango cabecera de Suchitepéquez. Se puede llegar al mismo, partiendo de la ciudad capital, por la CA-9 Sur hasta la población de Escuintla (utilizando la autopista Palín-Escuintla), posteriormente la ruta CA-2 Occidente y en la intersección de la RN-11, se conduce en dirección a la población de Patulul, todas las carreteras se encuentran asfaltadas. El tiempo aproximado es de 2 horas y 20 min.

El hospital se encuentra ubicado en el municipio de Patulul dentro del departamento de Suchitepéquez en la región Sur Occidental de Guatemala. Limita al Norte con el municipio de San Lucas Tolimán del departamento de Sololá, al Este con los municipios de Pochuta y Yepocapa de departamento de Chimaltenango, al Sur con los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa y Nueva Concepción del departamento de Escuintla, al Oeste con los municipios de Santa Bárbara y San Juan Bautista del departamento de Suchitepéquez.

Figura 4. **Ubicación del hospital**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

El polígono del terreno es regular con 13,964.00 m² de extensión aproximadamente, cuenta con un área de construcción de 1,680.00 m² que representa el 12.03 % del terreno, que es ocupado para las áreas médico-administrativas, caminamientos, parques y áreas de seguridad. El área verde es de 12,284 m² que representan el 87.97 % del terreno (POA IGSS Hospital de Patulul, 2019). El terreno se encuentra ubicado dentro de una colina o cerro con una diferencia de alturas desde la base a la parte más alta de 30 metros aproximadamente.

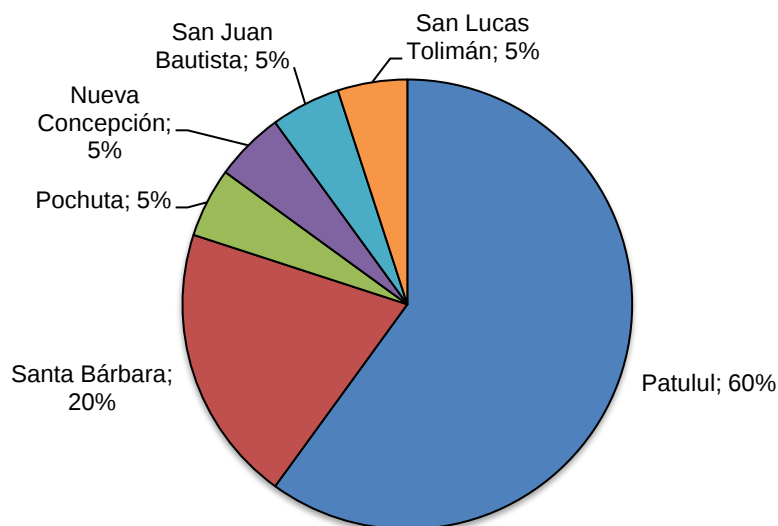
El ingreso al nosocomio se encuentra sobre la carretera Patulul - San Lucas Tolimán, la construcción es de marcos estructurales de un solo nivel en toda su construcción.

2.1.2. Descripción del hospital

El centro hospitalario del IGSS en Patulul fue construido de enero de 1,965 a febrero de 1,966, inaugurado en el año 1,966 ofrecía únicamente el programa de accidentes, funcionando así durante 30 años. En 1996 se inició parcialmente la extensión de cobertura aumentando progresivamente la cantidad de pacientes consultantes. “A manera de ejemplo en 1,996 se atendieron 9,478 pacientes, mientras que en el año 2,014 fueron 46,812 pacientes atendidos, contando con cobertura empresarial a 147 empresas afiliadas” (POA IGSS Hospital de Patulul, 2021, pág. 7).

Las relaciones geográficas resultan importantes para los datos de la población de afiliados y derechohabientes, esta relación determina la población a atender por la proximidad y la carencia de unidades médicas hospitalarias en las comunidades cercanas.

Figura 5. **Población atendida por municipio**



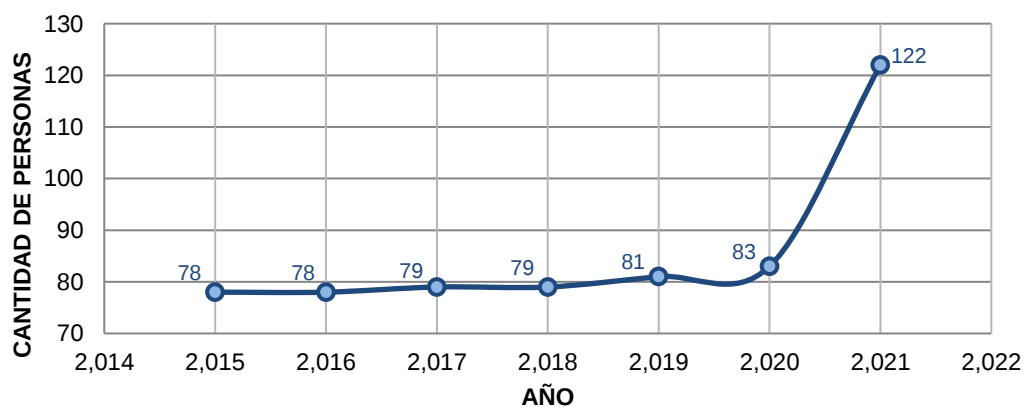
Fuente: Plan Operativo Anual -POA- (2021). *Población atendida por municipio.*

El nosocomio se categoriza como hospital nivel I ya que cuenta con los servicios de emergencia, consulta externa y hospitalización. El terreno donde se ubica la construcción del hospital es propio. En la actualidad por la crisis sanitaria que atraviesa el territorio nacional a causa de la pandemia, el hospital cuenta con un área para la atención de pacientes con posibles casos de COVID-19, separada de las áreas de Consulta Externa y Emergencia.

2.1.3. Recurso humano

El número de colaboradores dentro del hospital en este año 2021 es de 122 personas, las cuales desarrollan diferentes funciones dentro del nosocomio, 37 personas trabajan dentro de las áreas administrativas como lo son el director médico, administrador, secretarias, registradores de datos, camareros, oficial administrativo, pilotos. Las 85 personas restantes laboran en las áreas hospitalarias como lo son médicos, jefe del servicio de enfermería, superintendente de enfermería, enfermeras, laboratoristas, jefe y auxiliares de laboratorio, técnicos de radiología.

Figura 6. Recurso humano del hospital

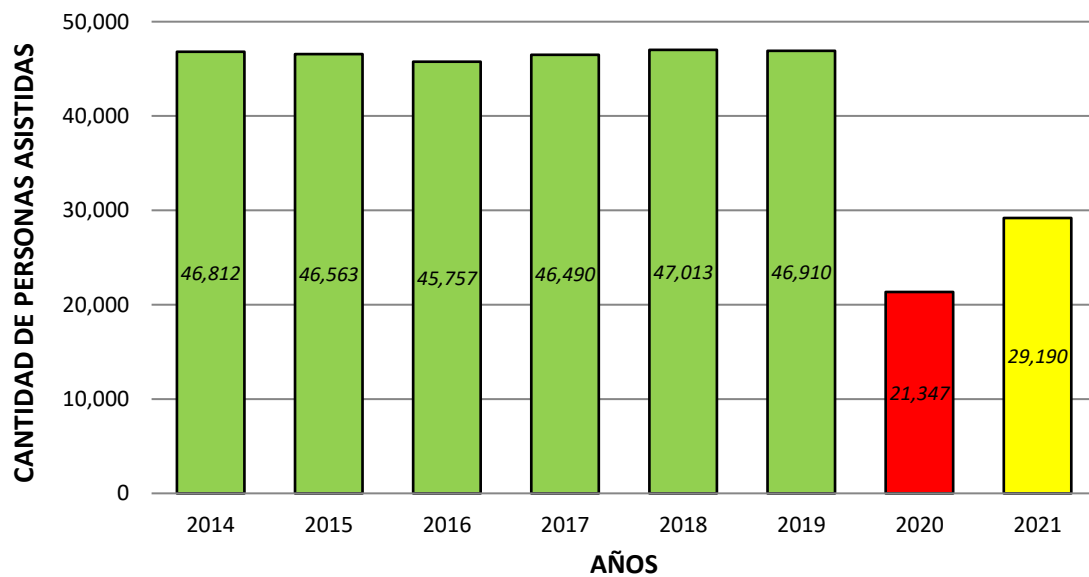


Fuente: Plan Operativo Anual -POA- (2015 al 2021). *Distribución del recurso humano por año del Hospital del Patulul.*

2.1.4. Personas asistidas

La cantidad de personas atendidas por el hospital durante el 2019 fue de 46,910 derechohabientes los cuales se distribuyen entre afiliados, esposas o compañeras, hijos beneficiarios, pensionados programa de accidentes, pensionados programa IVS, jubilados del estado y población no afiliada. Las personas atendidas durante el 2020 fueron de 21,347.

Figura 7. **Personas asistidas en el hospital por año**



Fuente: Sistema Integral de Información SII-IGSS (2021). *Reporte anual de personas asistidas por servicio del Hospital de Patulul.*

Los datos anteriores muestran la reducción de la asistencia hospitalaria en un 45.51 % por las restricciones sanitarias ocasionadas por la pandemia.

Para determinar la población asistida por la unidad médica se revisó la información en Plan Operativo Anual POA 2021 y en el Sistema Integral de

Información SII-IGSS del año 2019 al 2021 de servicio de consulta externa, emergencia y hospitalización. En los datos siguientes no se toma en cuenta el tipo de enfermedad por el que asisten, únicamente el número de personas asistidas.

En el año 2019, antes de la pandemia el hospital contaba únicamente con 20 camas censables, en la actualidad el hospital cuenta con 27 camas censables utilizadas para el servicio de hospitalización dentro del nosocomio y 7 camas que se utilizan en el módulo de aislamiento COVID. Para un total de 27 camas (SII-IGSS Hospital de Patulul, 2021).

Tabla VI. **Número de camas del hospital en el año 2021**

Área	Descripción	No censables	Censables
Aislamiento COVID	Hombres	4	0
	Mujeres	3	0
	Hombres	0	8
Módulo de hospitalización	Mujeres	0	6
	Maternidad	0	2
	Pediatría	0	4
SUBTOTAL		7	20
Total		27	

Fuente: SII-IGSS Hospital de Patulul (2021). *Cantidad de camas instaladas en hospitalización.*

Según la capacidad instalada del nosocomio se tiene en promedio los siguientes datos: porcentaje de ocupación del 17.88 % y un promedio de estancia de 2.60 días. Datos que se pueden tomar como indicadores hospitalarios, tomados del consolidado del movimiento de pacientes

hospitalizados según capacidad instalada por servicios (SII-IGSS Hospital de Patulul, 2021).

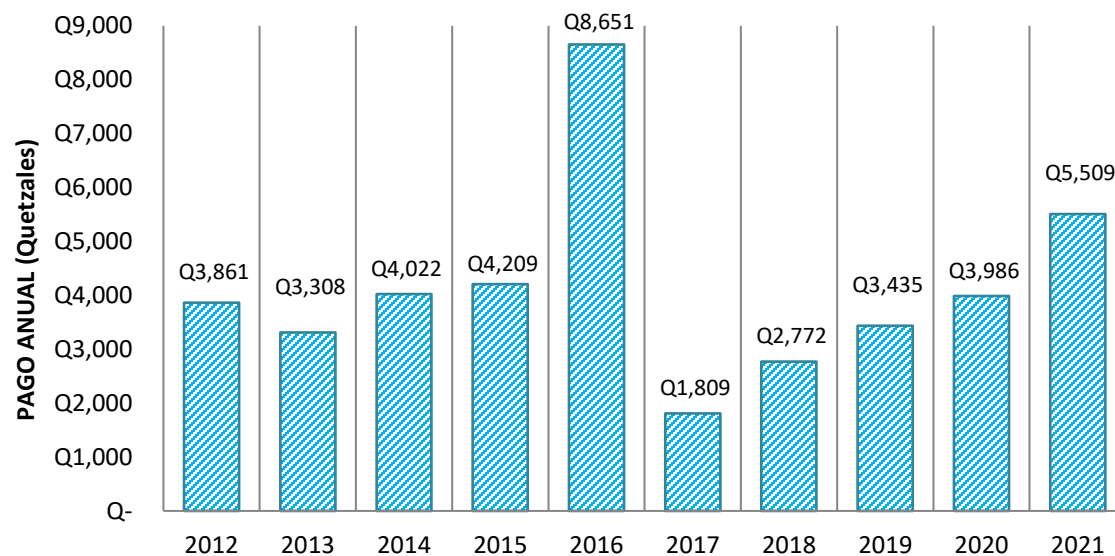
El porcentaje de ocupación es bajo en relación con los años anteriores, debido a que la cantidad de personas hospitalizadas disminuyó durante la pandemia, el cierre parcial del servicio de hospitalización, personal del hospital en cuarentena por contagio de COVID, la inasistencia de personas en el servicio de emergencia y consulta externa, tales factores internos y externos alteran los índices hospitalarios.

2.1.5. Consumo de agua potable

El hospital se abastece de agua potable a través de una conexión municipal que ingresa al inmueble por medio de una tubería de HG de 2" de diámetro hacia el primer tanque de almacenamiento semienterrado con un volumen aproximado de 20 m³, esta red hidráulica cuenta con una bomba de 5 HP que permite mover el agua al tanque superior semienterrado de aproximadamente 30 m³.

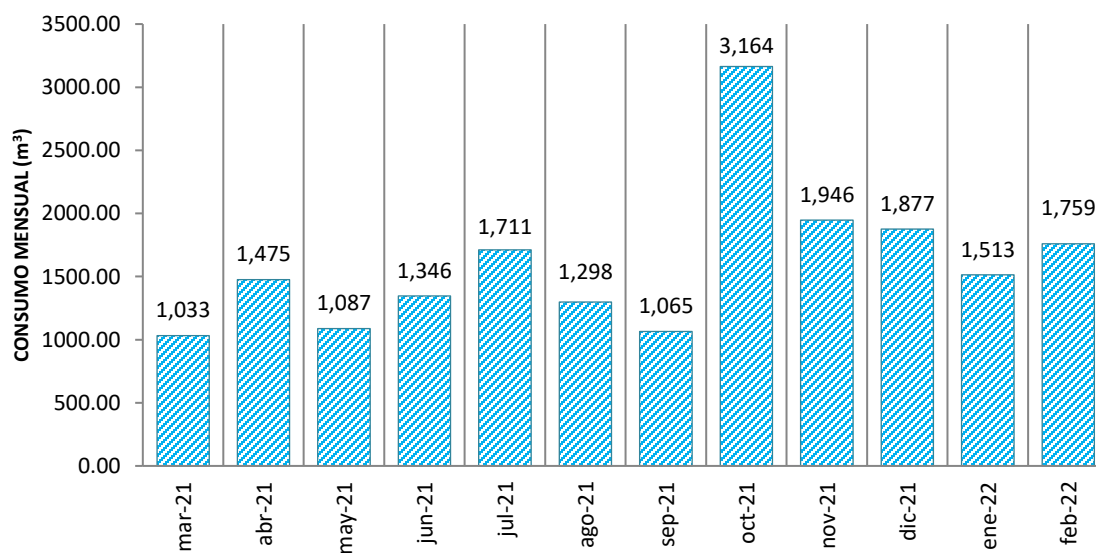
La diferencia de alturas entre los tanques es de 20 m, el diámetro de la tubería metálica es de 3" y tiene una longitud de 150 m el cual conecta a los tanques. El tanque superior por gravedad provee de agua por medio de la red de distribución que conecta a los diferentes servicios del hospital.

Figura 8. Pagos anuales en agua potable



Fuente: Centro de Costo del Hospital de Patulul (2021). *Reporte anual de pago de servicios.*

Figura 9. Consumo mensual de agua potable



Fuente: Sección de Mantenimiento del Hospital (2021). *Registro del consumo de agua potable.*

En las gráficas anteriores se muestra el registro que se lleva en el Centro de Costo del hospital, el cual tiene un registro mensual desde el año 2012 a la fecha, en relación con el gasto por servicio de agua municipal. El registro del consumo de agua se lleva en forma mensual y se realiza una evaluación anual sobre el funcionamiento del contador, se inició el registro en el mes de marzo de 2021 y actualmente se lleva el control como parte del historial registrado.

2.1.6. Residuos sólidos hospitalarios

En base al Acuerdo de Gerencia 57/2003 se emite el “Manual de gestión y manejo de desechos sólidos hospitalarios del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social”, el cual establece conformar y organizar el Comité de Desechos Sólidos Hospitalarios con integrantes multidisciplinarios quienes tienen diferentes funciones dentro del nosocomio, algunos de ellos, “determinar los puntos de generación de los desechos, establecer una clasificación adecuada que permita un manejo eficiente, económico y seguro, organizar y ejecutar capacitaciones constantes al personal” (IGSS, 2003, pág. 2).

Dicho acuerdo proporcionar al personal del Instituto “apoyo didáctico, formación técnica, sistemática y estandarizada sobre la gestión y manejo de desechos sólidos hospitalarios, dictando normas y procedimientos para ser cumplidas por el empleado que tiene contacto directo con la generación y manejo de los desechos sólidos hospitalarios” (IGSS Hospital de Patulul, 2019, pág. 17).

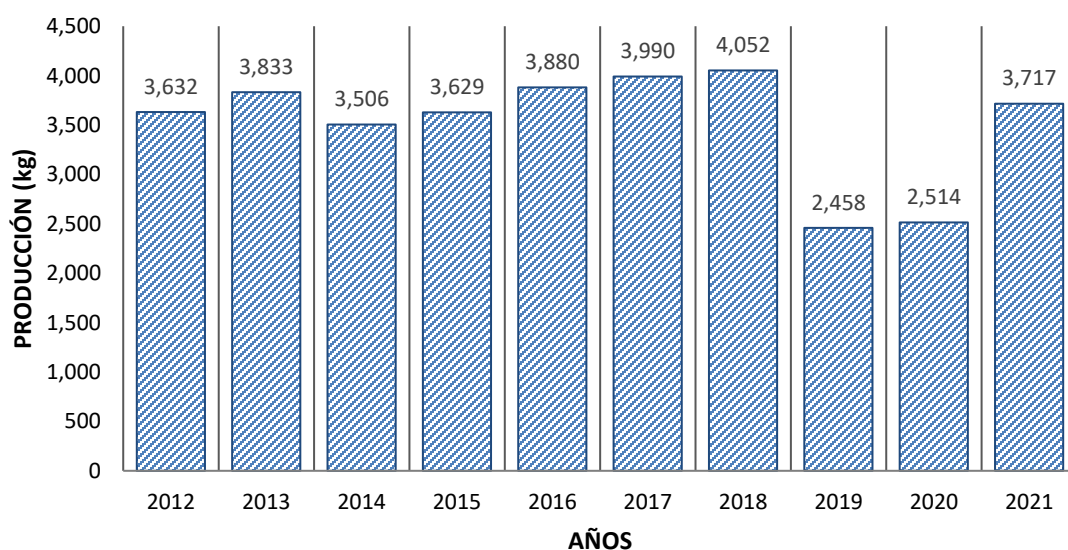
El Plan de Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios, es elaborado por el comité y describe los procesos internos en la generación, estableciendo la ruta de evacuación hasta el centro de acopio. Este plan debe de ser aprobado

por un profesional externo a la unidad médica debidamente registrado ante el Ministerio de Salud Pública.

La unidad médica cuenta con un centro de acopio el cual separa los desechos comunes y bioinfecciosos, dichos desechos son retirados del hospital de forma semanal. En relación con los desechos bioinfecciosos, se realiza por medio de un servicio contratado y son retirados del nosocomio por una empresa privada el cual programa su recolección 2 veces por semana y realiza el transporte hasta su disposición final, dicha empresa debe de estar debidamente autorizada y cumplir con los requisitos que establecen las leyes en materia.

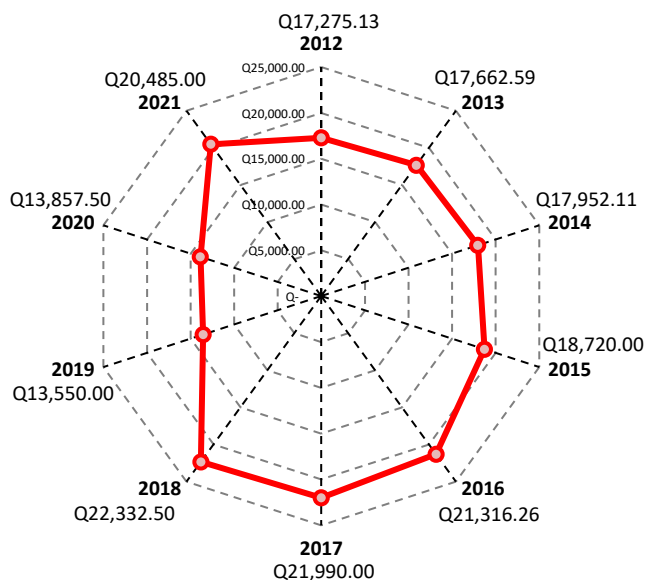
La unidad médica registra la cantidad en libras que producen en forma semanal, mensual y anual de las diferentes áreas generadoras. A continuación, se presenta la producción de desechos Bioinfecciosos de los registros anuales desde el año 2012 al 2020.

Figura 10. **Producción anual de desechos bioinfecciosos**



Fuente: Centro de Costo del Hospital de Patulul (2021). *Reporte anual de pago de servicios.*

Figura 11. **Pagos anuales por extracción de desechos bioinfecciosos**



Fuente: Centro de Costo del Hospital de Patulul (2021). *Reporte anual de pago de servicios.*

2.1.7. Sistema de evacuación de aguas residuales

El sistema de red de aguas residuales existente está integrado por varias cajas de registro dentro de las áreas internas y externas del hospital, con el fin de conducir hacia el colector municipal dichas aguas. Las cajas tienen cámara doble el cual conducen las aguas negras y pluviales en forma separada y unificando los caudales en la caja unificadora No. 2 (CU2).

Las cajas tienen diferentes dimensiones, la caja de registro más pequeña es la CR1 de 0.60 x 0.60 m (ancho x largo) y la caja más grande es la CR3 con dimensiones de 2.30 x 1.90 m, las profundidades de las cajas varían, ya que están en función de las cotas invert de salida de cada una de ellas y la topografía del terreno.

A la red se conectan las aguas provenientes de los servicios sanitarios para afiliados y los diferentes servicios hospitalarios tales como: emergencia, áreas de hospitalización, servicios sanitarios de personal, cuarto de médicos, clínicas (medicina general, ginecología, pediatría, odontología), área de rayos x, lavandería, áreas de lavado de instrumentos de limpieza, Central de Equipos y Esterilización -CEYE- y área de cocina.

De las observaciones de campo y las revisiones de planos suministrados por la unidad médica, el personal realiza el mantenimiento en forma anual, realizando la extracción de sedimentos acumulados en la red, no se lleva un control de la cantidad de sedimentos extraídos.

2.2. Muestreo y descripción de los elementos utilizados en campo

El muestreo se realizó en la caja unificadora de caudales No. 2 (CU2) más cercana a la candela municipal con el objeto de obtener la muestra compuesta y que contenga las aguas residuales de todos los servicios del hospital en estudio.

2.2.1. Instrumento de medición

La toma de muestras se realizó de forma experimental con el equipo para medición de caudal marca ISCO, modelo 2150; que permite la medición de pequeños caudales por medio de un sensor de área-velocidad. El equipo toma mediciones de altura y temperatura a intervalos de 5 minutos, de acuerdo con el procedimiento de medición de caudal PRO25-MUE.

Para la medición del caudal en el primer análisis realizado en junio se utilizó un vertedero en V de 60° y para el segundo análisis realizado en

diciembre se utilizó un vertedero en V de 45°, las mediciones de caudal se realizaron en intervalos de 5 min obteniendo resultados por 24 horas.

2.2.2. Toma de muestra

Se realizaron 2 tomas de muestras, de tipo compuestas y el aforo asociado a cada monitoreo fue realizado en el mismo punto. El primer monitoreo se realizó el 30 y 31 de julio del año 2021 y el segundo monitoreo el 4 y 5 de diciembre del mismo año. Se realizó el monitoreo por 24 horas, en la toma de muestras se utilizó el método PRO19-MUE y para la preservación de la muestra se utilizó el método INS04-MUE, utilizando un recipiente plástico, vidrio y bolsa estéril. Durante todo el proceso se utilizando equipo de protección personal y sanitaria.

Los parámetros analizados fueron: fisicoquímicos, bacteriológicos y metales pesados, obteniendo muestras de tipo residual especial. Tomando en cuenta que el hospital tiene un sistema combinado (agua pluvial y residual), es importante mencionar que en las fechas que se instaló el equipo no hubo precipitación que incrementara el caudal, ni alterara los valores de temperatura, por tal razón se puede decir que los valores obtenidos son datos de caudal residual.

Figura 12. **Ubicación del punto de muestreo dentro del hospital**



Fuente: [Fotografía de Camilo García]. (Patulul, Suchitepéquez. 2021). Colección particular.
Guatemala.

De las muestras obtenidas en campo, se preservaron en una hielera a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante todo el tiempo de muestreo hasta el traslado al laboratorio de ECOQUIMSA. Los puntos de muestreo se muestran a continuación con coordenadas geográficas:

Punto de muestreo número 1: $14^{\circ}25'37.34''\text{N } 91^{\circ}09'25.34''\text{W}$

Punto de muestreo número 2: $14^{\circ}25'37.40''\text{N } 91^{\circ}09'25.50''\text{W}$

3. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL Y SU PROPUESTA DE TRATAMIENTO

Para determinar la propuesta de tratamiento se realizó el análisis del agua residual, también se realizaron análisis al agua potable con el objetivo de establecer los parámetros de calidad de cada uno de ellos, tanto del agua que es consumida en diferentes actividades, como las aguas descargadas en cada uno de los servicios del hospital.

3.1. Caracterización del agua potable

Los resultados de las muestras obtenidas y evaluadas en el laboratorio, correspondientes al agua potable que es suministrado al hospital se muestran a continuación:

Tabla VII. Resultados de laboratorio del agua potable

Parámetro	Método de análisis	Límite de detección	Dimensional	Resultado No. 1	Resultado No. 2	Promedio
Cloro Residual	Spectroquant® Merck 14801	0.10	mg/l - Cl ₂	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Cloruros	Spectroquant® Merck 14897	0.40	mg/l - Cl ⁻	12.80	4.40	8.60
Color	STM 2120 C	1.00	u Pt-Co	8.00	< 1.00	8.00
Conductividad	STM 2510 B	0.10	μS/cm @ 25°C	147.00	157.80	152.00
Nitratos	Spectroquant® Merck 14773	0.17	mg/l - NO ₃ ⁻	3.14	4.34	3.74
Nitritos	Spectroquant® Merck 14776	0.028	mg/l - NO ₂ ⁻	0.095	< 0.028	0.095
Olor	Organoléptico	---	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable
pH	STM 4500-H+ B	0.01	---	6.99	7.27	7.13

Continuación de la tabla VII.

Sulfatos	Spectroquant® Merck 02537	2.00	mg/l - SO ₄ -2	7.00	9.00	8.00
Turbiedad	STM 2130 B	0.50	UNT	2.00	1.0	1.50
Coliformes totales	STM 9221 B y C	1.10	NMP/100 ml	> 8.00	> 23.0	> 23.00
Escherichia coli	STM 9221 G	1.10	NMP/100 ml	> 8.00	> 23.0	> 23.00
Calcio	STM 3111 B	0.777	mg/l - Ca	11.05	27.68	19.37
Hierro	STM 3111 B	0.049	mg/l - Fe	< 0.048	< 0.049	< 0.049
Magnesio	STM 3111 B	0.047	mg/l - Mg	4.87	5.63	5.25
Manganeso	STM 3111 B	0.014	mg/l - Mn	< 0.013	0.025	0.025
Dureza	STM 2340 B	2.13	mg/l - CaCO ₃	47.64	92.31	69.98

Fuente: elaboración propia.

Los datos antes presentados fueron tomados del tanque superior semienterrado, tomando en consideración el método de análisis para cada parámetro, el límite de detección, las fechas en las cuales se tomaron las muestras y el promedio de los valores obtenidos.

3.2. Comparación de resultados del agua potable con la norma COGUANOR NTG 29001

La norma técnica guatemalteca de agua para consumo humano (agua potable), establece los límites máximos aceptables (LMA) y los límites máximos permisibles (LMP) de las características del agua, entre ellas están las organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, que no presentan un riesgo para la salud si cumplen con lo establecido.

Las muestras extraídas fueron llevadas al laboratorio para un programa de análisis minino como lo establece el numeral 4.8 de la norma COGUANOR NTG 29001, mostrando los siguientes resultados:

Tabla VIII. Características físicas y organolépticas

Parámetro	Dimensional	Promedio	LMA	LMP
Color	u Pt-Co	8.00	5.00	35.00
Olor	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	UNT	1.50	5.00	15.00
Conductividad	μS/cm @ 25°C	152.40	750.00	1500.00
pH	---	7.13	7.00 - 7.50	6.50 - 8.50

Fuente: ECOQUIMSA (2021). *Informe de resultados de laboratorio del agua potable.*

Tabla IX. Características químicas y microbiológicas

Parámetro	Dimensional	Promedio	LMA	LMP
Cloro Residual	mg/l - Cl ₂	< 0.10	0.50	1.00
Cloruros	mg/l - Cl ⁻	8.60	100.00	250.00
Dureza	mg/l - CaCO ₃	69.98	100.00	500.00
Sulfatos	mg/l - SO ₄ ⁻²	8.00	100.00	250.00
Calcio	mg/l - Ca	19.37	75.00	150.00
Magnesio	mg/l - Mg	5.25	50.00	100.00
Manganeso	mg/l - Mn	0.03	0.10	0.40
Hierro	mg/l - Fe	< 0.049	0.30	---
Nitratos	mg/l - NO ₃ ⁻	3.74	---	50.00
Nitritos	mg/l - NO ₂ ⁻	0.10	---	3.00
Coliformes totales	NMP/100 ml	> 23.0	---	No detectable
Escherichia coli	NMP/100 ml	> 23.0	---	No detectable

Fuente: ECOQUIMSA (2021). *Informe de resultados de laboratorio del agua potable.*

Los valores de los parámetros antes presentados y en comparación con la norma de agua para consumo humano, se puede observar que las características físicas, organolépticas, químicas y sustancias inorgánicas, se encuentran por debajo de los límites máximos aceptables (LMA).

Los únicos parámetros que no cumplen son: Coliformes totales y *Escherichia coli* que sobre pasan el LMP establecidos en la norma que pertenecen a las características microbiológicas. Por lo cual el agua no es adecuada para consumo humano, para ser adecuada deberá de realizarse algún tratamiento de desinfección, aunque debe de analizarse si es viable la desinfección para todo el complejo hospitalario o algunas áreas específicas donde sea necesario.

3.3. Caracterización del agua residual

Los resultados obtenidos de las muestras enviadas y analizadas en el laboratorio, de las aguas descargadas al alcantarillado público se muestran a continuación:

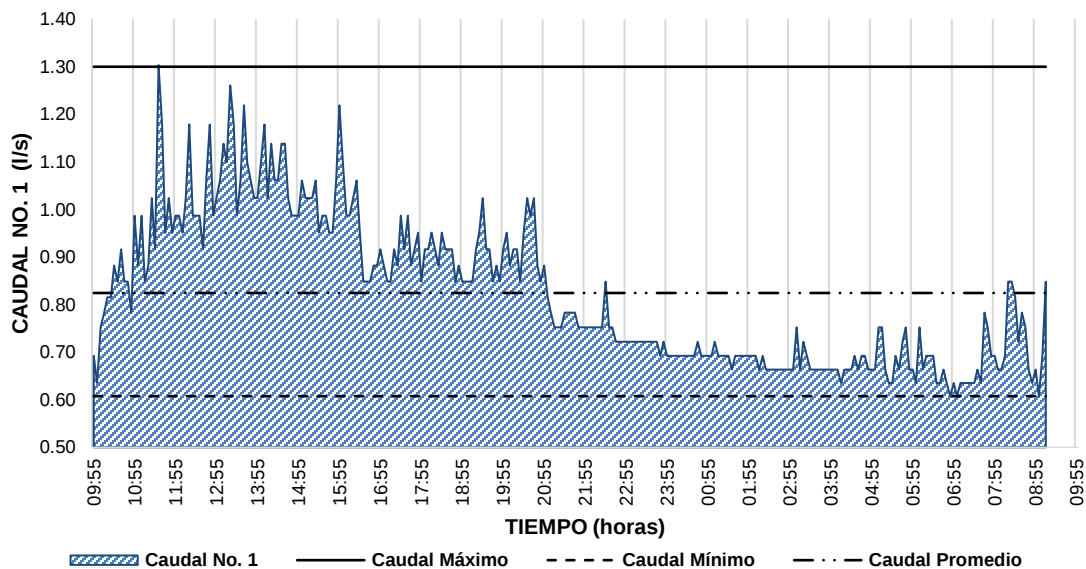
3.3.1. Caudal del agua residual

Los datos obtenidos en el análisis no contienen caudal pluvial, ya que no existieron precipitaciones en esas fechas y no alteraron los resultados. Tomando en cuenta el equipo ISCO, modelo 2150 y los intervalos de medición de caudal a cada 5 minutos, se desglosa una serie de datos a evaluar.

Para los datos presentados a continuación, se determina como caudal No. 1 los datos registrados en el mes de julio y caudal No. 2 los datos registrados en diciembre ambos del año 2021.

Los registros del caudal No. 1 iniciaron el 30 de julio de 2021, tomando el primer valor a las 9:55 horas y finalizando el 31 de julio a las 9:10 horas. Obteniendo un caudal promedio de 0.82 l/s, un caudal máximo de 1.30 l/s, un caudal mínimo de 0.61 l/s y teniendo un rango en el caudal de 0.69 l/s.

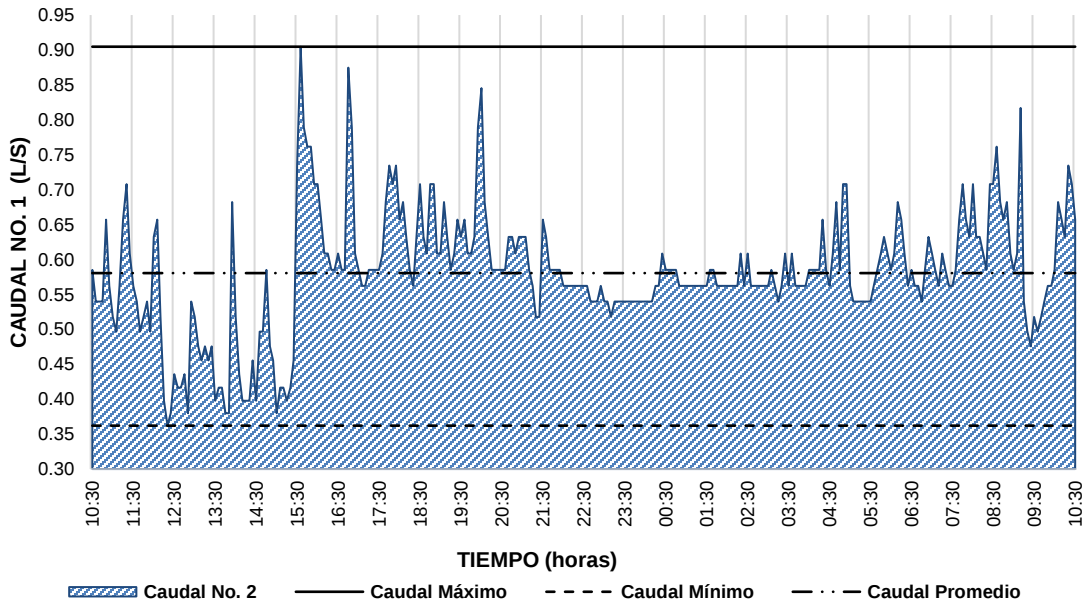
Figura 13. **Hidrograma del análisis realizado en el mes de julio**



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

En la gráfica anterior se observa que después de las 20:00 horas desciende la cantidad de agua descargada y se mantiene una gráfica más estable o dentro de un rango más homogéneo, dentro de ese rango se ve que la cauda tiene poca variabilidad. Las áreas que funcionan durante ese horario, es únicamente la emergencia del hospital y el área de encamamiento (hombres, mujeres, pediátrico).

Figura 14. Hidrograma del análisis realizado en el mes de diciembre

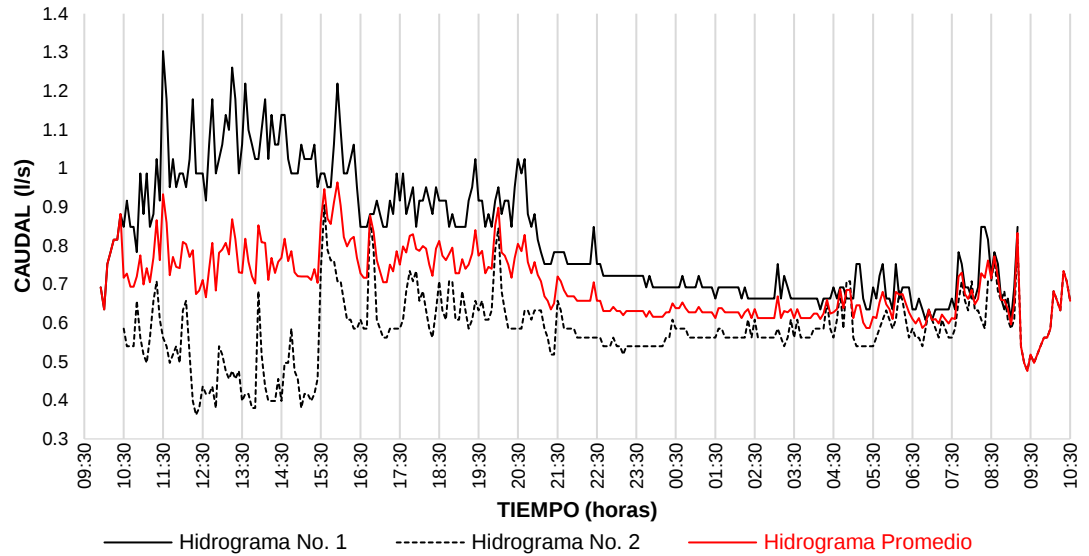


Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Los registros del caudal No. 2 iniciaron el 4 de diciembre de 2021, tomando el primer valor a las 10:30 horas y finalizando el 5 de diciembre a las 10:30 horas. Obteniendo un caudal promedio de 0.58 l/s, un caudal máximo de 0.90 l/s, un caudal mínimo de 0.36 l/s y teniendo un rango en el caudal de 0.54 l/s.

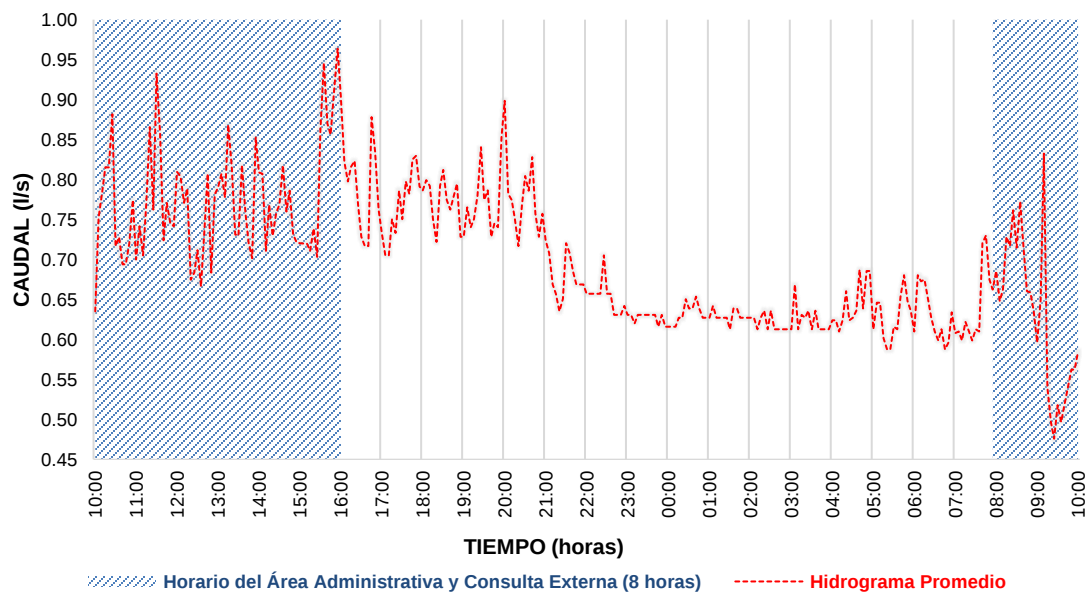
Las mediciones realizadas un julio presentan un caudal mayor y variado con relación a las horas de descarga, los valores de diciembre presentan valores más constantes y menor caudal descargado. Hay que tomar en cuenta el clima del lugar, caracterizado como cálido y tropical con altas temperatura en verano y un decremento en la temperatura que se registra en el mes de diciembre y enero.

Figura 15. Hidrogramas



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 16. Hidrograma promedio y servicios ambulatorios



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Las áreas administrativas y la consulta externa del hospital mantienen un horario de atención de 8:00 a 16:00 horas, mientras que la Emergencia y los encamamientos atienden las 24 horas. Para establecer el valor promedio del caudal total en m^3/s , se toman los valores promedio del caudal No. 1 y No. 2 y se realiza el cálculo siguiente:

Caudal No.1	= 0.82 l/s
Caudal No.2	= 0.58 l/s
Caudal de agua residual promedio	= 0.70 l/s
Caudal máximo	= 0.96 l/s
Caudal mínimo	= 0.48 l/s

Para convertir el caudal a metros cúbicos por día se utiliza el siguiente factor de conversión:

$$\text{Caudal} = (0.70 \text{ l/s}) (60 \text{ s/min}) (60 \text{ min/h}) (24\text{h/día}) (1\text{m}^3/1000\text{l})$$

Caudal de agua residual promedio	= 60.48 $\text{m}^3/\text{día}$
Caudal de agua residual promedio	= 1814.40 m^3/mes

3.3.2. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual

A continuación, se presentan los valores obtenidos de los análisis que fueron sometidas las muestras compuestas de agua residual, fue necesario realizar una caracterización de esta a nivel de laboratorio, la cual se desarrolló de forma fisicoquímica y microbiológica. Las muestras tomadas describen los siguientes parámetros y sus métodos de análisis. Los datos del mes de julio se

representarán como resultado No. 1 y los datos de diciembre como resultado No. 2.

Tabla X. Resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos

Parámetro	Método de análisis	Límite de detección	Dimensional	Resultado No. 1	Resultado No. 2	Promedio
Caudal Promedio	---	---	l/s	0.82	0.58	0.70
Carga de DBO ₅	---	---	kg/día	1.99	2.16	2.08
Cianuro	Spectroquant® Merck 09701	0.01	mg/l - CN ⁻	< 0.008	< 0.007	< 0.008
Color	STM 2120 C	2.00	u Pt-Co	64.00	158.00	111.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	COGUANOR NTG 29014h7	4.00	mg/l - O ₂	28.00	43.00	35.50
Demanda Química de Oxígeno	COGUANOR NTG 29014h8	4.00	mg/l - O ₂	52.00	115.00	83.50
Relación DQO/DBO ₅	---	---	---	1.86	2.67	2.27
Fósforo Total	Spectroquant® Merck 14848	0.02	mg/l - P	1.10	2.00	1.55
Grasas y Aceites	COGUANOR NTG 77002h1	6.94	mg/l	16.00	20.00	18.00
Materia Flotante	Organoléptico	Presente / Ausente	---	Ausente	Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	Spectroquant® Merck 14773	0.20	mg/l - N	15.40	29.60	22.50
pH (in-situ)	STM 4500-H ⁺ B	0.01	---	7.36	7.46	7.41
Sólidos Sedimentables	STM 2540 F	0.10	ml/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Sólidos Suspendidos	STM 2540 D	2.28	ml/l	20.00	35.60	27.80
Temperatura Promedio (in situ)	STM 2550 B	0.10	°C	26.40	24.50	25.45
Coliformes fecales	STM 9221 C y E	1.80	NMP/100 ml	2,200,000	1,700,000	1,950,000

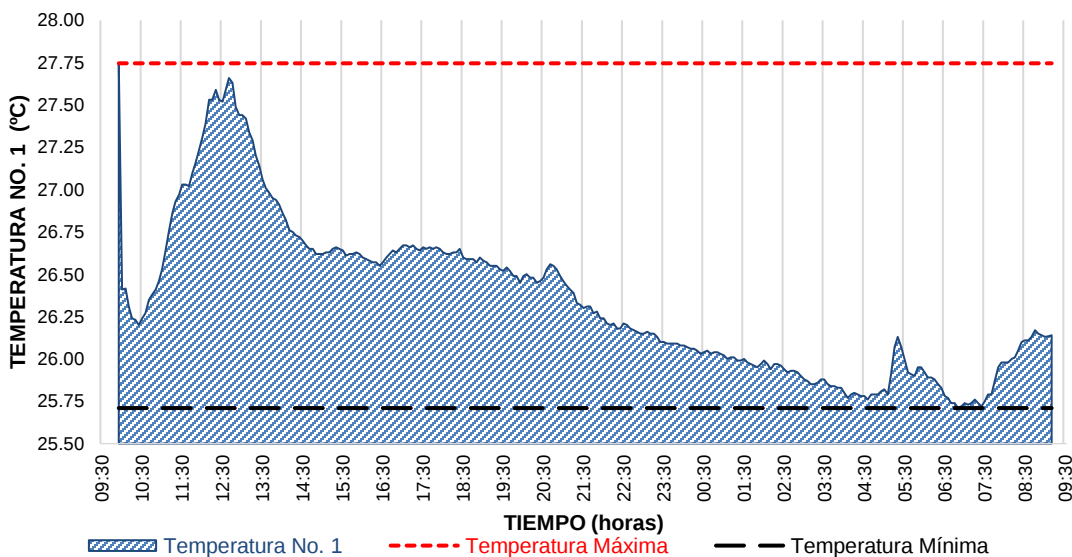
Fuente: ECOQUIMSA (2021). *Informe de resultados de laboratorio del agua residual.*

En la tabla anterior se muestran los valores de los diferentes resultados obtenidos, tomando en consideración el método de análisis normado. Se puede notar un incremento en los valores de los parámetros mostrados en el resultado número 2, los cuales establecen los patrones de consumo del nosocomio.

3.3.2.1. Temperatura

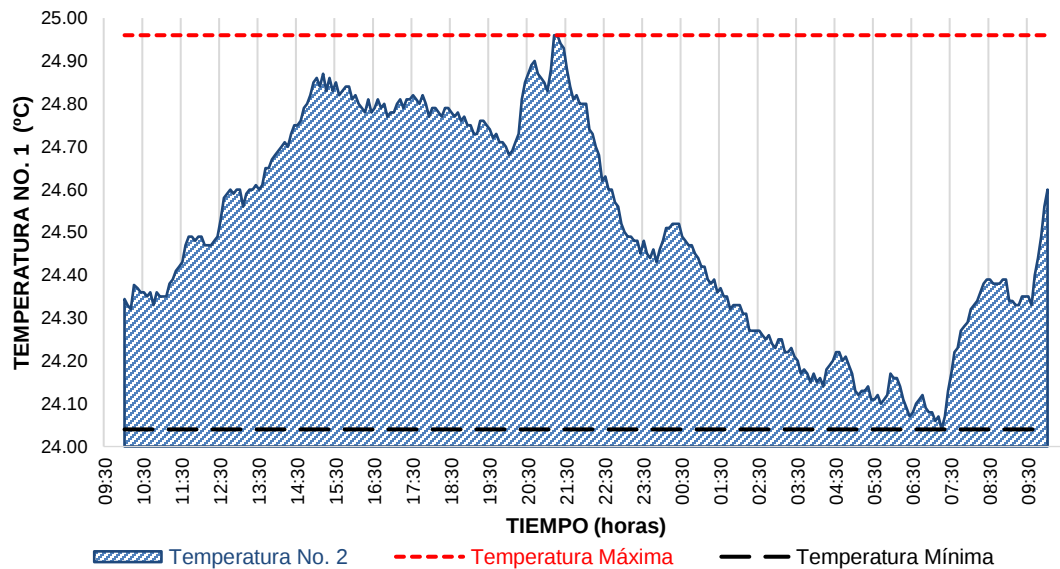
Los valores de temperatura registrados durante 24 horas de análisis en los diferentes meses se describen a continuación, para los datos registrados en julio el agua residual tuvo una temperatura promedio de 26.35 °C, una temperatura máxima de 27.75 °C y una mínima de 25.71 °C, teniendo un rango en la temperatura de 2.04 °C, el cual se muestra en la Figura 19.

Figura 17. Temperaturas del análisis realizado en el mes de julio



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 18. Temperaturas del análisis realizado en el mes de diciembre



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Para los datos registrados en diciembre el agua residual tuvo una temperatura promedio de 24.50 °C, una temperatura máxima de 24.96 °C y una mínima de 24.04 °C, teniendo un rango en la temperatura de 0.92 °C, el cual se muestra en la Figura 20.

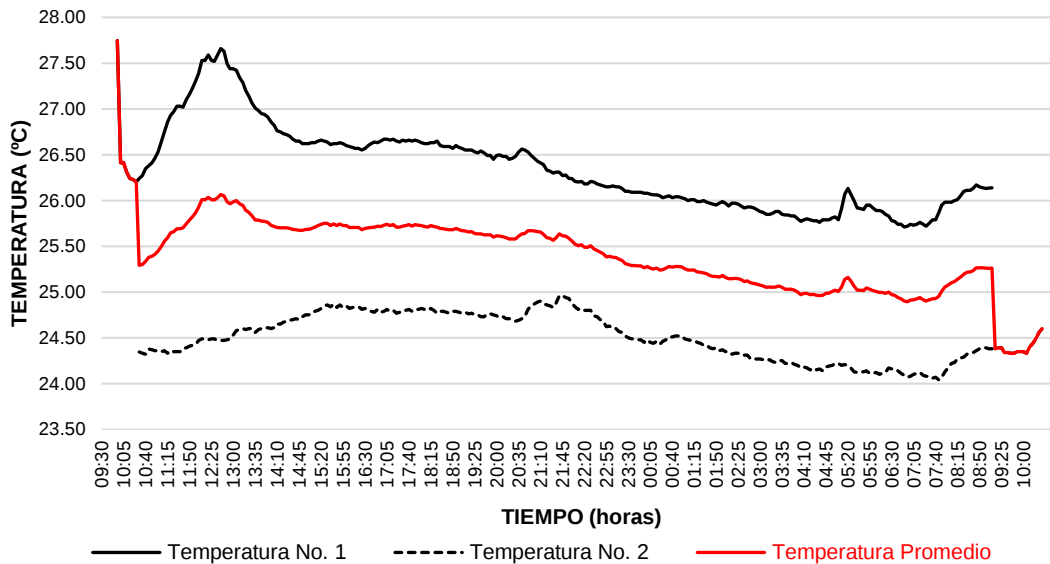
Para establecer el valor de promedio de temperatura total en °C, se toman los valores promedio de temperatura No. 1 y No. 2 y se realiza el cálculo siguiente:

T1 promedio = 26.35 °C

T2 promedio = 24.50 °C

T total promedio = 25.43 °C

Figura 19. Temperatura promedio



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

3.3.2.2. Carga contaminante

Es un valor que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. Para la determinación de la carga contaminante o carga másica se utilizan los valores del caudal aforado, concentración de DBO_5 , se expresa el resultado en kg/día y se utiliza la siguiente formula:

Carga contaminante = Concentración en mg/l x Factor x Caudal en $\text{m}^3/\text{día}$

Factor carga = $(1\text{g}/1000\text{mg}) (1\text{kg}/1000\text{g}) (1000\text{l}/1\text{m}^3)$

Factor carga = $0.001 \text{ kg}\cdot\text{l} / \text{mg}\cdot\text{m}^3$

Concentración DBO_5 No.1 = $(28 \text{ mg/l}) (0.001) = 0.03 \text{ kg/m}^3$

Caudal No. 1 = $(0.82 \text{ l/s}) (86.4) = 70.85 \text{ m}^3/\text{día}$

Carga contaminante No. 1 = $(0.03 \text{ kg/m}^3) (70.85 \text{ m}^3/\text{día})$

Carga contaminante No. 1 = 1.99 kg/día
 Concentración DBO₅ No.2 = (43 mg/l) (0.001) = 0.04 kg/m³
 Caudal No. 2 = (0.58 l/s) (86.40) = 50.11 m³/día
 Carga contaminante No. 2 = (0.04 kg/m³) (50.11 m³/día)
 Carga contaminante No. 2 = 2.16 kg/día
 Carga contaminante promedio = 2.08 kg/día

El factor de operación es aplicado al caudal, para este caso se tomó el factor de operación con valor de 1 ya que son 24 horas de operación al día las que el hospital tiene por contar con servicios de emergencia y hospitalización.

3.3.2.3. Relación DQO / DBO₅

Para la determinación de esta relación se divide el valor de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) entre la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y obtener un promedio de las muestras analizadas.

Demanda Química de Oxígeno (DQO) No. 1	= 52 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) No. 1	= 28 mg/l
$Relacion\ No.\ 1 = \frac{DQO}{DBO_5} = \frac{52\ mg/l}{28\ mg/l} = 1.86$	
Demanda Química de Oxígeno (DQO) No. 2	= 115 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) No. 2	= 43 mg/l
$Relacion\ No.\ 2 = \frac{DQO}{DBO_5} = \frac{115\ mg/l}{43\ mg/l} = 2.67$	
Relación promedio DQO/DBO ₅	= 2.27

3.3.3. Metales pesados del agua residual

Se muestran los valores de los metales presentes en las muestras enviadas al laboratorio, en la tabla se observa el límite de detección del parámetro analizado, el método de análisis utilizado y el resultado obtenido.

Tabla XI. Resultados de los metales pesados del agua residual

Parámetro	Método de análisis	Límite de detección	Dimensional	Resultado No. 1	Resultado No. 2	Promedio
Arsénico	STM 3114 C	0.0007	mg/l - As	< 0.0007	< 0.0008	< 0.0008
Cadmio	STM 3111 B	0.010	mg/l - Cd	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Cobre	STM 3111 B	0.033	mg/l - Cu	0.115	0.066	0.091
Cromo (VI)	Spectroquant® Merck 14758	0.01	mg/l - Cr	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Mercurio	STM 3112 B	0.0006	mg/l - Hg	< 0.0006	0.0009	0.0009
Níquel	STM 3111 B	0.154	mg/l - Ni	< 0.154	< 0.158	< 0.158
Plomo	STM 3111 B	0.087	mg/l - Pb	< 0.087	< 0.090	< 0.090
Zinc	STM 3111 B	0.092	mg/l - Zn	< 0.092	< 0.092	< 0.092

Fuente: ECOQUIMSA (2021). *Informe de resultados de laboratorio del agua residual.*

3.4. Comparación de resultados del agua residual con el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006

Los resultados obtenidos deben de compararse con cada uno de los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y metales pesados para establecer si se cumple con dicho reglamento para la descarga del agua residual generado.

3.4.1. Modelo de reducción progresiva de cargas (MRPC)

En el Modelo de Reducción Progresiva de Cargas (MRPC) de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) para la descarga de agua residual al alcantarillado público conforme al Artículo 26 del A.G. No. 236-2006, establece que para la etapa uno a la cuatro se debe de reducir de forma progresiva los valores. El modelo de reducción se encuentra ubicado en la etapa cuatro con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo de dos mil veinticuatro.

Tabla XII. Etapas de cumplimiento, Artículo 26 del A.G. No. 236-2006

Etapa	Fecha máxima de cumplimiento	Duración (años)	No.	Rango de carga (kg/día)	Reducción
3	2/05/2020	5	1	$3000 \leq EG < 5000$	50 %
			2	$5000 \leq EG < 10000$	70 %
			3	$10000 \leq EG < 30000$	85 %
			4	$30000 \leq EG < 65000$	90 %
4	2/05/2024	4	1	$3000 \leq EG < 4000$	40 %
			2	$4000 \leq EG < 7000$	60 %

Fuente: elaboración propia.

La etapa tres nos muestra cuatro rangos de carga con una reducción porcentual de 50, 70, 85 y 90 para Entes Generadores (EG) o personas que descargan al alcantarillado público. Para la reducción de cargas se deben calcular el Valor Inicial de Carga (VIC) que es igual al valor de carga contaminante calculado anteriormente.

$$\begin{aligned} \text{Valor Inicial de Carga (VIC)} &= \text{carga contaminante promedio} \\ \text{Valor Inicial de Carga (VIC)} &= 2.08 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

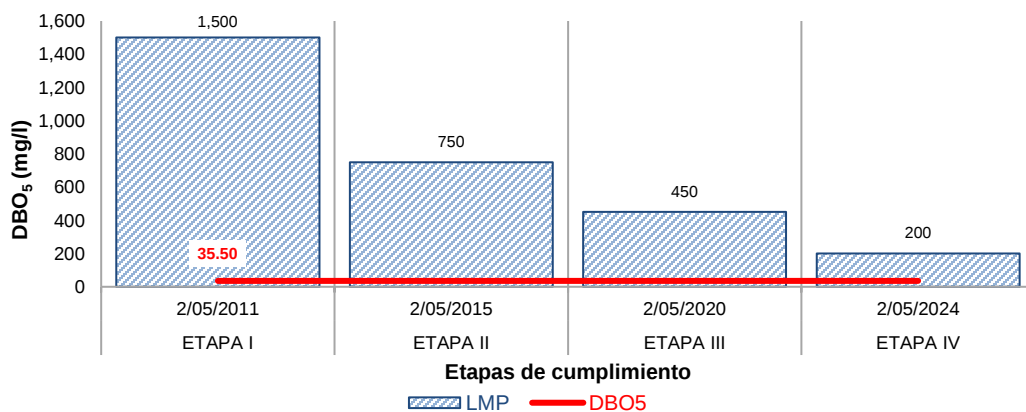
El VIC es menor a 3000 kg/día de carga en las etapas 3 y 4, por lo que cumple con el MRPC del Artículo 26 y se debe continuar con la reducción de cargas del parámetro del valor asociado.

3.4.2. Parámetro de calidad asociado de DBO₅

Las personas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público deben cumplir con los valores del parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en miligramo por litro, como lo establece el Artículo 27 del A.G. No. 236-2006.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) No. 1	= 28 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) No. 2	= 43 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) promedio	= 35.50 mg/l

Figura 20. Parámetro de calidad asociado de DBO₅



Fuente: elaboración propia.

De los datos anteriores se observa que el valor inicial de DBO₅ es menor a las establecidas en las etapas de cumplimiento, por lo que se cumple con el parámetro de calidad asociada del Artículo 27 del reglamento.

3.4.3. Límites máximos permisibles de descarga de agua residual

A continuación, se muestran los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros de agua residual descargada al alcantarillado público en cumplimiento al Artículo 28 del A.G. No. 236-2006. Tomando en consideración los resultados obtenidos de las muestras y calculando su valor promedio, se realizó la comparación con las etapas III y IV para verificar el cumplimiento.

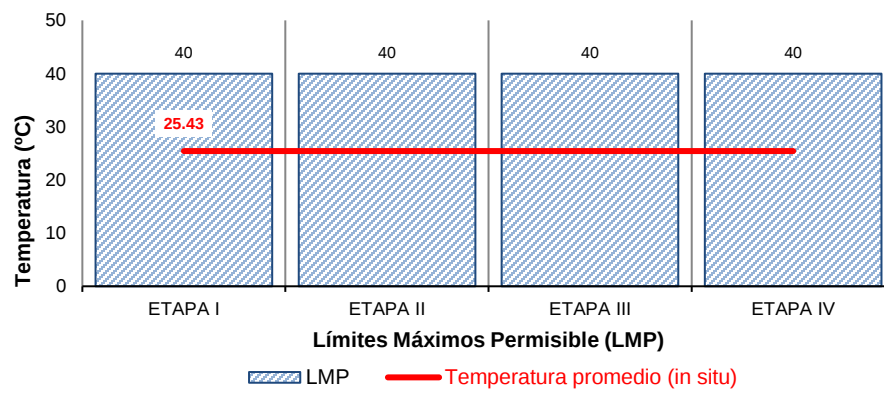
Tabla XIII. Límites máximos permisibles de descarga de agua residual al alcantarillado público, Artículo 28 del A.G. No. 236-2006

Parámetro	Dimensional	Resultado No. 1	Resultado No. 2	Promedio	2/05/2020 Etapa III	2/05/2024 Etapa IV	Observación
Temperatura promedio (in situ)	°C	26.35	24.50	25.43	< 40.00	< 40.00	Cumple
Grasas y aceites	mg/l	16.00	20.00	18.00	60.00	60.00	Cumple
Materia flotante	---	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Cumple
Sólidos suspendidos	ml/l	20.00	35.60	27.80	400.00	200.00	Cumple
Nitrógeno total	mg/l - N	15.40	29.60	22.50	80.00	40.00	Cumple
Fósforo total	mg/l - P	1.10	2.00	1.55	20.00	10.00	Cumple
pH (in-situ)	---	7.36	7.46	7.41	6 a 9	6 a 9	Cumple
Coliformes fecales	NMP/100 ml	2,200,000	1,700,000	1,950,000	10,000	10,000	No cumple
Arsénico	mg/l - As	< 0.0007	< 0.0008	< 0.0008	0.10	0.10	Cumple
Cadmio	mg/l - Cd	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.10	0.10	Cumple
Cianuro	mg/l - CN-	< 0.008	< 0.007	< 0.008	1.00	1.00	Cumple
Cobre	mg/l - Cu	0.115	0.066	0.091	3.00	3.00	Cumple
Cromo (VI)	mg/l - Cr	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.10	0.10	Cumple
Mercurio	mg/l - Hg	< 0.0006	0.0009	0.0009	0.02	0.01	Cumple
Níquel	mg/l - Ni	< 0.154	< 0.158	< 0.158	2.00	2.00	Cumple
Plomo	mg/l - Pb	< 0.087	< 0.090	< 0.090	0.40	0.40	Cumple
Zinc	mg/l - Zn	< 0.092	< 0.092	< 0.092	10.00	10.00	Cumple
Color	u Pt-Co	64.00	158.00	111.00	750.00	500.00	Cumple

Fuente: elaboración propia.

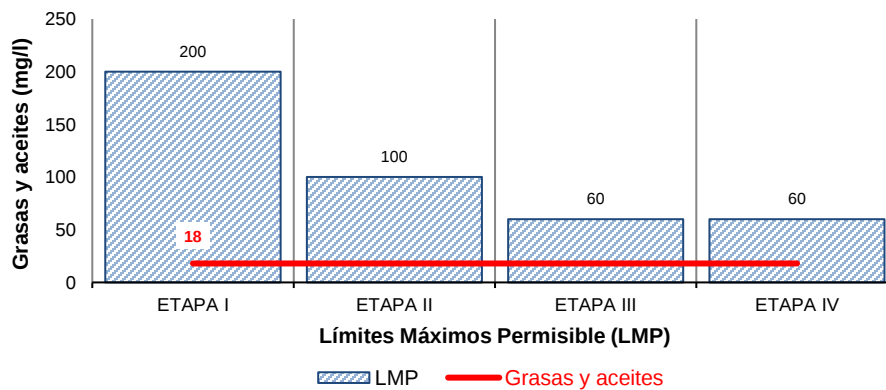
Con base en la tabla XIV, se observa que en la mayoría de los parámetros se cumplen. El único parámetro que no cumple es el de Coliformes fecales. A continuación, se describen gráficos para los valores de cada parámetro:

Figura 21. **Parámetro de temperatura**



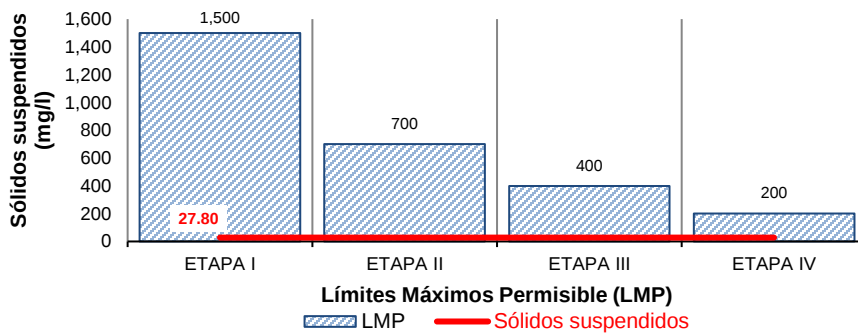
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 22. **Parámetro de grasas y aceites**



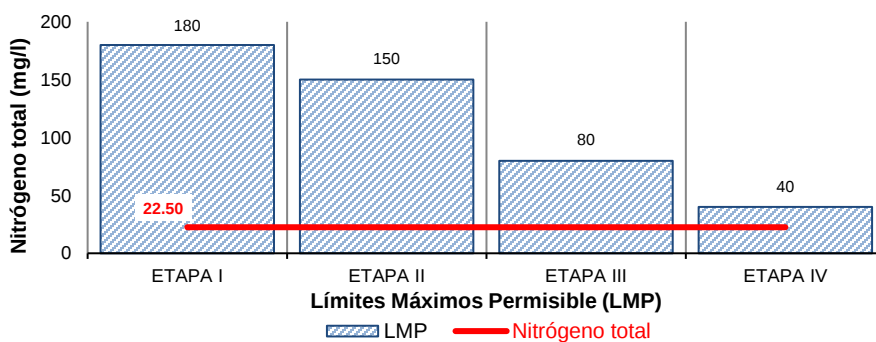
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 23. **Parámetro de sólidos suspendidos**



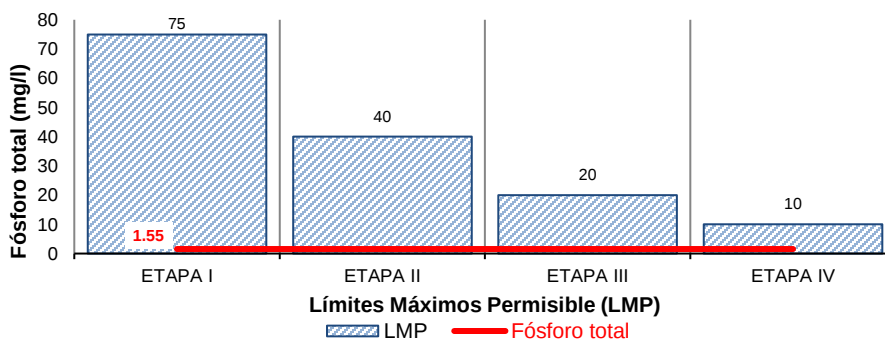
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 24. **Parámetro de nitrógeno total**



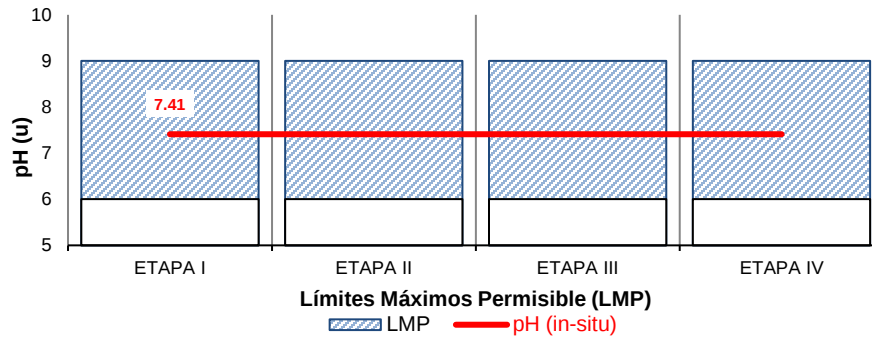
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 25. **Parámetro de fósforo total**



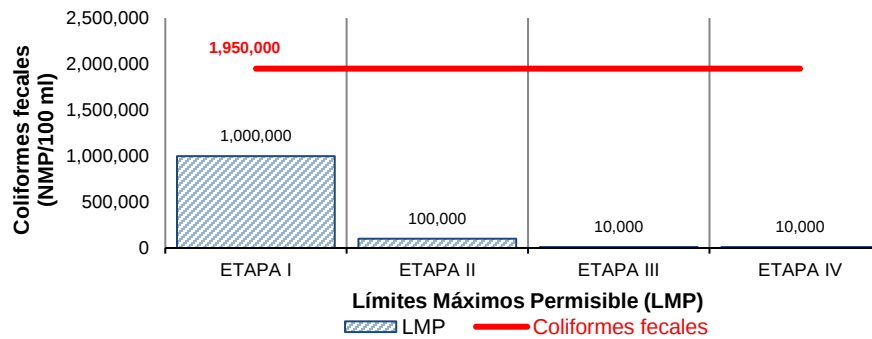
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 26. **Parámetro de pH**



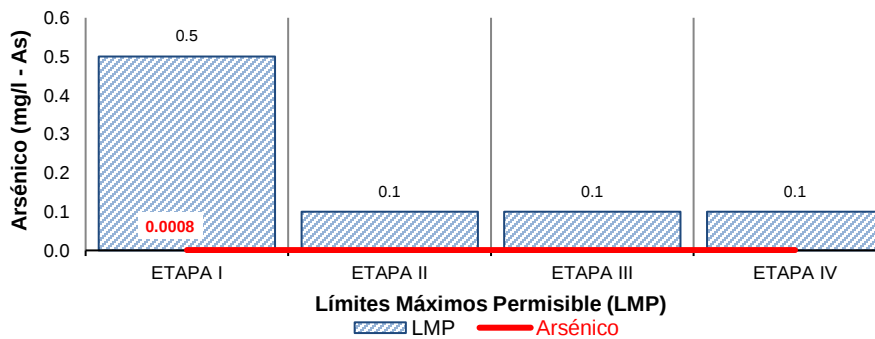
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 27. **Parámetro de coliformes fecales**



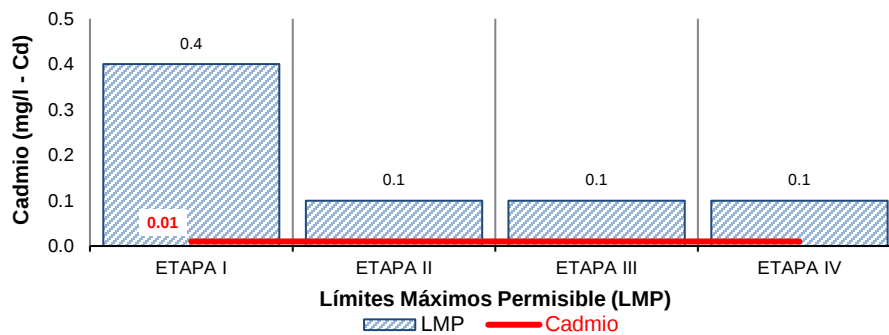
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 28. **Parámetro de arsénico**



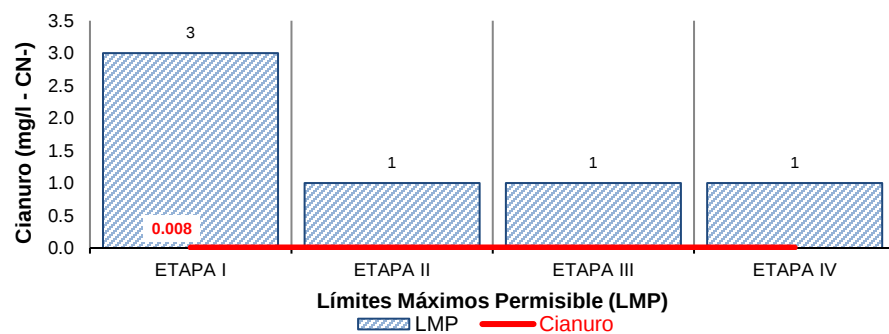
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 29. **Parámetro de cadmio**



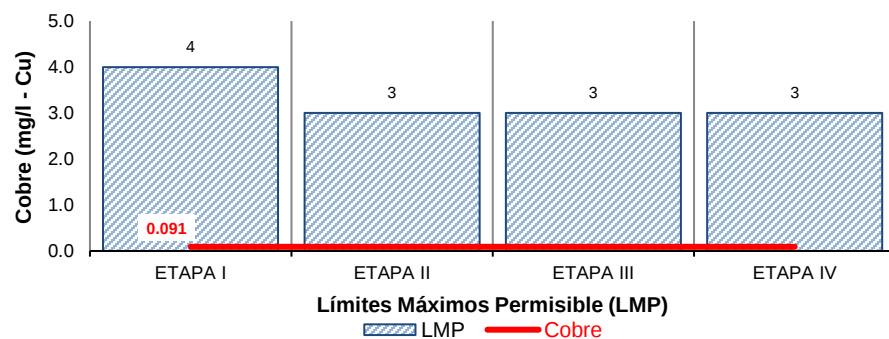
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 30. **Parámetro cianuro total**



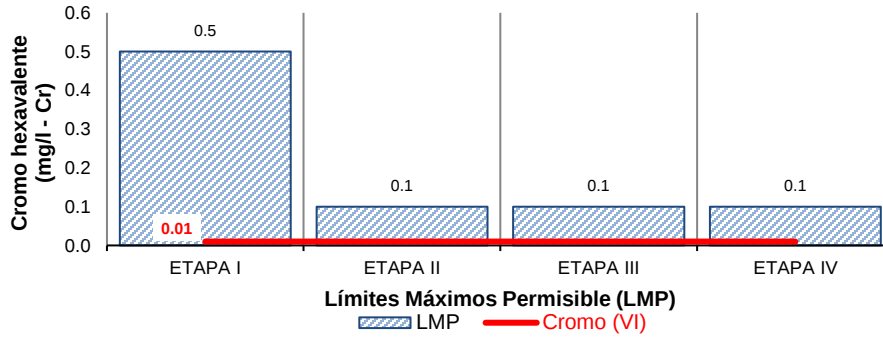
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 31. **Parámetro de cobre**



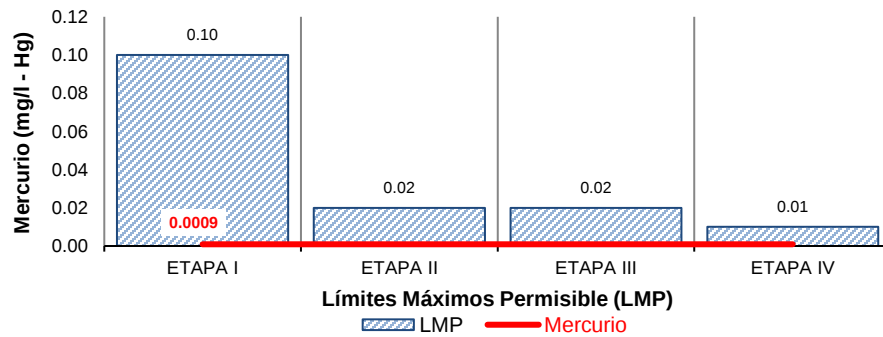
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 32. **Parámetro de cromo hexavalente**



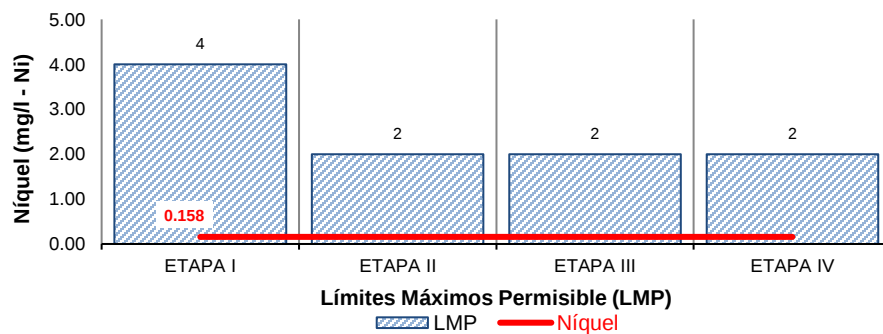
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 33. **Parámetro de mercurio**



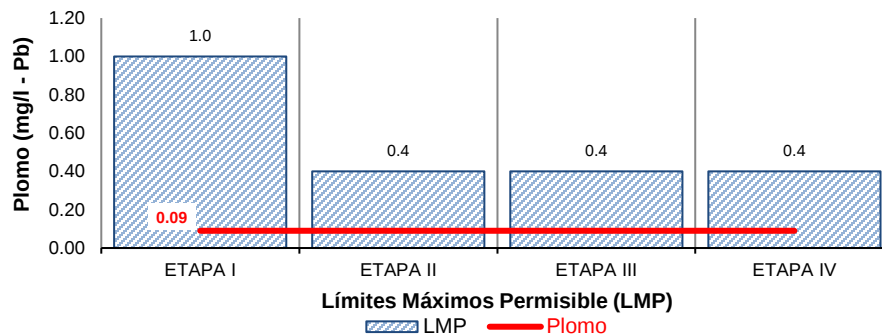
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 34. **Parámetro de níquel**



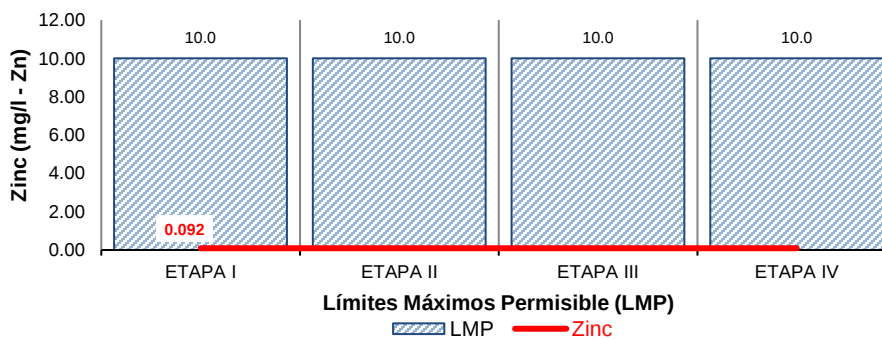
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 35. **Parámetro de plomo**



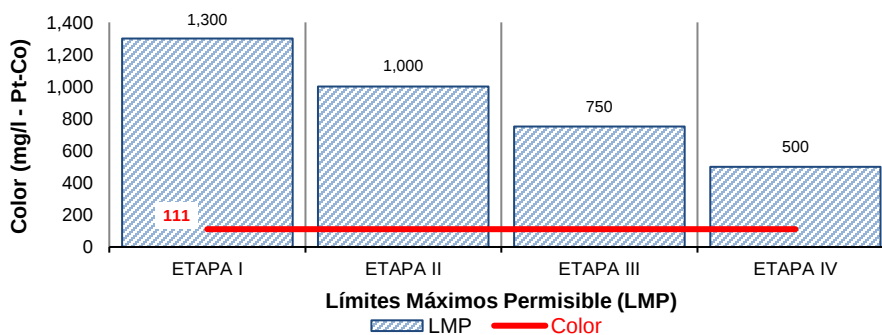
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 36. **Parámetro de zinc**



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 37. **Parámetro de color**



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

De las gráficas anteriores el valor de coliformes fecales es el único parámetro que no cumple con los límites máximos permisibles como lo establece la etapa tres y cuatro, por lo que se reducirá el valor hasta llevarlo a cumplimiento del Artículo 28.

3.4.4. Relación DQO / DBO₅

Para la determinación de la relación de DQO/DBO₅ como lo establece el Artículo 29 del A.G. No. 236-2006, para descargas de aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, se determinan los valores DQO y DBO₅ de la tabla V, de los datos anteriores, se obtiene los siguientes resultados:

Demanda Química de Oxígeno (DQO) No. 1	= 52 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) No. 1	= 28 mg/l
$Relacion\ No. 1 = \frac{DQO}{DBO_5} = \frac{52\ mg/l}{28\ mg/l} = 1.86$	
Demanda Química de Oxígeno (DQO) No. 2	= 115 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) No. 2	= 43 mg/l
$Relacion\ No. 2 = \frac{DQO}{DBO_5} = \frac{115\ mg/l}{43\ mg/l} = 2.67$	
Relación promedio DQO/DBO ₅	= 2.27

3.4.5. Rangos de biodegradabilidad

Para determinar el índice de biodegradabilidad del agua residual en los puntos de muestreo, se utiliza la relación de Demanda Bioquímica de Oxígeno entre la Demanda Química de Oxígeno, según la literatura utilizada.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) No. 1	= 28 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO) No. 1	= 52 mg/l

$$Relacion\ No.1 = \frac{DBO_5}{DQO} = \frac{28\ mg/l}{52\ mg/l} = 0.54$$

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) No. 2 = 43 mg/l

Demanda Química de Oxígeno (DQO) No. 2 = 115 mg/l

$$Relacion\ No.2 = \frac{DBO_5}{DQO} = \frac{43\ mg/l}{115\ mg/l} = 0.37$$

Relación promedio DBO₅ / DQO = 0.46

Tabla XIV. **Biodegradabilidad del agua residual**

DBO ₅ /DQO Promedio	Índice	Biodegradabilidad del agua residual
	< 0.20	Agua poco biodegradable
0.46	0.20 - 0.40	Agua biodegradable
	> 0.40	Agua muy biodegradable

Fuente: Monge y Del Cid (2006). *Análisis de la calidad del agua residual del Hospital General de Accidentes del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social*

3.5. Cálculo de indicadores

Se describe el cálculo de los indicadores de agua potable, agua residual y desechos bioinfecciosos a continuación.

3.5.1. Indicadores de agua potable

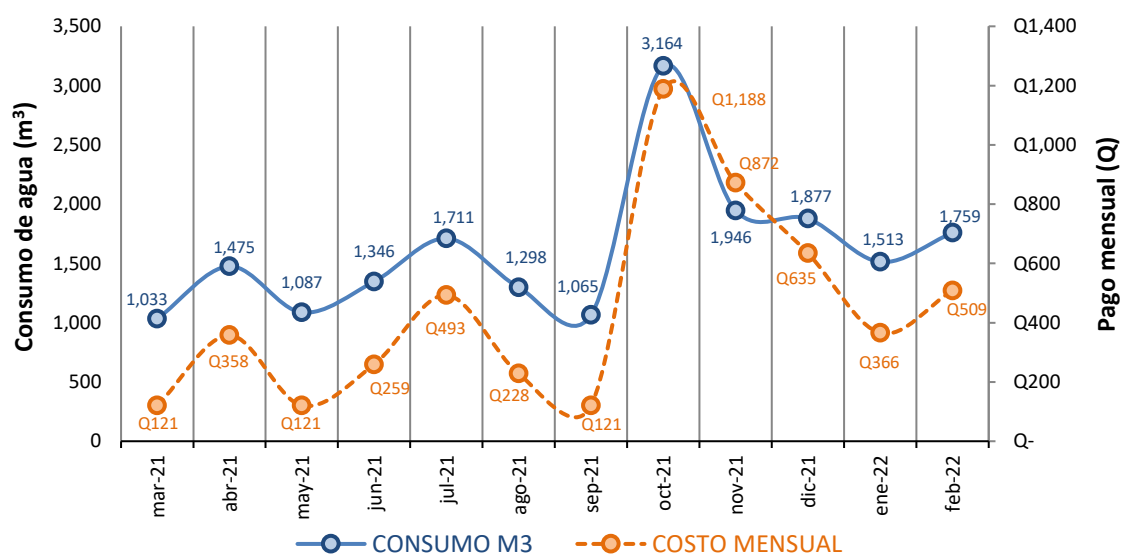
Para determinar los indicadores de agua potable se tomó en cuenta el registro de consumo durante 12 meses, se registraron los valores del contador de agua potable, generando una base de datos de pagos mensuales y de consumo del recurso hídrico.

Tabla XV. **Matriz de consumo y pagos mensuales**

Año	Mes	Pago mensual (Q)	Consumo mensual (m³)
2021	mar-21	Q 120.50	1032.74
	abr-21	Q 357.50	1475.48
	may-21	Q 120.50	1086.75
	jun-21	Q 259.00	1346.26
	jul-21	Q 493.00	1710.72
	ago-21	Q 228.00	1298.27
	sep-21	Q 120.50	1064.90
	oct-21	Q 1,188.00	3164.15
	nov-21	Q 872.00	1945.99
	dic-21	Q 634.50	1876.85
2022	ene-22	Q 365.50	1512.60
	feb-22	Q 508.50	1758.55
Promedio		Q 438.96	1606.10

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Consumo de agua y sus costos mensuales**



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

En la gráfica anterior muestra el historial de consumo de marzo de 2021 a febrero de 2022, los datos económicos se obtuvieron del centro de costos del hospital y de las lecturas tomadas al contador de agua instalado. El promedio mensual de consumo de agua es de 1,606.10 m³ y el pago mensual promedio es de Q 438.96.

De los datos calculados anteriormente, serán utilizados para establecer indicadores de consumo de agua potable promedio:

Consumo agua potable mes = 1,606.10 m³/mes

Consumo agua potable día = 53.54 m³/día

Consumo agua potable segundo = 0.62 l/s

Tabla XVI. Dotación de agua por persona

Año	Mes	Consumo día (m ³)	Personas asistidas día	Personal del hospital	Total de personal día	Dotación (litros/persona/día)
2021	mar-21	33.31	80	122	202	164.92
	abr-21	49.18	81	122	203	242.28
	may-21	35.06	77	122	199	176.16
	jun-21	44.88	86	122	208	215.75
	jul-21	55.18	89	122	211	261.54
	ago-21	41.88	89	122	211	198.48
	sep-21	35.50	85	122	207	171.48
	oct-21	102.07	75	122	197	518.12
	nov-21	64.87	80	122	202	321.12
	dic-21	60.54	87	122	209	289.68
2022	ene-22	48.79	89	122	211	231.25
	feb-22	62.81	67	122	189	332.30
		Promedio			205	260.00

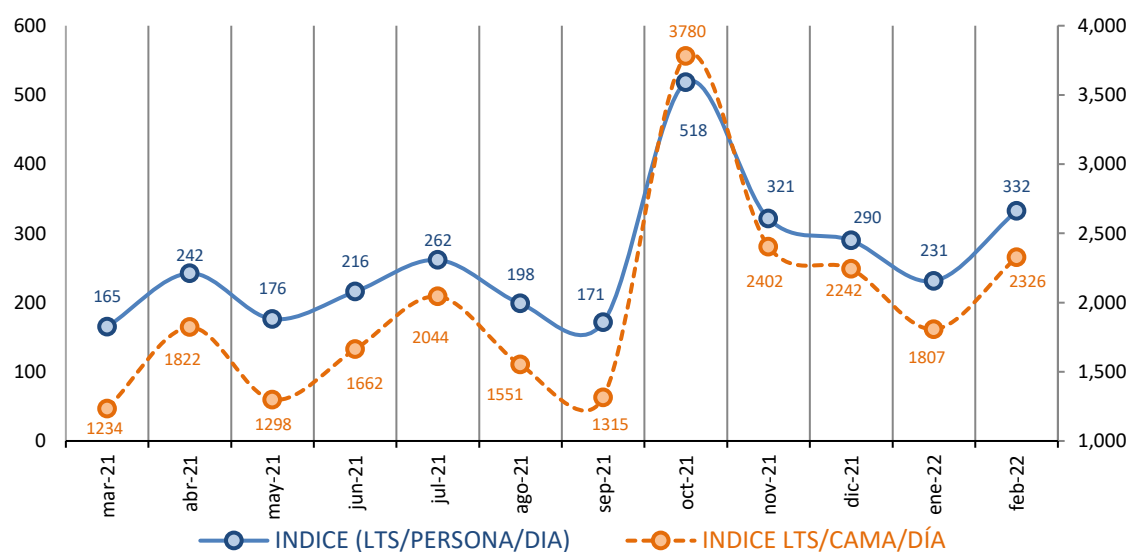
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Dotación de agua por cama

Año	Mes	Consumo día (m³)	Número camas	Dotación (litros/cama/día)
2021	mar-21	33.31	27	1,234
	abr-21	49.18	27	1,822
	may-21	35.06	27	1,298
	jun-21	44.88	27	1,662
	jul-21	55.18	27	2,044
	ago-21	41.88	27	1,551
	sep-21	35.50	27	1,315
	oct-21	102.07	27	3,780
	nov-21	64.87	27	2,402
	dic-21	60.54	27	2,242
2022	ene-22	48.79	27	1,807
	feb-22	62.81	27	2,326
Promedio				1,957

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. Dotación de agua potable



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

De los datos calculados anteriormente, serán utilizados para establecer las dotaciones de agua potable:

Dotación por persona = 260 litros/persona/día

Dotación por cama = 1,957 litros/cama/día

En la Figura 39, se puede observar la cantidad de litros/persona/día y su variación a través de los meses analizados, en promedio se tiene un valor de 260 litros/persona/día, tomando en consideración el recurso humano del hospital (Figura 7) y la cantidad de personas asistidas por el hospital en el año 2021, dichos datos de personas asistidas fueron tomados del Sistema Integral de Información SII-IGSS.

La dotación es de 1,957 litros/cama/día, tomando en consideración la cantidad de camas que tiene el hospital (tabla VI). Se debe de tomar en cuenta que dentro de los índices antes mencionados están integradas las pérdidas y las aguas utilizadas para cualquier uso dentro del hospital.

El consumo de agua relacionado a hospitales de américa latina según el Ingeniero Francisco Ergueta Ecebey muestra valores de diferentes, que a continuación se mencionan:

En Francia, el consumo promedio de agua de un hospital se estima en 750 litros/cama/día; y en un Hospital de Medellín (Colombia), después de la implementación de un programa de producción más limpia, se redujo el consumo de agua de 1,498 a 1,213 litros/cama/día. Los resultados de un estudio de la Universidad San Marcos de Lima establecen que un establecimiento de salud de la categoría III, ubicado en la ciudad de Lima

consume 1,360 litros/cama/día. Otras evaluaciones recientes, muestran que, en el Hospital Militar de Bogotá, el consumo de agua es de 2,080 litros/cama/día. (Ergueta, 2016 pág. 6).

Tabla XVIII. Dotación experimental de otros hospitales

País	Consumo	Lugar
Francia	750 litros/cama/día	Un hospital en Francia.
Perú	1,360 litros/cama/día	Establecimiento salud categoría III en la ciudad de Lima.
Colombia	1,213 litros/cama/día	Un hospital de Medellín.
Colombia	2,080 litros/cama/día	Hospital Militar de Bogotá.
E.E.U.U.	150 – 1,325 litros/cama/día	Reporte de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés).

Fuente: Ergueta (2016). *Tratamiento de aguas residuales hospitalarias*.

Tabla XIX. Dotaciones teóricas

Dotación	Observación
600 litros/cama/día	Datos para hospitales y clínicas según EMPAGUA.
500 litros/consultorio/día	Dato para consultorios médicos según EMPAGUA.
1000 litros/unidad dental/día	Dato para clínicas dentales según EMPAGUA.
150 litros/habitante/día	Dato de consumo máximo para cabeceras departamentales según INFOM.
100 litros/habitante/día	Dato de consumo máximo para cabeceras municipales según INFOM.
180 litros/habitante/día	Dato para el área urbana.
125 litros/habitante/día	Dato para el área rural.

Fuente: Lehr R. (2013). *Normas: EMPAGUA, UNEPAR E INFOM con énfasis en definiciones, conceptos, factores de consumo y volúmenes de almacenamiento*.

3.5.2. Indicadores del agua residual

Para establecer el valor del caudal en función de la cantidad de personas que descargan agua residual, se toma en cuenta el recurso humano del hospital descrito en la figura 7 y las personas asistidas al año descritos en la figura 8, el año tomado de referencia es el 2021.

Caudal de agua residual por segundo = 0.70 l/s

Caudal de agua residual por día = 60.48 m³/día

Personas promedio = 262 personas / día (julio)

= 290 personas / día (diciembre)

= 276 personas / día

Agua residual por personal = Caudal promedio / personas promedio

Agua residual por personal = (60.48 m³/día) / (276 personas)

Agua residual por personal = 0.22 m³/persona/día

Agua residual por personal = 219 litros/persona/día

Para establecer el valor del caudal en función del número de camas con que cuenta el hospital se realiza el cálculo siguiente:

camas en el hospital = 27 camas

Indicador sanitario = Caudal promedio / # camas

Agua residual por cama = (60.48 m³/día) / (27 camas)

Agua residual por cama = 2.24 m³/cama/día

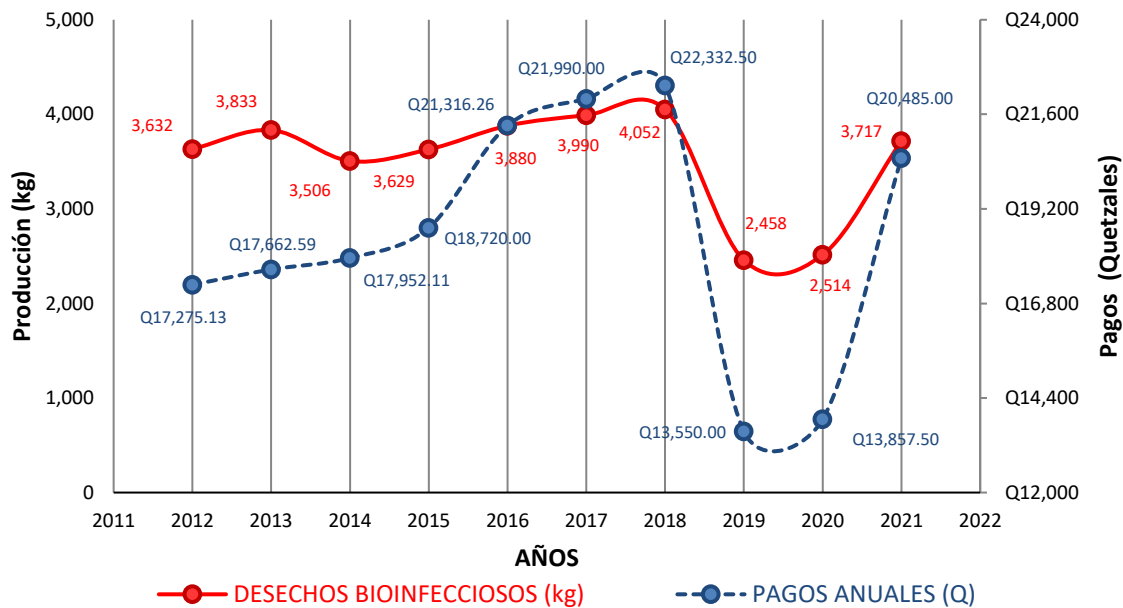
Agua residual por cama = 2,240 litros/cama/día

Caudal de agua residual por día	= 60.48 m ³ /día
Agua residual por personal	= 219 litros/persona/día
Agua residual por cama	= 2,240 litros/cama/día

3.5.3. Indicadores de desechos bioinfecciosos

Para establecer los indicadores de desechos bioinfecciosos se determinó la producción de desechos y pagos en forma anual, realizados a la empresa encargada de extracción y disposición final, dicha empresa debe de cumplir con lo normado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en cuanto a la disposición final.

Figura 40. Producción de desechos y sus costos anuales



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Los datos anteriores son importantes para establecer los índices hospitalarios tales como: la cantidad de desechos en kilogramos producidos por la unidad médica por día, la cantidad de producción en kilogramos por persona en un día y la producción por cama.

A continuación, se presentan los siguientes datos, que muestran la cantidad de desechos bioinfecciosos que la unidad produce en libras y la cantidad de desechos que produce una persona en kilogramos al día, tomando en cuenta los datos de pacientes atendidos, se toma en cuenta al personal del hospital ya que desde el año 2020 por la pandemia, las áreas administrativas producen desechos bioinfecciosos.

Tabla XX. Producción de desechos bioinfecciosos al día

Año	Desechos bioinfecciosos		días del año	Producción (kg/día)
	Libras	Kilogramos		
2014	7,729	3,506	365	9.60
2015	8,000	3,629	365	9.94
2016	8,553	3,880	365	10.63
2017	8,796	3,990	365	10.93
2018	8,933	4,052	365	11.10
2019	5,420	2,458	365	6.74
2020	5,543	2,514	365	6.89
2021	8,194	3,717	365	10.18
Promedio				9.50

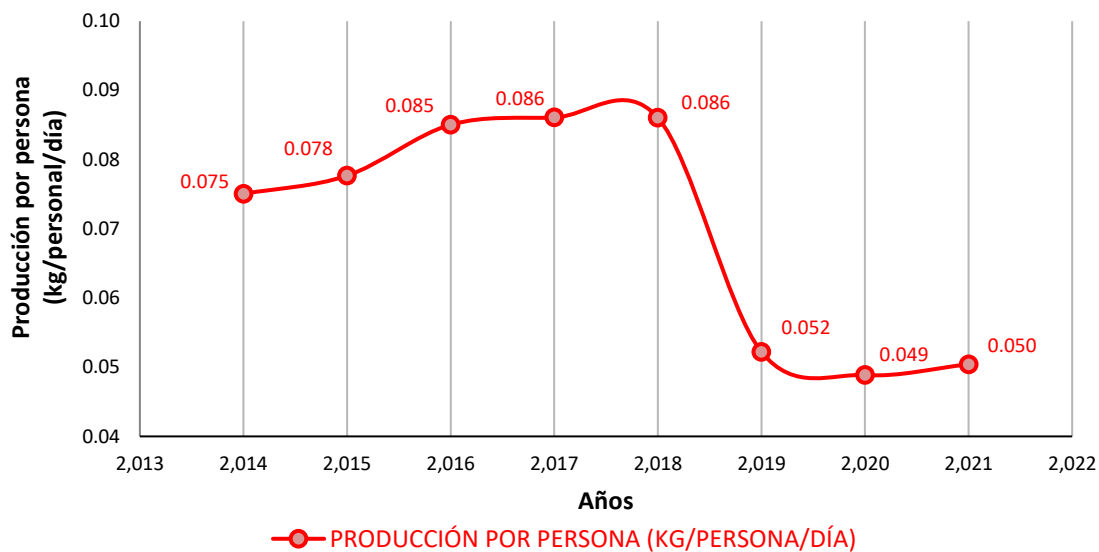
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Producción de desechos bioinfecciosos por persona

Año	Personas			Total	Producción (kg/persona/día)
	Asistidas al año	Asistidas al día	Administrativas del hospital		
2014	46812	128	0	128	0.08
2015	46563	128	0	128	0.08
2016	45757	125	0	125	0.09
2017	46490	127	0	127	0.09
2018	47013	129	0	129	0.09
2019	46910	129	0	129	0.05
2020	21347	58	83	141	0.05
2021	29190	80	122	202	0.05
Promedio					0.07

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. Producción de desechos bioinfecciosos por persona



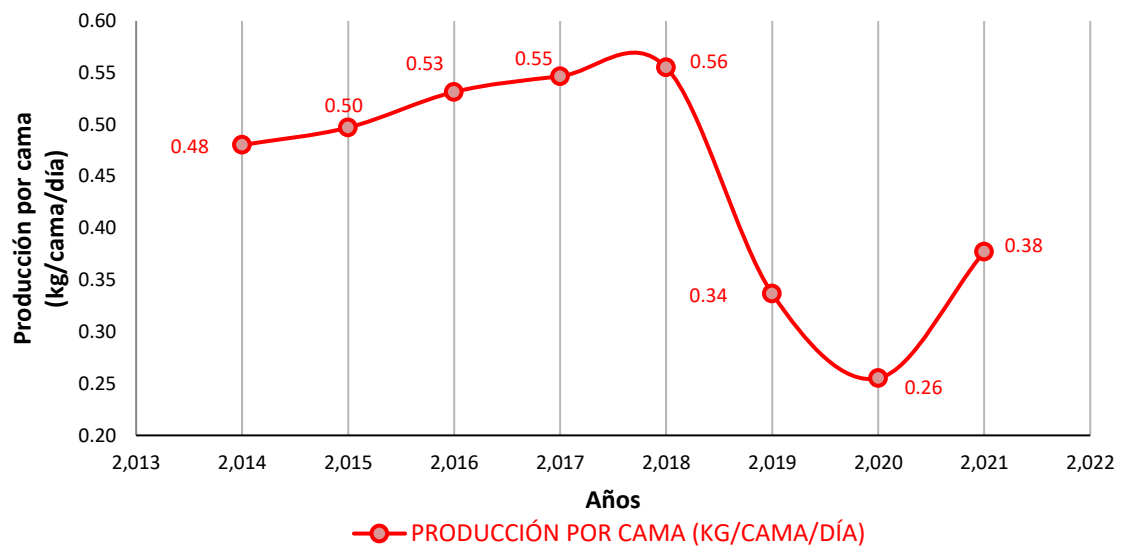
Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla XXII. Producción de desechos bioinfecciosos por cama

Año	Índice producción (kg/día)	Número camas	Producción (kg/cama/día)
2014	9.60	20	0.48
2015	9.94	20	0.50
2016	10.63	20	0.53
2017	10.93	20	0.55
2018	11.10	20	0.56
2019	6.74	20	0.34
2020	6.89	27	0.26
2021	10.18	27	0.38
Promedio			0.45

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Producción de desechos bioinfecciosos por cama



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

De las gráficas anteriores, se toman en cuenta ocho años de registro de datos, de los cuales se obtienen los siguientes índices:

Desechos bioinfecciosos por día	= 9.50 kg/día
Desechos bioinfecciosos por persona	= 0.07 kg/persona/día
Desechos bioinfecciosos por cama	= 0.45 kg/cama/día

Se observa que durante el año 2020 y 2021 la cantidad de desechos bioinfecciosos por persona aumento con relación a los años anteriores, lo que refleja el aumento insumos médicos utilizados para los pacientes y por el personal para aumentar las medidas sanitarias dentro del hospital como efecto de la crisis sanitaria ocasionada por la pandemia de COVID-19.

El manejo adecuado de los desechos hospitalarios es prioridad para la unidad médica, como medida de mitigación y disminuyendo el riesgo que pueda provocar una inadecuada disposición final de tal forma se da cumplimiento al Acuerdo de Gerencia 57/2003 y el Acuerdo Gubernativo 509/2001, por tal motivo se capacita al personal en relación a la separación, embalaje, almacenamiento en cada unidad de generación, recolección y transporte intrahospitalario hasta el centro de acopio temporal dentro de la unidad.

3.6. Propuesta de la planta de tratamiento de agua residual

Para la propuesta del tratamiento de las aguas residuales del hospital, se realizó la caracterización y con base en los resultados obtenidos se propone proceso de desinfección.

3.6.1. Desinfección

Debido a la alta carga de Coliformes fecales presentes en el agua residual y el cual se encuentra fuera del rango, según los límites máximos permisibles de descargada al alcantarillado público, se propone la desinfección de dichas aguas residuales, para reducir la cantidad de patógenos u organismos que puedan causar contaminación a las fuentes de agua potable.

El proceso de desinfección se llevará a cabo a través de las diferentes fases:

- Cámara de dosificación del cloro

Dicha área será la encargada de diluir las tabletas de hipoclorito de calcio a utilizarse, Se instalarán las torres de tubería de PVC de diámetro de 3", conectadas a una tubería principal de PVC de 6" diámetro, manteniendo una pendiente mínima de 1 % para mantener el flujo de agua. Dentro de la torre se introducirá un tubo PVC de 2" de diámetro con perforaciones donde se almacenarán las tabletas.

- Tanque de contacto

El área para el proceso de homogenización del cloro disuelto en el agua se realizará a través de una mezcla rápida por medio de un flujo turbulento. Para la elaboración de dicho tanque se utilizará concreto y electromalla de 6"x6" 7/7 para las paredes externas y las pantallas deflectoras que direccionaran el flujo. La diferencia de alturas entrada las cotas invert de entrada y salida será de 5 cm.

El tanque de contacto se diseñó con el caudal promedio y se estimó un periodo de contacto de 45 minutos y 24 minutos de retención mínima con el caudal máximo horario.

3.6.2. Dosificación

Se debe de tomar en cuenta que el proceso es mecanizado y será manual al momento de realizar paros por mantenimientos o fallas, tomando en consideración que el pH del agua es de 7.41 y será controlado por el caudal de agua residual. Se estima una dosis de cloro de 15 mg/L, el cual puede variar hasta cumplir con lo establecido en el acuerdo con relación a coliformes fecales.

Tabla XXIII. **Dosis de cloro para desinfección normal de aguas residuales domésticas**

Tratamiento	Dosis de cloro para diseño (mg/L)
Prefloración	20 - 25
Agua residual no tratada (dependiendo de la edad)	6 – 15 fresca 12 – 30 séptica
Efluente primario	8 - 20
Efluente de filtro percolador	3 - 15
Efluente de lodos activados	2 - 8
Efluente de filtros de arena	1 - 6

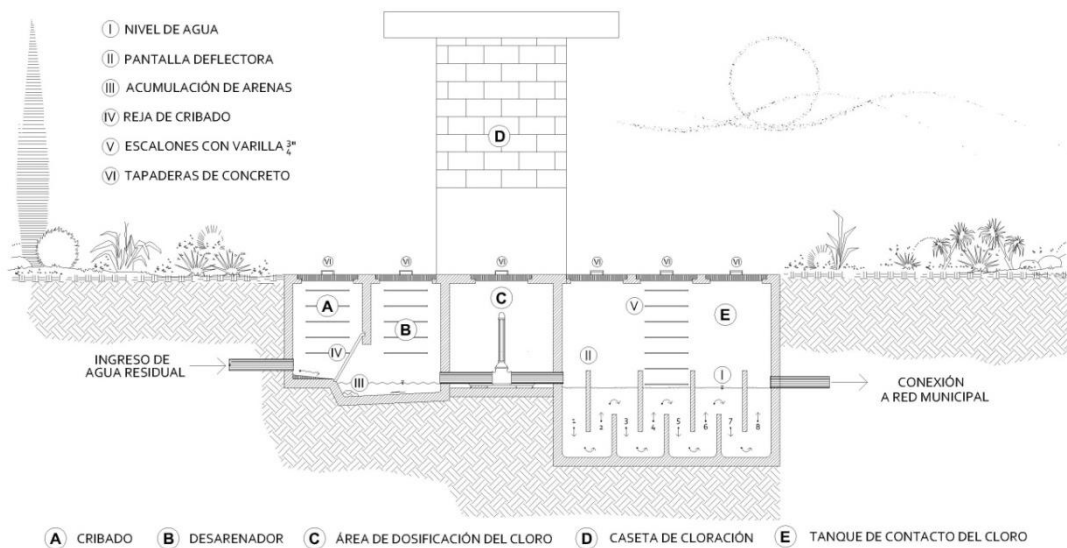
Fuente: Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000 (2000). *Tratamiento de aguas residuales*.

3.6.3. Estimación de costos

Para establecer una estimación de costos se tomó en cuenta las dimensiones de la propuesta de desinfección, donde se establecen las dimensiones calculadas.

Para la elaboración de los renglones a trabajar, se toman en cuenta los trabajos preliminares, el cual incluye: limpieza, chapeo del área que ocupará el sistema de desinfección por la vegetación que se encuentra en el lugar, nivelación, trazo, replanteo del área y los trabajos necesarios para la conexión del sistema de desinfección con la red de drenaje existente del hospital.

Figura 43. Propuesta del sistema de desinfección



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Se incluyó una cámara de cribado para la retención de sólidos flotantes, como objetos plásticos y otros elementos arrastrados por agua pluvial, un desarenador para la acumulación y sedimentación de arenas arrastradas.

Tabla XXIV. **Estimación económica de sistema de desinfección**

No.	Descripción	Costo	
1	Trabajos preliminares	Q	4,700.00
2	Cribado y desarenador	Q	7,470.00
3	Cámara de dosificación del cloro	Q	23,500.00
4	Tanque de contacto del cloro	Q	16,241.00
5	Delimitación perimetral	Q	5,300.00
Total		Q	57,211.00

Fuente: elaboración propia.

El área de dosificación del cloro cuenta con una caseta para resguardo del equipo de cloración y los insumos a utilizar, área de dosificación del cloro y el tanque de contacto del cloro.

Únicamente se incluye el total estimado, ya que la forma de ejecución la define el hospital, ella es la encargada de realizar todos los trámites administrativos que con lleva para la programación de los trabajos en el Plan Operativo Anual (POA) y el Plan Anual de Compras (PAC), realizar las modificaciones presupuestarias necesarias o ampliación presupuestaria, ellos definen la forma que se ejecuta el proyecto.

4. RESULTADOS

4.1. Características del agua residual

Las muestras compuestas correspondientes al agua residual obtuvieron los siguientes resultados de los parámetros fisicoquímicos como: Cianuro, Color, Fosforo total, grasas y aceites, materia flotante, nitrógeno total, pH, sólidos suspendidos, temperatura, los cuales fueron comparados con el acuerdo gubernativo en sus diferentes etapas de cumplimiento.

Tabla XXV. **Parámetros fisicoquímicos del agua residual comparados con el A.G. No. 236-2006**

Parámetro	Dimensional	Promedio	2/05/2020 Etapa III	2/05/2024 Etapa IV	Observación
Temperatura promedio (in situ)	°C	25.43	< 40.00	< 40.00	Cumple
Grasas y aceites	mg/l	18.00	60.00	60.00	Cumple
Materia flotante	---	Ausente	Ausente	Ausente	Cumple
Sólidos suspendidos	ml/l	27.80	400.00	200.00	Cumple
Nitrógeno total	mg/l - N	22.50	80.00	40.00	Cumple
Fósforo total	mg/l - P	1.55	20.00	10.00	Cumple
pH (in-situ)	---	7.41	6 a 9	6 a 9	Cumple
Cianuro	mg/l - CN-	< 0.008	1.00	1.00	Cumple
Color	u Pt-Co	111.00	750.00	500.00	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Los parámetros de metales pesados analizados y presentes en el agua residual fueron: arsénico, cadmio, cobre, cromo VI, mercurio, níquel, plomo y zinc, que al compararlos con el Acuerdo Gubernativo se observa que se encuentran por debajo del valor establecido por cada etapa de cumplimiento.

Tabla XXVI. Parámetros de metales pesados del agua residual comparados con el A.G. No. 236-2006

Parámetro	Dimensional	Promedio	2/05/2020 Etapa III	2/05/2024 Etapa IV	Observación
Arsénico	mg/l - As	< 0.0008	0.10	0.10	Cumple
Cadmio	mg/l - Cd	< 0.010	0.10	0.10	Cumple
Cobre	mg/l - Cu	0.091	3.00	3.00	Cumple
Cromo (VI)	mg/l - Cr	< 0.01	0.10	0.10	Cumple
Mercurio	mg/l - Hg	0.0009	0.02	0.01	Cumple
Níquel	mg/l - Ni	< 0.158	2.00	2.00	Cumple
Plomo	mg/l - Pb	< 0.090	0.40	0.40	Cumple
Zinc	mg/l - Zn	< 0.092	10.00	10.00	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Los parámetros microbiológicos del agua residual muestran un valor promedio de 1,950,000 NPM/100 ml de coliformes fecales, dicho dato se encuentra por encima del valor permitido y establecido en el acuerdo gubernativo.

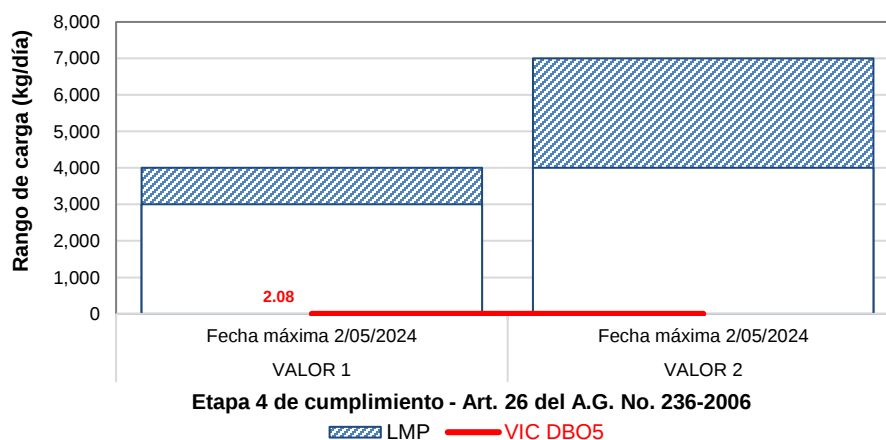
Tabla XXVII. Parámetros microbiológicos del agua residual comparados con el A.G. No. 236-2006

Parámetro	Dimensional	Promedio	2/05/2020 Etapa III	2/05/2024 Etapa IV	Observación
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,950,000	10,000	10,000	No cumple

Fuente: elaboración propia.

Se obtuvo un valor de carga contaminante promedio de 2.08 kg/día en relación con el DBO₅, dicho valor representa la cantidad de contaminante en masa por unidad de tiempo que se descarga en el alcantarillado público. El cual se establece que está por debajo de lo permitido.

Figura 44. **Etapas cuatro del modelo de reducción progresiva de cargas**



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Las personas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público deben cumplir con las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 26 y con los valores del parámetro de calidad asociado que establece el artículo 27, el cual determina que el valor de DBO₅ debe ser menor a 200 mg/l. Se determinó que el valor de Demanda Bioquímica de Oxígeno en promedio es de 35.50 mg/l.

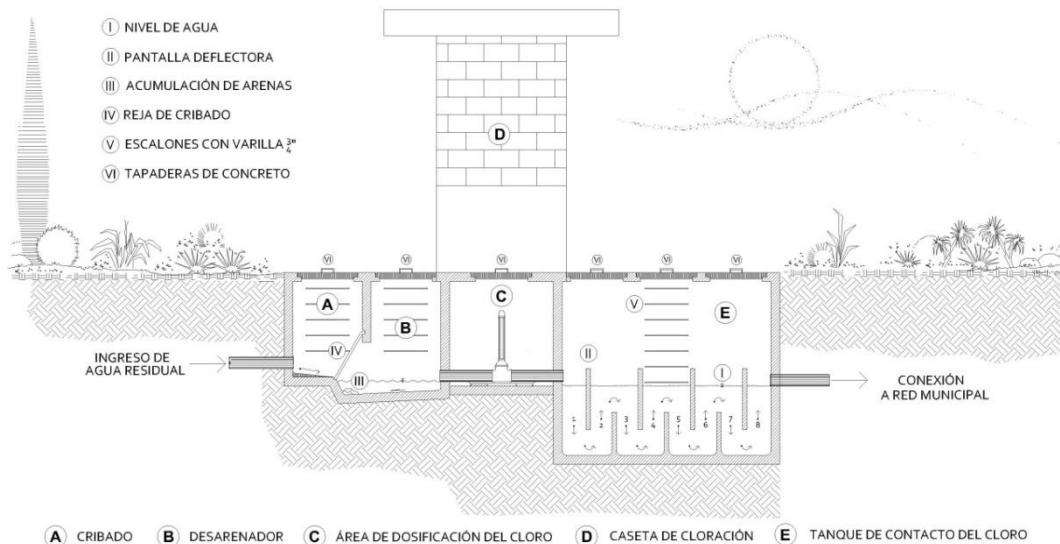
4.2. **Propuesta de tratamiento de las aguas residuales**

Tomando en consideración los resultados de los parámetros del agua residual, se establece la propuesta de tratamiento. La propuesta está integrada por dos fases: La primera fase es de pretratamiento, que está ubicada en el inicio del sistema y está integrada por un área de cribado, por medio de rejillas metálicas de diámetro de 3/8" con separación entre ellas de 1", quedarán retenidos todos los sólidos inorgánicos que floten o se encuentren suspendidos en el agua. Se incluye también una desarenador que está ubicado posterior al cribado, con el objeto de que se acumulen las arenas y gravilla arrastradas, por

medio de la gravedad se sedimentarán y serán retirados al momento de la limpieza en forma manual.

La segunda fase es de desinfección del agua residual, que está compuesta por una caseta de cloración y área de dosificación del cloro, donde se realizará la dosificación del hipoclorito de calcio o cloro granulado y será integrado a las aguas residuales para su mezcla. Realizada la mezcla, pasará al tanque de contacto del cloro donde se realizará la homogenización del agua a través de flujo turbulento por las pantallas deflectoras, teniendo un tiempo de contacto de 24 minutos cuando el caudal sea máximo y un tiempo de retención de 45 minutos con el caudal promedio, que disminuirá el valor de Coliformes fecales al valor máximo que establece el acuerdo para la descarga al alcantarillado público.

Figura 45. Fases del sistema de desinfección



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

4.3. Índices hospitalarios

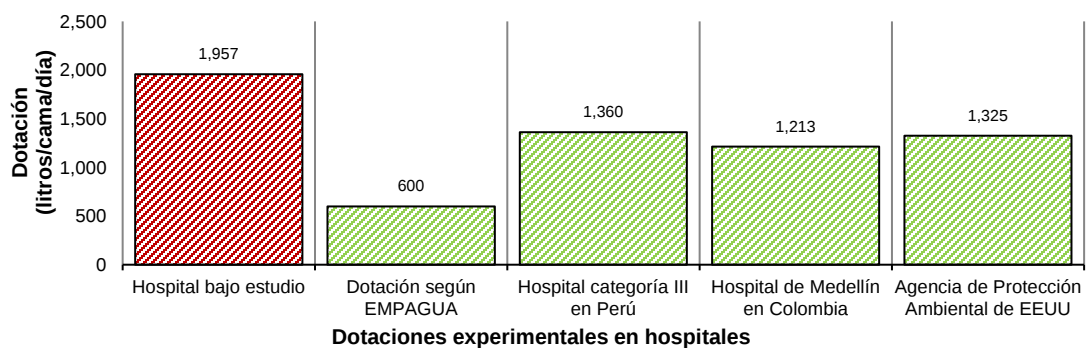
Dentro de los índices hospitalarios calculados se encuentran los siguientes:

- Índice hospitalario del agua potable

Con relación al agua potable se determinación de los indicadores, analizando los consumos de agua entre los meses de marzo de 2021 a febrero de 2022 estableció los siguientes datos:

Consumo agua potable mes	= 1,606.10 m ³ /mes
Consumo agua potable día	= 53.54 m ³ /día
Dotación de agua por persona	= 260 litros/persona/día
Dotación de agua por cama	= 1,957 litros/cama/día

Figura 46. Comparación de dotaciones experimentales por cama



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

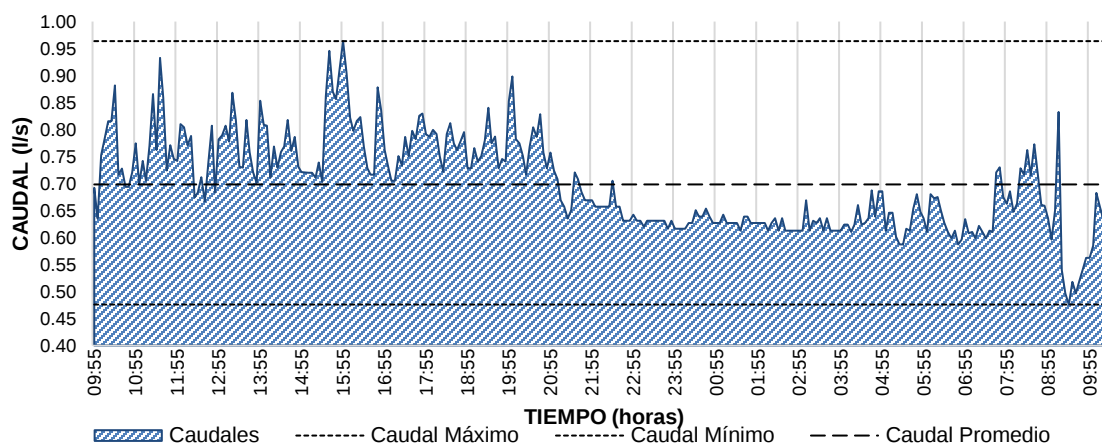
- Índice hospitalario de agua residual

Se analizó el comportamiento del caudal de agua residual por un periodo de 24 horas, en promedio se obtuvo un caudal de 0.70 l/s, teniendo un caudal máximo de 0.96 l/s y un caudal mínimo de 0.48 l/s, es necesario definir que es un sistema combinado, el cual unifica aguas residuales y pluviales.

Para los indicadores de agua residual, se tomó en cuenta el valor de caudal analizado por 24 horas y la cantidad de personas asistidas, el personal del nosocomio y el número de camas en uso dentro del hospital, obteniendo los siguientes valores:

Caudal de agua residual por día	= 60.48 m ³ /día
Agua residual por personal	= 219 litros/persona/día
Agua residual por cama	= 2,240 litros/cama/día

Figura 47. **Hidrograma promedio**

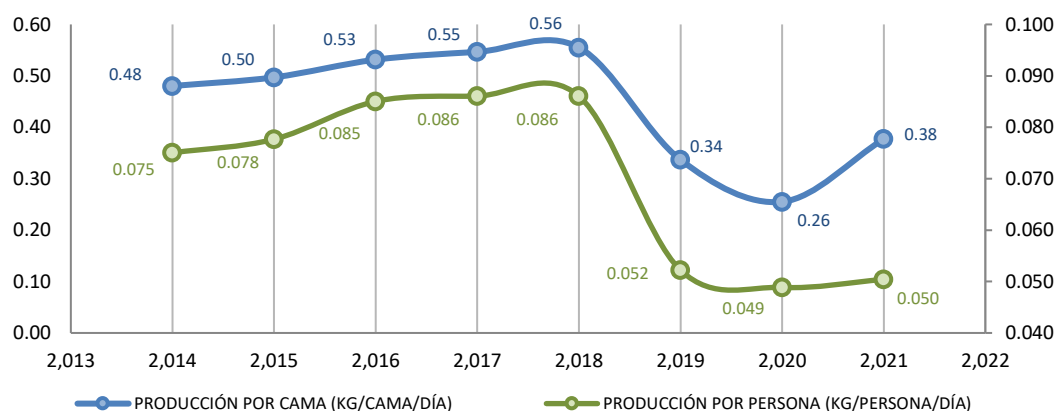


Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

- Índice hospitalario de desechos bioinfecciosos

Se determinó que el valor de la producción de desechos bioinfecciosos es de 9.50 kg/día, considerando los datos registrados desde el 2014 al 2021 y la producción en función del número de personas es de 0.07 kg/persona/día y 0.45 kg/cama/día en función al número de camas.

Figura 48. **Producción de desechos bioinfecciosos por cama y persona**



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

4.4. Características del agua potable

De las muestras de agua potable obtenidas y evaluadas en el laboratorio, se analizaron los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos como: cloro residual, cloruros, color, conductividad, nitritos, nitratos, olor, pH, sulfatos, turbiedad, calcio, hierro, magnesio, manganeso, dureza, coliformes totales y *Escherichia coli*. Los parámetros bacteriológicos no cumplen con lo establecido en la norma COGUANOR 29001, ya que sobre pasa el límite máximo permisible.

Tabla XXVIII. **Características microbiológicas**

Parámetro	Dimensional	Promedio	LMP
Coliformes totales	NMP/100 ml	> 23	No detectable
Escherichia coli	NMP/100 ml	> 23	No detectable

Fuente: elaboración propia.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos del agua residual y comparados con el Artículo No. 28 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 donde establece los límites máximos permisibles para la descarga al acantilado público, es posible determinar que todos los parámetros se encuentran dentro de las etapas tres y cuatro que por fecha se rigen actualmente y que casi todos no sobre pasan dichos valores permitidos, a excepción del valor de Coliformes fecales. El valor de Coliformes fecales de laboratorio es de 1.95×10^6 NMP/100 ml y la normativa establece un valor máximo de 1×10^4 NMP/100 ml.

El valor de la carga contaminante nos es útil para realizar el Modelo de Reducción Progresiva de Cargas (MRPC) de DBO_5 como lo establece el Artículo No. 26 del AG y establecer el porcentaje de reducción que debe tener en cada etapa, el valor calculado de es 2.08 kg/día muy por debajo de los 3,000 kg/día mínimo aceptado en cada una de las diferentes etapas de cumplimiento establecidas en dicho artículo.

Al analizar el agua residual hospitalaria de forma integral, se nota que los parámetros fisicoquímicos y metales pesados se encuentran por debajo de lo establecido en el normativo, a excepción del parámetro microbiológico que se encuentra fuera del cumplimiento. Al revisar los valores experimentales de dichas aguas residuales de tipo especial y compararlas con las aguas residuales de tipo ordinario, las aguas de tipo especial se encuentran menos contaminadas que las ordinarias.

El libro de ingeniería de las aguas residuales de Metcalf & Eddy, establece una composición típica del agua residual doméstica bruta, tomando en consideración los valores teóricos establecidos para un agua residual domestica con concentración débil, estos se encuentran por arriba de los valores experimentales del hospital.

El ingeniero Ergueta en su artículo científico “El tratamiento de aguas residuales hospitalarias” establece que el agua residual es levemente contaminada cuando la cantidad de DBO_5 se encuentra entre 20 a 100 mg/l, el valor experimental de DBO_5 del hospital es de 35.50 mg/l, lo cual determina que dicha agua residual se encuentra levemente contaminada.

Tomando en consideración lo anterior, es decir que dicho fenómeno es debido a una dilución de los parámetros del agua residual de tipo especial dentro de la red de drenaje del hospital, la red existente es de tipo combinado mezclando el agua pluvial con el residual, reduciendo la concentración de ellos ya que aumenta el caudal.

Las características del agua residual de un hospital varían en función del tipo de unidad médica, ya que existen desde unidades integrales de adscripción que cuentan con asistencia médica básica hasta hospitales con alta complejidad o servicios especializado el campo de la medicina, dichos factores sumados al horario de atención para afiliados, tiempo de construcción del edificio y los procesos internos que en ellos se desarrollan determinan las características y cantidad del agua residual.

Se estableció una propuesta de tratamiento adecuada para las aguas residuales, debido a que es un sistema combinado, se integró un sistema de pretratamiento que retendrá los sólidos inorgánicos flotantes y un desarenador

por posibles arrastres de sedimentos por el agua pluvial. Para la etapa de desinfección se establece un área de dosificación del hipoclorito de calcio y un tanque de contacto que será el encargado de realizar la homogenización del cloro, tomando en cuenta un tiempo de retención de 45 min para el caudal de diseño.

El equipo de cloración y dosificación se instalará en la caseta de control y se realizará en forma manual al momento de paros por mantenimiento o averías. La dosificación será de 15 mg/L tomando en cuenta que no tiene ningún tratamiento previo y disminuirá el valor de Coliformes fecales al valor máximo de 1×10^4 NMP/100 ml establecido en el acuerdo. Se toma en cuenta los valores establecidos para la dosificación del cloro según el RAS-2000 sobre el tratamiento de aguas residuales de Colombia.

La dotación experimental por cama es igual a 1,957 litros/cama/día y al compararla con otros hospitales de Latinoamérica con características de clima similares, se encuentra por encima de ellos por más de 600 litros/cama/día. Al compararla con la dotación según EMPAGUA se encuentra por arriba de ese valor por más de 1,300 litros/cama/día.

El hospital tiene un consumo de agua potable de 53.54 m³/día, el INFOM establece valores de 150 litros/persona/día para cabeceras departamentales y 100 litros/habitante/día para cabeceras municipales, dichos valores se encuentran por debajo del valor del hospital que es de 260 litros/persona/día, debido al valor muy alto se establece que tienen un exceso de consumo de agua potable.

En un sistema de alcantarillado sanitario la descarga de agua residual siempre es menor al consumo, debido a que el agua es utilizada para diversos

usos: preparación de alimentos, limpieza, higiene personal, lavado de superficies o automóviles y uso en áreas verdes. Por tal razón se estima que el agua residual es casi un 80 % del consumo del agua en ese tipo de sistema.

Se estimó un caudal de agua residual de 0.70 l/s, esto determina que se descarga en promedio 60.48 m³/día. El hospital tiene un volumen de agua residual mayor al consumo de agua potable. Debido a que la red de alcantarillado dentro del hospital es de tipo combinado y se está agregando al sistema un caudal adicional de 6.94 m³ de agua al día. En un sistema de alcantarillado combinado se capta y conduce las aguas residuales, pluviales y de infiltración, dando como resultado en algunas ocasiones, que el caudal de agua residual sea mayor al agua consumida.

Se estableció que la producción de desechos bioinfecciosos es de 9.50 kg/día, valor que está directamente enlazado a la categoría del hospital, las diferentes actividades que en el desarrollan y la cantidad de afiliados asistidos por diferentes causas. Este valor se incrementa en los grandes hospitales ya que son grandes productores de desechos bioinfecciosos y el valor calculado es útil para el diseño de centros de acopio para el almacenamiento temporal dentro del hospital.

Para el análisis de la producción de desechos bioinfecciosos se tomo en cuenta la cantidad de personas asistidas desde 2014 al 2021 y la cantidad de personal del hospital para los años 2020 y 2021 ya que por situación de pandemia el personal del hospital cumple con las medidas sanitarias los cuales aumentan los valores de producción.

Al realizar la comparación de los parámetros del agua potable con la Norma COGUANOR NTG 29001, los parámetros físicos y organolépticos se encuentran por debajo de los límites máximos, aceptables, al igual que las características químicas y sustancias inorgánicas. Las características microbiológicas contienen en promedio 23 NMP/100 ml de Coliformes totales y *Escherichia coli*, valor que no cumple con la normativa. Por tal motivo se considera contaminada, debido a que, en algunas ocasiones causan enfermedades leves y graves.

CONCLUSIONES

1. Las aguas residuales generadas en los diferentes servicios médicos y administrativos del Hospital de Patulul del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social fueron caracterizadas y se determinó la propuesta de tratamiento adecuada. Dicha propuesta garantizará que los valores de los parámetros se encuentren por debajo de lo establecido en el acuerdo gubernativo. El agua residual después del proceso de tratamiento sigue contaminada, pero con parámetros bajos que son aprobados según la ley vigente en Guatemala.
2. Se determinaron las características del agua residual estableciendo los valores de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados, contenidos en ella. En relación con los parámetros y su verificación o cumplimiento con el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 es posible mencionar que el parámetro que no cumple con lo establecido el acuerdo es el de Coliformes fecales que corresponde al análisis microbiológico. Los parámetros fisicoquímicos y metales pesados están por debajo de los valores permitidos en dicho acuerdo.
3. La propuesta de tratamiento del agua residual consta de dos etapas, una de pretratamiento y la otra de desinfección. El proceso de pretratamiento incluye una cámara de cribado que por medio de rejillas metálicas se retendrán los sólidos inorgánicos flotantes de gran tamaño y un desarenador para la sedimentación de arenas que son arrastradas por las aguas pluviales. El proceso de desinfección se realizará por medio de hipoclorito de calcio que tiene una eficiencia teórica del 99.99 %, el cual

disminuirá el valor de Coliformes fecales al máximo permito de 1×10^4 NMP/100 ml establecido en el acuerdo.

4. Se establecieron los indicadores hospitalarios, para el agua potable se estableció una dotación de 260 litros/persona/día, 1,957 litros/cama/día y un consumo de 1,606 m³ de agua potable al mes. Para el agua residual se estableció una descarga de 219 litros/persona/día, 2,240 litros/cama/día y 1,814 m³ de agua residual descargada al mes. El hospital tiene una producción de desechos bioinfecciosos de 285 kg/mes, 0.07 kg/persona/día y de 0.45 kg/cama/día.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con el monitoreo de las aguas residuales para establecer un historial que sirva como base de datos para futuros diseños y toma de decisiones, se recomienda que se analicen como mínimo 3 veces al año las características del agua residual, así como el caudal.
2. Construir un sistema de drenaje separativo de aguas residuales y pluviales para obtener un valor específico del caudal y concentración del agua residual, ya que se evidencio una dilución en los parámetros debido a que se tiene un sistema de drenaje combinado, con más de 50 años en funcionamiento y un exceso en el consumo de agua potable.
3. Realizar una revisión al sistema de agua potable incluyendo acometida principal, cisternas y red de distribución por medio del personal de mantenimiento, para verificar las conexiones de agua potable de los diferentes servicios del hospital, determinando la existencia de fugas y que estén incrementando el consumo de agua potable. Se recomienda que se analicen los parámetros de agua potable por lo menos 3 veces al año.
4. Implementar un sistema de desinfección para el agua potable, el cual deberá ser analizado y adaptado según las características del tanque de almacenamiento que existe en el hospital.

REFERENCIAS

1. Acuerdo Gubernativo No. 509-2001. Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios. Guatemala. 28 de diciembre 2001.
2. Ambulodegui, E. (2014). *Medios de contraste, Técnicas y aplicaciones*. Recuperado de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/Manual_de_medios_de_contraste.pdf.
3. Cabrera, M. (2016). *Diseño de una guía para un manejo integral de desechos hospitalarios en laboratorios clínicos en Guatemala, según Acuerdo Gubernativo No. 509-2001 y su regulación* (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
4. Carbotecnia. (2014). *pH del agua*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-el-ph-del-agua/>.
5. Castro, M. (2014). *Tratamiento de Aguas Residuales domesticas*. Obtenido de <https://tratamientodeaguasresiduales.net/tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas/>
6. Darner, M. (14 de octubre de 2016). Obtenido de Calidad del agua en los hospitales. *La Nación*. Recuperado de <https://www.nacion.com/opinion/foros/calidad-del-agua-en-los-hospitales/OBYYZBGC55FXTLIMR2EWIGOSKU/story/>

7. Díaz, L. (2011). *Diseño del manual de procedimientos y permanencia en el área de la planta de tratamiento de desechos sólidos hospitalarios, La Verbená*. (tesis de pregrado), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
8. Elías, J. (24 de julio de 2015). Las aguas sucias de Guatemala. *El País*. Recuperado de https://elpais.com/internacional/2015/06/24/actualidad/1435177135_432060.html
9. Ergueta, F. (Marzo - Junio de 2016). El Agua Tratamiento de aguas residuales hospitalarias. *Revista Presupuesto & Construcción*, 27(62), 91 - 97. Obtenido de <http://revistapyc.com/Articulos/Grupo62/ART-62-G.pdf>
10. Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2018). Estas son las etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/etapas-del-proceso-tratamiento-aguas-residuales/>
11. García, R., Ocantos, J., & Paganini, L. (2010). *Guía de recomendaciones para la utilización de Medios de Contraste Radiológicos*.
12. Gil, G., & Tarache, P. (2010). *Evaluación del funcionamiento en la planta de tratamiento de las aguas residuales con laguna de oxidación oricagua, Municipio Antolín del Campo, Estado Nueva Esparta (tesis de pregrado)*. Universidad de Oriente, Venezuela.

13. Hernández, M. (06 de enero de 2016). Población supera los 17.1 millones. *Prensa Libre*. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/poblacion-supera-los-171-millones/>
14. Hospital de León Becerra. (2017). *Estudio de caso utilizacion de indicadores para controlar el consumo de agua e implementar acciones que promuevan su ahorro*. Recuperado de https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjYk-bs_e32AhUSk2oFHxo8CdcQFnoECAMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.greenhospitals.net%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F03%2FHospital-Le%25C3%25B3n-Becerra-Ecuador.pdf&usg=A.
15. IGSS Acuerdo de Gerencia 57/2003. Manual de gestion y manejo de desechos sólidos hospitalarios del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. IGSS. Guatemala. 15 de marzo 2003.
16. IGSS Hospital de Patulul. (2019). *Plan de Manejo de desechos sólidos hospitalarios*. Archivo del Hospital.
17. INFOM. (2016). *Guía técnica para implementar plantas de tratamiento de aguas residuales en Guatemala*. Recuperado de: <http://www.infom.gob.gt/nuestros-servicios/plantas-de-tratamiento/>.
18. Instituto Guatemalteco de Seguriad Social. (2010). *Servicios Médicos*. <https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwix0bWs9u32AhV2TTABHQMOC>

y4QFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.igssgt.org%2Fwp-content%2Fuploads%2Fimages%2Fservicios_medicos%2Finfogeneraldeptomedicoservicioscentrale.

19. Limpiezas SIL. (2017). Guía de uso para antisépticos y desinfectantes hospitalarios de uso común. Obtenido de [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://limpiezasil.com/desinfectantes-hospitalarios/>
20. Metcalf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. Tercera edición, Volumen I. España.
21. Ministerio de Salud del Perú -MINSA-. (2014). *Norma Técnica para el manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios NT-MINSA/DGSP V.0.1*. Recuperado de https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiohtz1v_D2AhU3RTABHZacC3UQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.saludarequipa.gob.pe%2Fdesa%2Farchivos%2FNormas_Legales%2FNT-MINSA-DGSP%2520V.01%2520NORMA%2520T%25C3%258.
22. Ministerio de Salud Pública de Uruguay. (2006). *Procesamiento de ropa para uso en hospitales*. Recuperado de <https://www.gub.uy/ministerio-salud-publica/sites/ministerio-salud-publica/files/documentos/publicaciones/lavmsp.pdf>.
23. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS). (2010). *Modelo de Atención Integral en Salud (MAIS)*. Recuperado de https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjOk4_nvuv2AhWASTABHWb9C

VgQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.paho.org%2Fgut%2Fmdocuments%2FModelo_de_atencion_integral_en_salud_MSPAS.pdf&usg=AOvVaw3X1LBeGrp30VZrYp.

24. Monge, D., & Del Cid, E. (2006). *Análisis de la calidad del agua residual del Hospital General de Accidentes del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (tesis de maestría)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
25. Monge, V. (2014). *Propuesta de implementación de la unidad de fisioterapia en el centro de salud con sede en Quetzaltenango*.
26. Montalvo, V. (2012). *Estandarización de los procesos de lavado de prendas de uso hospitalario, a fin de evitar la propagación de enfermedades infecto contagiosas. Tesis de pregrado*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
27. Morán, D. (2014). *Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz*. Tesis de grado: Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
28. Paz, M., Muzio, H., Gemini, V., Rossi, S., Korol, S., & Moretton, J. (2004). *Aguas residuales de un Centro Hospitalario de Buenos Aires, Argentina: Características químicas, biológicas y toxicológicas* (Vol. 4). (H. S. Ambiente, Ed.)
29. PEI IGSS. (2018). *Plan Estratégico Institucional IGSS 2018-2022*.

30. POA IGSS Hospital de Patulul. (2019). *Plan Operativo Anual (POA)*. Suchitepéquez, Guatemala.
31. POA IGSS Hospital de Patulul. (2021). *Plan Operativo Anual 2021*. Archivo del Hospital.
32. Red Global de Hospitales Verdes y Saludables. (2015). *Reducir el consumo de agua de los hospitales y suministrar agua potable*. Recuperado de <https://www.hospitalesporlasaludambiental.net/agua/>
33. Reglamento Nacional de Edificaciones Perú. (2004). *Norma OS.090 "Plantas de tratamiento de aguas residuales"*. Recuperado de https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf.
34. Rodríguez, M. (2006). *El manejo de los desechos hospitalarios en Guatemala (tesis de maestría)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
35. SII-IGSS Hospital de Patulul. (2021). *Sistema Integral de Informacion 2021*.
36. SPENA GROUP. (2016). *Tratamiento de aguas residuales para hospitales*. Obtenido de Lima, Perú: <https://spenagroup.com/tratamiento-aguas-residuales-hospitales/>
37. SWISSCONTACT & Fundación Natura. (2003). *Manual para el Manejo de Residuos Sólidos Generados en Establecimientos de Salud*. Bolivia. Recuperado de

<https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi53YfJgfP2AhVqTDABHQtyCUwQFnoECAgQAQ&url=http%3A%2F%2Fbvspers.paho.org%2Fshare%2FETRAS%2FAyS%2Ftexcom%2Fdesastres%2Fscmmrsge.pdf&usg=AOvVaw2C-FtxB2hMyE6W20b>.

38. Telwesa. (2021). Aguas industriales: Diferencias y tipos de tratamiento [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://telwesa.com/aguas-industriales/>

APÉNDICES

Apéndice 1. Fotografías de la caja donde se realizó el aforo y extracción de muestras.



Fuente: [Fotografía de Camilo García]. (Patulul, Suchitepéquez. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 2. Áreas administrativas del hospital

Nombre de las áreas administrativas	
Dirección Médica	Área de Archivo
Secretaría de Dirección	Servicios Varios
Administración	Agentes de Seguridad
Secretaría de Administración	Ropería
Área de Estadística	Área de Pilotos
Área de Trabajo Social	Área de Promotores en Salud
Área Financiera	Sala de reuniones

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Áreas médicas del hospital

Nombre de las áreas médicas	
Clínicas de Consulta Externa (COEX):	Hospitalización:
1) Clínica de Traumatología	1) Encamamiento Hombres
2) Clínica de Pediatría	2) Encamamiento Mujeres
3) Clínica de Enfermedad Común 1	3) Encamamiento de Maternidad
4) Clínica de Enfermedad Común 2	4) Encamamiento Pediátrico
5) Clínica de Gineco-Obstetricia	5) Estación de Enfermería
6) Clínica de Signo Vitales	6) Labor y Parto
7) Clínica de Vacunación	7) Servicios Sanitarios Afiliados
8) Clínica de Hipodermia	Laboratorio Clínico
9) Sala de Espera	Clínica de Odontología
10) Área Secretarial	Rayos X
11) Servicios Sanitarios Afiliados	Supervisión de Enfermería
Emergencia:	Bodega general y almacén
1) Área de Registro de Datos	Farmacia y Bodega de Farmacia
2) Área de Signos Vitales	Dormitorio de Médicos
3) Área de Clasificación	Servicio sanitario de personal
4) Área de médicos	Comedor General
5) Área de Curaciones	Cocina General
6) Área de Observación	Parqueo de Vehículos Institucionales
7) Bodega de Medicamentos	Centro de Acopio
8) Servicios Sanitarios Afiliados	Área COVID y Vacunación COVID

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Mediciones de caudal y temperatura del agua residual

Primera medición (julio 2021)					Segunda medición (diciembre 2021)				
No.	Fecha	Hora	Q (l/s)	T (°C)	No.	Fecha	Hora	Q (l/s)	T (°C)
1	30/07/2021	09:55	0.69	27.75	1	4/12/2021	10:30	0.59	24.34
2	30/07/2021	10:00	0.63	26.41	2	4/12/2021	10:35	0.54	24.33
3	30/07/2021	10:05	0.75	26.42	3	4/12/2021	10:40	0.54	24.32
4	30/07/2021	10:10	0.78	26.31	4	4/12/2021	10:45	0.54	24.38
5	30/07/2021	10:15	0.82	26.24	5	4/12/2021	10:50	0.66	24.37
6	30/07/2021	10:20	0.82	26.23	6	4/12/2021	10:55	0.56	24.36
7	30/07/2021	10:25	0.88	26.20	7	4/12/2021	11:00	0.52	24.36
8	30/07/2021	10:30	0.85	26.24	8	4/12/2021	11:05	0.50	24.35
9	30/07/2021	10:35	0.92	26.27	9	4/12/2021	11:10	0.56	24.36
10	30/07/2021	10:40	0.85	26.35	10	4/12/2021	11:15	0.66	24.33
11	30/07/2021	10:45	0.85	26.38	11	4/12/2021	11:20	0.71	24.36
12	30/07/2021	10:50	0.78	26.41	12	4/12/2021	11:25	0.61	24.35
13	30/07/2021	10:55	0.99	26.46	13	4/12/2021	11:30	0.56	24.35
14	30/07/2021	11:00	0.88	26.53	14	4/12/2021	11:35	0.54	24.35
15	30/07/2021	11:05	0.99	26.64	15	4/12/2021	11:40	0.50	24.38
16	30/07/2021	11:10	0.85	26.75	16	4/12/2021	11:45	0.52	24.39
17	30/07/2021	11:15	0.88	26.86	17	4/12/2021	11:50	0.54	24.41
18	30/07/2021	11:20	1.02	26.93	18	4/12/2021	11:55	0.50	24.42
19	30/07/2021	11:25	0.92	26.97	19	4/12/2021	12:00	0.63	24.43
20	30/07/2021	11:30	1.30	27.03	20	4/12/2021	12:05	0.66	24.47
21	30/07/2021	11:35	1.18	27.03	21	4/12/2021	12:10	0.52	24.49
22	30/07/2021	11:40	0.95	27.02	22	4/12/2021	12:15	0.40	24.49
23	30/07/2021	11:45	1.02	27.10	23	4/12/2021	12:20	0.36	24.48
24	30/07/2021	11:50	0.95	27.16	24	4/12/2021	12:25	0.38	24.49
25	30/07/2021	11:55	0.99	27.23	25	4/12/2021	12:30	0.44	24.49
26	30/07/2021	12:00	0.99	27.31	26	4/12/2021	12:35	0.42	24.47
27	30/07/2021	12:05	0.95	27.39	27	4/12/2021	12:40	0.42	24.47
28	30/07/2021	12:10	1.02	27.53	28	4/12/2021	12:45	0.44	24.47
29	30/07/2021	12:15	1.18	27.53	29	4/12/2021	12:50	0.38	24.48
30	30/07/2021	12:20	0.99	27.59	30	4/12/2021	12:55	0.54	24.49
31	30/07/2021	12:25	0.99	27.53	31	4/12/2021	13:00	0.52	24.53
32	30/07/2021	12:30	0.99	27.52	32	4/12/2021	13:05	0.48	24.58
33	30/07/2021	12:35	0.92	27.59	33	4/12/2021	13:10	0.46	24.59
34	30/07/2021	12:40	1.06	27.66	34	4/12/2021	13:15	0.48	24.60
35	30/07/2021	12:45	1.18	27.63	35	4/12/2021	13:20	0.46	24.59
36	30/07/2021	12:50	0.99	27.49	36	4/12/2021	13:25	0.48	24.60
37	30/07/2021	12:55	1.02	27.44	37	4/12/2021	13:30	0.40	24.60
38	30/07/2021	13:00	1.06	27.44	38	4/12/2021	13:35	0.42	24.56
39	30/07/2021	13:05	1.14	27.42	39	4/12/2021	13:40	0.42	24.59
40	30/07/2021	13:10	1.10	27.34	40	4/12/2021	13:45	0.38	24.60
41	30/07/2021	13:15	1.26	27.29	41	4/12/2021	13:50	0.38	24.60
42	30/07/2021	13:20	1.18	27.20	42	4/12/2021	13:55	0.68	24.61
43	30/07/2021	13:25	0.99	27.14	43	4/12/2021	14:00	0.52	24.60

Continuación del apéndice 4.

44	30/07/2021	13:30	1.06	27.06	44	4/12/2021	14:05	0.44	24.61
45	30/07/2021	13:35	1.22	27.01	45	4/12/2021	14:10	0.40	24.65
46	30/07/2021	13:40	1.10	26.98	46	4/12/2021	14:15	0.40	24.65
47	30/07/2021	13:45	1.06	26.95	47	4/12/2021	14:20	0.40	24.67
48	30/07/2021	13:50	1.02	26.94	48	4/12/2021	14:25	0.46	24.68
49	30/07/2021	13:55	1.02	26.91	49	4/12/2021	14:30	0.40	24.69
50	30/07/2021	14:00	1.10	26.86	50	4/12/2021	14:35	0.50	24.70
51	30/07/2021	14:05	1.18	26.82	51	4/12/2021	14:40	0.50	24.71
52	30/07/2021	14:10	1.02	26.76	52	4/12/2021	14:45	0.59	24.70
53	30/07/2021	14:15	1.14	26.75	53	4/12/2021	14:50	0.48	24.73
54	30/07/2021	14:20	1.06	26.73	54	4/12/2021	14:55	0.46	24.75
55	30/07/2021	14:25	1.06	26.72	55	4/12/2021	15:00	0.38	24.75
56	30/07/2021	14:30	1.14	26.70	56	4/12/2021	15:05	0.42	24.76
57	30/07/2021	14:35	1.14	26.67	57	4/12/2021	15:10	0.42	24.79
58	30/07/2021	14:40	1.02	26.65	58	4/12/2021	15:15	0.40	24.80
59	30/07/2021	14:45	0.99	26.65	59	4/12/2021	15:20	0.42	24.82
60	30/07/2021	14:50	0.99	26.62	60	4/12/2021	15:25	0.46	24.85
61	30/07/2021	14:55	0.99	26.62	61	4/12/2021	15:30	0.73	24.86
62	30/07/2021	15:00	1.06	26.62	62	4/12/2021	15:35	0.90	24.84
63	30/07/2021	15:05	1.02	26.63	63	4/12/2021	15:40	0.79	24.87
64	30/07/2021	15:10	1.02	26.63	64	4/12/2021	15:45	0.76	24.83
65	30/07/2021	15:15	1.02	26.65	65	4/12/2021	15:50	0.76	24.86
66	30/07/2021	15:20	1.06	26.66	66	4/12/2021	15:55	0.71	24.83
67	30/07/2021	15:25	0.95	26.65	67	4/12/2021	16:00	0.71	24.85
68	30/07/2021	15:30	0.99	26.64	68	4/12/2021	16:05	0.66	24.82
69	30/07/2021	15:35	0.99	26.61	69	4/12/2021	16:10	0.61	24.83
70	30/07/2021	15:40	0.95	26.62	70	4/12/2021	16:15	0.61	24.84
71	30/07/2021	15:45	0.95	26.62	71	4/12/2021	16:20	0.59	24.84
72	30/07/2021	15:50	1.06	26.63	72	4/12/2021	16:25	0.59	24.81
73	30/07/2021	15:55	1.22	26.62	73	4/12/2021	16:30	0.61	24.82
74	30/07/2021	16:00	1.10	26.60	74	4/12/2021	16:35	0.59	24.80
75	30/07/2021	16:05	0.99	26.59	75	4/12/2021	16:40	0.59	24.79
76	30/07/2021	16:10	0.99	26.58	76	4/12/2021	16:45	0.87	24.78
77	30/07/2021	16:15	1.02	26.57	77	4/12/2021	16:50	0.79	24.81
78	30/07/2021	16:20	1.06	26.57	78	4/12/2021	16:55	0.61	24.78
79	30/07/2021	16:25	0.95	26.55	79	4/12/2021	17:00	0.59	24.79
80	30/07/2021	16:30	0.85	26.57	80	4/12/2021	17:05	0.56	24.81
81	30/07/2021	16:35	0.85	26.60	81	4/12/2021	17:10	0.56	24.79
82	30/07/2021	16:40	0.85	26.62	82	4/12/2021	17:15	0.59	24.80
83	30/07/2021	16:45	0.88	26.64	83	4/12/2021	17:20	0.59	24.77
84	30/07/2021	16:50	0.88	26.63	84	4/12/2021	17:25	0.59	24.78
85	30/07/2021	16:55	0.92	26.65	85	4/12/2021	17:30	0.59	24.78
86	30/07/2021	17:00	0.88	26.67	86	4/12/2021	17:35	0.61	24.80
87	30/07/2021	17:05	0.85	26.67	87	4/12/2021	17:40	0.68	24.81
88	30/07/2021	17:10	0.85	26.66	88	4/12/2021	17:45	0.73	24.79
89	30/07/2021	17:15	0.92	26.67	89	4/12/2021	17:50	0.71	24.81
90	30/07/2021	17:20	0.88	26.65	90	4/12/2021	17:55	0.73	24.81
91	30/07/2021	17:25	0.99	26.64	91	4/12/2021	18:00	0.66	24.82

Continuación del apéndice 4.

92	30/07/2021	17:30	0.92	26.66	92	4/12/2021	18:05	0.68	24.81
93	30/07/2021	17:35	0.99	26.65	93	4/12/2021	18:10	0.63	24.80
94	30/07/2021	17:40	0.88	26.66	94	4/12/2021	18:15	0.59	24.82
95	30/07/2021	17:45	0.92	26.65	95	4/12/2021	18:20	0.56	24.80
96	30/07/2021	17:50	0.95	26.66	96	4/12/2021	18:25	0.63	24.77
97	30/07/2021	17:55	0.85	26.65	97	4/12/2021	18:30	0.71	24.79
98	30/07/2021	18:00	0.92	26.63	98	4/12/2021	18:35	0.63	24.79
99	30/07/2021	18:05	0.92	26.62	99	4/12/2021	18:40	0.61	24.78
100	30/07/2021	18:10	0.95	26.62	100	4/12/2021	18:45	0.71	24.77
101	30/07/2021	18:15	0.92	26.63	101	4/12/2021	18:50	0.71	24.79
102	30/07/2021	18:20	0.88	26.63	102	4/12/2021	18:55	0.61	24.79
103	30/07/2021	18:25	0.95	26.65	103	4/12/2021	19:00	0.61	24.78
104	30/07/2021	18:30	0.92	26.60	104	4/12/2021	19:05	0.68	24.77
105	30/07/2021	18:35	0.92	26.59	105	4/12/2021	19:10	0.63	24.78
106	30/07/2021	18:40	0.92	26.59	106	4/12/2021	19:15	0.59	24.76
107	30/07/2021	18:45	0.85	26.59	107	4/12/2021	19:20	0.61	24.77
108	30/07/2021	18:50	0.88	26.57	108	4/12/2021	19:25	0.66	24.75
109	30/07/2021	18:55	0.85	26.60	109	4/12/2021	19:30	0.63	24.75
110	30/07/2021	19:00	0.85	26.58	110	4/12/2021	19:35	0.66	24.73
111	30/07/2021	19:05	0.85	26.57	111	4/12/2021	19:40	0.61	24.73
112	30/07/2021	19:10	0.85	26.55	112	4/12/2021	19:45	0.61	24.76
113	30/07/2021	19:15	0.92	26.55	113	4/12/2021	19:50	0.63	24.76
114	30/07/2021	19:20	0.95	26.55	114	4/12/2021	19:55	0.79	24.75
115	30/07/2021	19:25	1.02	26.53	115	4/12/2021	20:00	0.85	24.74
116	30/07/2021	19:30	0.92	26.52	116	4/12/2021	20:05	0.68	24.72
117	30/07/2021	19:35	0.92	26.54	117	4/12/2021	20:10	0.63	24.73
118	30/07/2021	19:40	0.85	26.52	118	4/12/2021	20:15	0.59	24.71
119	30/07/2021	19:45	0.88	26.49	119	4/12/2021	20:20	0.59	24.71
120	30/07/2021	19:50	0.85	26.49	120	4/12/2021	20:25	0.59	24.70
121	30/07/2021	19:55	0.92	26.45	121	4/12/2021	20:30	0.59	24.68
122	30/07/2021	20:00	0.95	26.49	122	4/12/2021	20:35	0.59	24.69
123	30/07/2021	20:05	0.88	26.50	123	4/12/2021	20:40	0.63	24.71
124	30/07/2021	20:10	0.92	26.48	124	4/12/2021	20:45	0.63	24.73
125	30/07/2021	20:15	0.92	26.48	125	4/12/2021	20:50	0.61	24.81
126	30/07/2021	20:20	0.85	26.45	126	4/12/2021	20:55	0.63	24.85
127	30/07/2021	20:25	0.95	26.46	127	4/12/2021	21:00	0.63	24.87
128	30/07/2021	20:30	1.02	26.48	128	4/12/2021	21:05	0.63	24.89
129	30/07/2021	20:35	0.99	26.53	129	4/12/2021	21:10	0.59	24.90
130	30/07/2021	20:40	1.02	26.56	130	4/12/2021	21:15	0.56	24.87
131	30/07/2021	20:45	0.88	26.55	131	4/12/2021	21:20	0.52	24.86
132	30/07/2021	20:50	0.85	26.53	132	4/12/2021	21:25	0.52	24.85
133	30/07/2021	20:55	0.88	26.49	133	4/12/2021	21:30	0.66	24.83
134	30/07/2021	21:00	0.82	26.46	134	4/12/2021	21:35	0.63	24.88
135	30/07/2021	21:05	0.78	26.43	135	4/12/2021	21:40	0.59	24.96
136	30/07/2021	21:10	0.75	26.41	136	4/12/2021	21:45	0.59	24.96
137	30/07/2021	21:15	0.75	26.39	137	4/12/2021	21:50	0.59	24.94
138	30/07/2021	21:20	0.75	26.33	138	4/12/2021	21:55	0.59	24.93
139	30/07/2021	21:25	0.78	26.32	139	4/12/2021	22:00	0.56	24.88

Continuación del apéndice 4.

140	30/07/2021	21:30	0.78	26.30	140	4/12/2021	22:05	0.56	24.84
141	30/07/2021	21:35	0.78	26.31	141	4/12/2021	22:10	0.56	24.81
142	30/07/2021	21:40	0.78	26.31	142	4/12/2021	22:15	0.56	24.82
143	30/07/2021	21:45	0.75	26.27	143	4/12/2021	22:20	0.56	24.80
144	30/07/2021	21:50	0.75	26.28	144	4/12/2021	22:25	0.56	24.80
145	30/07/2021	21:55	0.75	26.24	145	4/12/2021	22:30	0.56	24.80
146	30/07/2021	22:00	0.75	26.24	146	4/12/2021	22:35	0.56	24.74
147	30/07/2021	22:05	0.75	26.21	147	4/12/2021	22:40	0.54	24.73
148	30/07/2021	22:10	0.75	26.20	148	4/12/2021	22:45	0.54	24.70
149	30/07/2021	22:15	0.75	26.21	149	4/12/2021	22:50	0.54	24.68
150	30/07/2021	22:20	0.75	26.18	150	4/12/2021	22:55	0.56	24.62
151	30/07/2021	22:25	0.85	26.18	151	4/12/2021	23:00	0.54	24.63
152	30/07/2021	22:30	0.75	26.21	152	4/12/2021	23:05	0.54	24.60
153	30/07/2021	22:35	0.75	26.20	153	4/12/2021	23:10	0.52	24.60
154	30/07/2021	22:40	0.72	26.18	154	4/12/2021	23:15	0.54	24.57
155	30/07/2021	22:45	0.72	26.17	155	4/12/2021	23:20	0.54	24.56
156	30/07/2021	22:50	0.72	26.16	156	4/12/2021	23:25	0.54	24.52
157	30/07/2021	22:55	0.72	26.15	157	4/12/2021	23:30	0.54	24.50
158	30/07/2021	23:00	0.72	26.15	158	4/12/2021	23:35	0.54	24.49
159	30/07/2021	23:05	0.72	26.16	159	4/12/2021	23:40	0.54	24.49
160	30/07/2021	23:10	0.72	26.15	160	4/12/2021	23:45	0.54	24.48
161	30/07/2021	23:15	0.72	26.15	161	4/12/2021	23:50	0.54	24.48
162	30/07/2021	23:20	0.72	26.13	162	4/12/2021	23:55	0.54	24.45
163	30/07/2021	23:25	0.72	26.10	163	5/12/2021	00:00	0.54	24.48
164	30/07/2021	23:30	0.72	26.10	164	5/12/2021	00:05	0.54	24.45
165	30/07/2021	23:35	0.72	26.09	165	5/12/2021	00:10	0.54	24.44
166	30/07/2021	23:40	0.72	26.09	166	5/12/2021	00:15	0.56	24.46
167	30/07/2021	23:45	0.69	26.09	167	5/12/2021	00:20	0.56	24.43
168	30/07/2021	23:50	0.72	26.09	168	5/12/2021	00:25	0.61	24.46
169	30/07/2021	23:55	0.69	26.08	169	5/12/2021	00:30	0.59	24.48
170	31/07/2021	00:00	0.69	26.08	170	5/12/2021	00:35	0.59	24.51
171	31/07/2021	00:05	0.69	26.07	171	5/12/2021	00:40	0.59	24.51
172	31/07/2021	00:10	0.69	26.06	172	5/12/2021	00:45	0.59	24.52
173	31/07/2021	00:15	0.69	26.06	173	5/12/2021	00:50	0.56	24.52
174	31/07/2021	00:20	0.69	26.05	174	5/12/2021	00:55	0.56	24.52
175	31/07/2021	00:25	0.69	26.03	175	5/12/2021	01:00	0.56	24.49
176	31/07/2021	00:30	0.69	26.04	176	5/12/2021	01:05	0.56	24.48
177	31/07/2021	00:35	0.69	26.05	177	5/12/2021	01:10	0.56	24.47
178	31/07/2021	00:40	0.72	26.03	178	5/12/2021	01:15	0.56	24.47
179	31/07/2021	00:45	0.69	26.04	179	5/12/2021	01:20	0.56	24.45
180	31/07/2021	00:50	0.69	26.04	180	5/12/2021	01:25	0.56	24.44
181	31/07/2021	00:55	0.69	26.03	181	5/12/2021	01:30	0.56	24.42
182	31/07/2021	01:00	0.69	26.02	182	5/12/2021	01:35	0.59	24.42
183	31/07/2021	01:05	0.72	26.00	183	5/12/2021	01:40	0.59	24.39
184	31/07/2021	01:10	0.69	26.01	184	5/12/2021	01:45	0.56	24.38
185	31/07/2021	01:15	0.69	26.01	185	5/12/2021	01:50	0.56	24.39
186	31/07/2021	01:20	0.69	25.99	186	5/12/2021	01:55	0.56	24.36
187	31/07/2021	01:25	0.69	25.99	187	5/12/2021	02:00	0.56	24.37

Continuación del apéndice 4.

188	31/07/2021	01:30	0.66	26.00	188	5/12/2021	02:05	0.56	24.35
189	31/07/2021	01:35	0.69	25.98	189	5/12/2021	02:10	0.56	24.35
190	31/07/2021	01:40	0.69	25.97	190	5/12/2021	02:15	0.56	24.32
191	31/07/2021	01:45	0.69	25.96	191	5/12/2021	02:20	0.61	24.33
192	31/07/2021	01:50	0.69	25.95	192	5/12/2021	02:25	0.56	24.33
193	31/07/2021	01:55	0.69	25.97	193	5/12/2021	02:30	0.61	24.33
194	31/07/2021	02:00	0.69	25.99	194	5/12/2021	02:35	0.56	24.31
195	31/07/2021	02:05	0.69	25.97	195	5/12/2021	02:40	0.56	24.31
196	31/07/2021	02:10	0.66	25.94	196	5/12/2021	02:45	0.56	24.27
197	31/07/2021	02:15	0.69	25.97	197	5/12/2021	02:50	0.56	24.27
198	31/07/2021	02:20	0.66	25.97	198	5/12/2021	02:55	0.56	24.27
199	31/07/2021	02:25	0.66	25.96	199	5/12/2021	03:00	0.56	24.27
200	31/07/2021	02:30	0.66	25.94	200	5/12/2021	03:05	0.59	24.26
201	31/07/2021	02:35	0.66	25.92	201	5/12/2021	03:10	0.56	24.25
202	31/07/2021	02:40	0.66	25.93	202	5/12/2021	03:15	0.54	24.26
203	31/07/2021	02:45	0.66	25.93	203	5/12/2021	03:20	0.56	24.24
204	31/07/2021	02:50	0.66	25.92	204	5/12/2021	03:25	0.61	24.23
205	31/07/2021	02:55	0.66	25.90	205	5/12/2021	03:30	0.56	24.25
206	31/07/2021	03:00	0.66	25.88	206	5/12/2021	03:35	0.61	24.25
207	31/07/2021	03:05	0.75	25.87	207	5/12/2021	03:40	0.56	24.22
208	31/07/2021	03:10	0.66	25.85	208	5/12/2021	03:45	0.56	24.22
209	31/07/2021	03:15	0.72	25.85	209	5/12/2021	03:50	0.56	24.23
210	31/07/2021	03:20	0.69	25.86	210	5/12/2021	03:55	0.56	24.21
211	31/07/2021	03:25	0.66	25.88	211	5/12/2021	04:00	0.59	24.20
212	31/07/2021	03:30	0.66	25.88	212	5/12/2021	04:05	0.59	24.17
213	31/07/2021	03:35	0.66	25.85	213	5/12/2021	04:10	0.59	24.18
214	31/07/2021	03:40	0.66	25.84	214	5/12/2021	04:15	0.59	24.17
215	31/07/2021	03:45	0.66	25.84	215	5/12/2021	04:20	0.66	24.15
216	31/07/2021	03:50	0.66	25.83	216	5/12/2021	04:25	0.59	24.17
217	31/07/2021	03:55	0.66	25.83	217	5/12/2021	04:30	0.56	24.15
218	31/07/2021	04:00	0.66	25.80	218	5/12/2021	04:35	0.61	24.16
219	31/07/2021	04:05	0.66	25.77	219	5/12/2021	04:40	0.68	24.14
220	31/07/2021	04:10	0.63	25.79	220	5/12/2021	04:45	0.59	24.18
221	31/07/2021	04:15	0.66	25.80	221	5/12/2021	04:50	0.71	24.19
222	31/07/2021	04:20	0.66	25.79	222	5/12/2021	04:55	0.71	24.20
223	31/07/2021	04:25	0.66	25.78	223	5/12/2021	05:00	0.56	24.22
224	31/07/2021	04:30	0.69	25.78	224	5/12/2021	05:05	0.54	24.22
225	31/07/2021	04:35	0.66	25.76	225	5/12/2021	05:10	0.54	24.20
226	31/07/2021	04:40	0.69	25.79	226	5/12/2021	05:15	0.54	24.21
227	31/07/2021	04:45	0.69	25.79	227	5/12/2021	05:20	0.54	24.19
228	31/07/2021	04:50	0.66	25.79	228	5/12/2021	05:25	0.54	24.17
229	31/07/2021	04:55	0.66	25.81	229	5/12/2021	05:30	0.54	24.13
230	31/07/2021	05:00	0.66	25.82	230	5/12/2021	05:35	0.56	24.12
231	31/07/2021	05:05	0.75	25.79	231	5/12/2021	05:40	0.59	24.13
232	31/07/2021	05:10	0.75	25.91	232	5/12/2021	05:45	0.61	24.13
233	31/07/2021	05:15	0.66	26.07	233	5/12/2021	05:50	0.63	24.14
234	31/07/2021	05:20	0.63	26.13	234	5/12/2021	05:55	0.61	24.11
235	31/07/2021	05:25	0.63	26.07	235	5/12/2021	06:00	0.59	24.11

Continuación del apéndice 4.

236	31/07/2021	05:30	0.69	26.00	236	5/12/2021	06:05	0.61	24.12
237	31/07/2021	05:35	0.66	25.92	237	5/12/2021	06:10	0.68	24.10
238	31/07/2021	05:40	0.72	25.91	238	5/12/2021	06:15	0.66	24.11
239	31/07/2021	05:45	0.75	25.90	239	5/12/2021	06:20	0.61	24.12
240	31/07/2021	05:50	0.66	25.95	240	5/12/2021	06:25	0.56	24.17
241	31/07/2021	05:55	0.66	25.95	241	5/12/2021	06:30	0.59	24.16
242	31/07/2021	06:00	0.63	25.92	242	5/12/2021	06:35	0.56	24.16
243	31/07/2021	06:05	0.75	25.89	243	5/12/2021	06:40	0.56	24.14
244	31/07/2021	06:10	0.66	25.89	244	5/12/2021	06:45	0.54	24.11
245	31/07/2021	06:15	0.69	25.88	245	5/12/2021	06:50	0.59	24.09
246	31/07/2021	06:20	0.69	25.85	246	5/12/2021	06:55	0.63	24.07
247	31/07/2021	06:25	0.69	25.83	247	5/12/2021	07:00	0.61	24.08
248	31/07/2021	06:30	0.63	25.78	248	5/12/2021	07:05	0.59	24.10
249	31/07/2021	06:35	0.63	25.77	249	5/12/2021	07:10	0.56	24.11
250	31/07/2021	06:40	0.66	25.74	250	5/12/2021	07:15	0.61	24.12
251	31/07/2021	06:45	0.63	25.74	251	5/12/2021	07:20	0.59	24.09
252	31/07/2021	06:50	0.61	25.71	252	5/12/2021	07:25	0.56	24.08
253	31/07/2021	06:55	0.63	25.72	253	5/12/2021	07:30	0.56	24.08
254	31/07/2021	07:00	0.61	25.74	254	5/12/2021	07:35	0.59	24.06
255	31/07/2021	07:05	0.63	25.73	255	5/12/2021	07:40	0.66	24.07
256	31/07/2021	07:10	0.63	25.74	256	5/12/2021	07:45	0.71	24.04
257	31/07/2021	07:15	0.63	25.76	257	5/12/2021	07:50	0.66	24.07
258	31/07/2021	07:20	0.63	25.74	258	5/12/2021	07:55	0.63	24.13
259	31/07/2021	07:25	0.63	25.72	259	5/12/2021	08:00	0.71	24.17
260	31/07/2021	07:30	0.66	25.75	260	5/12/2021	08:05	0.63	24.22
261	31/07/2021	07:35	0.63	25.79	261	5/12/2021	08:10	0.63	24.23
262	31/07/2021	07:40	0.78	25.79	262	5/12/2021	08:15	0.61	24.27
263	31/07/2021	07:45	0.75	25.87	263	5/12/2021	08:20	0.59	24.28
264	31/07/2021	07:50	0.69	25.95	264	5/12/2021	08:25	0.71	24.29
265	31/07/2021	07:55	0.69	25.98	265	5/12/2021	08:30	0.71	24.32
266	31/07/2021	08:00	0.66	25.98	266	5/12/2021	08:35	0.76	24.33
267	31/07/2021	08:05	0.66	25.98	267	5/12/2021	08:40	0.68	24.34
268	31/07/2021	08:10	0.69	26.00	268	5/12/2021	08:45	0.66	24.36
269	31/07/2021	08:15	0.85	26.01	269	5/12/2021	08:50	0.68	24.38
270	31/07/2021	08:20	0.85	26.05	270	5/12/2021	08:55	0.61	24.39
271	31/07/2021	08:25	0.82	26.10	271	5/12/2021	09:00	0.59	24.39
272	31/07/2021	08:30	0.72	26.11	272	5/12/2021	09:05	0.61	24.38
273	31/07/2021	08:35	0.78	26.11	273	5/12/2021	09:10	0.82	24.38
274	31/07/2021	08:40	0.75	26.13	274	5/12/2021	09:15	0.54	24.38
275	31/07/2021	08:45	0.66	26.17	275	5/12/2021	09:20	0.50	24.39
276	31/07/2021	08:50	0.63	26.15	276	5/12/2021	09:25	0.48	24.39
277	31/07/2021	08:55	0.66	26.14	277	5/12/2021	09:30	0.52	24.34
278	31/07/2021	09:00	0.61	26.13	278	5/12/2021	09:35	0.50	24.34
279	31/07/2021	09:05	0.69	26.13	279	5/12/2021	09:40	0.52	24.33
280	31/07/2021	09:10	0.85	26.14	280	5/12/2021	09:45	0.54	24.33
					281	5/12/2021	09:50	0.56	24.35
					282	5/12/2021	09:55	0.56	24.35
					283	5/12/2021	10:00	0.59	24.35

Continuación del apéndice 4.

284	5/12/2021	10:05	0.68	24.33
285	5/12/2021	10:10	0.66	24.40
286	5/12/2021	10:15	0.63	24.44
287	5/12/2021	10:20	0.73	24.49
288	5/12/2021	10:25	0.71	24.56
289	5/12/2021	10:30	0.66	24.60

Descripción	Q (l/s)	T (°C)	Descripción	Q (l/s)	T (°C)
Promedio	0.82	26.35	Promedio	0.58	24.50
Máximo	1.30	27.75	Máximo	0.90	24.96
Mínimo	0.61	25.71	Mínimo	0.36	24.04

Caudal total promedio

0.70

l/s

Temperatura total promedio

25.43

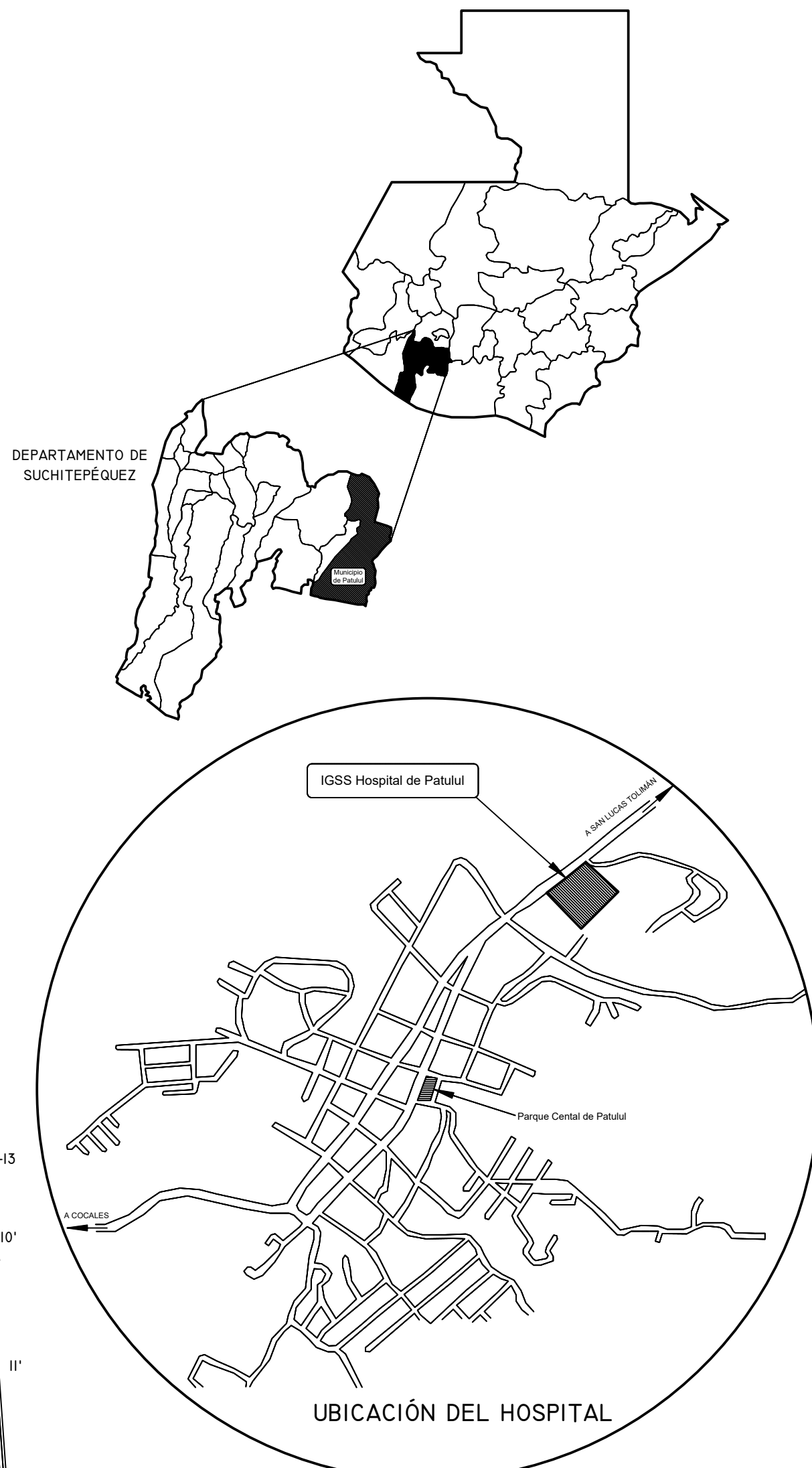
°C

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Planos de la propuesta del sistema de tratamiento**

- Ubicación del hospital y del sistema de desinfección
- Planta arquitectónica de la propuesta del sistema de tratamiento
- Sección de la propuesta del sistema de tratamiento

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2022.



UBICACIÓN DEL HOSPITAL

DATOS DE TOPOGRAFIA				
E.	P.O.	AZIMUT	D.H. (M)	
1	2	146°27'55"	5.72	
2	3	126°51'45"	17.31	
3	4	86°52'30"	1.96	
4	5	128°33'20"	9.15	
5	6	137°31'35"	16.11	
6	7	139°08'20"	50.96	
7	8	144°41'50"	11.64	
8	9	231°08'40"	32.38	
9	10	231°48'35"	76.88	
10	11	233°48'00"	12.12	
11	12	315°09'05"	50.76	
12	13	313°28'00"	34.29	
13	14	317°50'50"	27.00	
14	15	51°54'55"	114.85	
15	1	52°15'35"	8.55	
0	0'	161°26'25"	13.62	

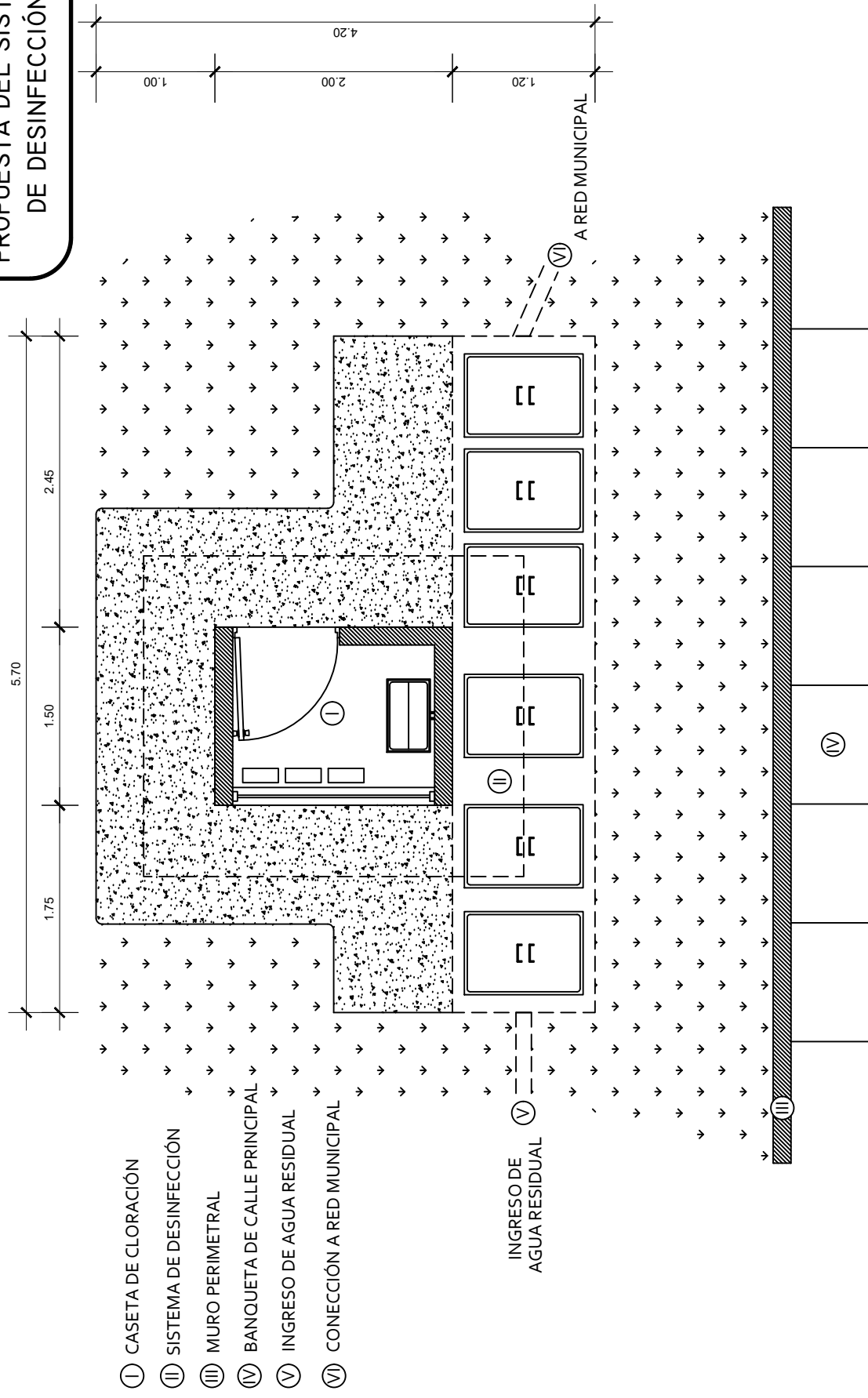
ÁREA PROPUESTA PARA EL SISTEMA DE DESINFECCIÓN

BM NNN-2A
COTA IGN 327.13
COORDENADAS UTM
GPS GARMIN 62S
15 P 698827
1595889

COORDENADAS UTM E-0:
X = 698639.43
Y = 1595726.88
Z = 328.66
E-0 CON BASE DE CONCRETO
E-0' CON CLAVO EN PISTA DE CONCRETO

ÁREA TERRENO: 13,962.57 M2 = 19,982.53 V2

PROPUESTA DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN

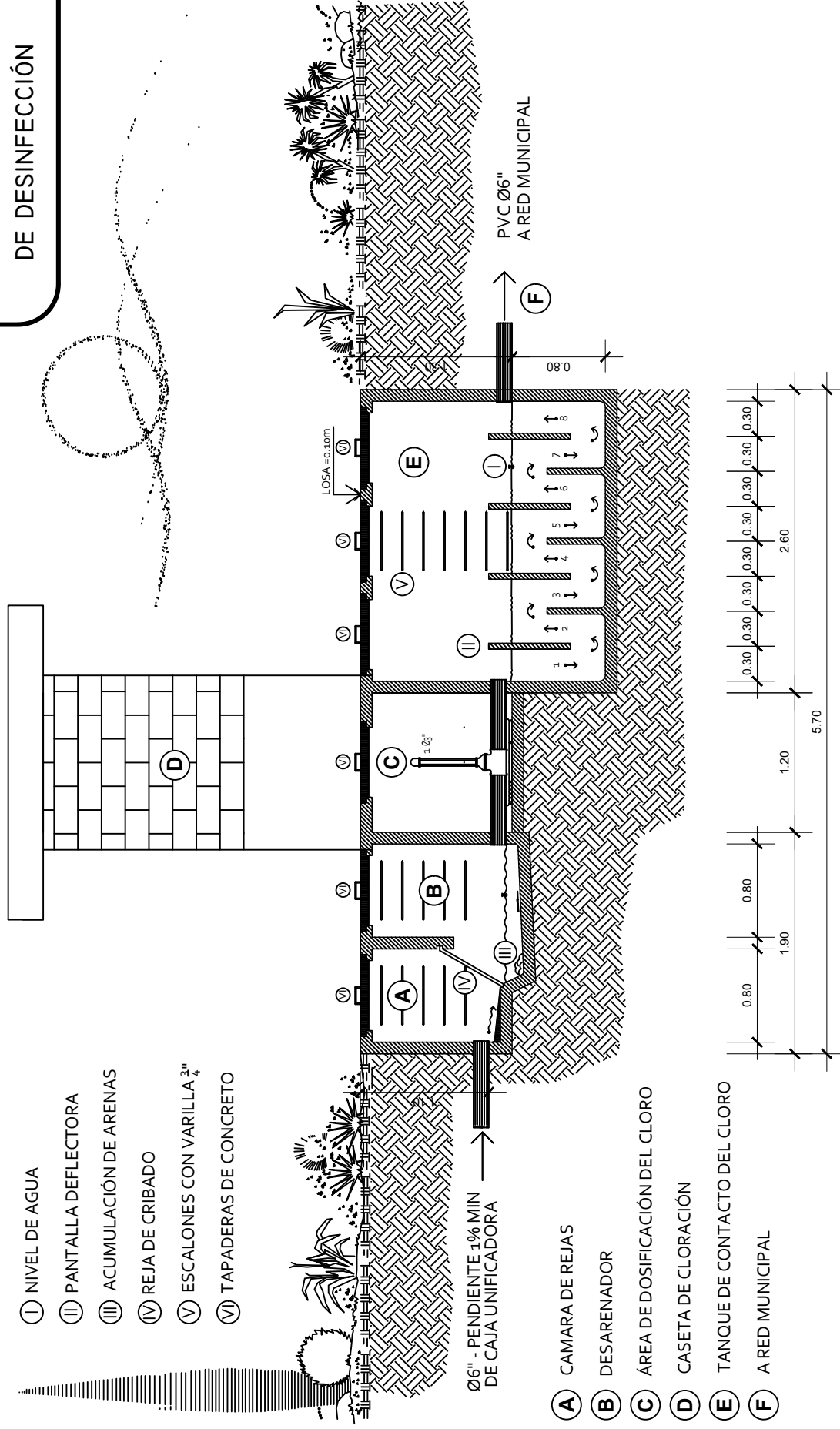


PLANTA DE SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA RESIDUAL



PROPUESTA DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN

- ① NIVEL DE AGUA
- ② PANTALLA DEFLECTORA
- ③ ACUMULACIÓN DE ARENAS
- ④ REJA DE CRIBADO
- ⑤ ESCALONES CON VARILLA $\frac{3}{4}$ "
- ⑥ TAPADERAS DE CONCRETO



- A CAMARA DE REJAS
- B DESARENADOR
- C ÁREA DE DOSIFICACIÓN DEL CLORO
- D CASETA DE CLORACIÓN
- E TANQUE DE CONTACTO DEL CLORO
- F A RED MUNICIPAL

SECCIÓN DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA RESIDUAL



ANEXOS

Anexo 1. Estructura Organizacional de Hospital



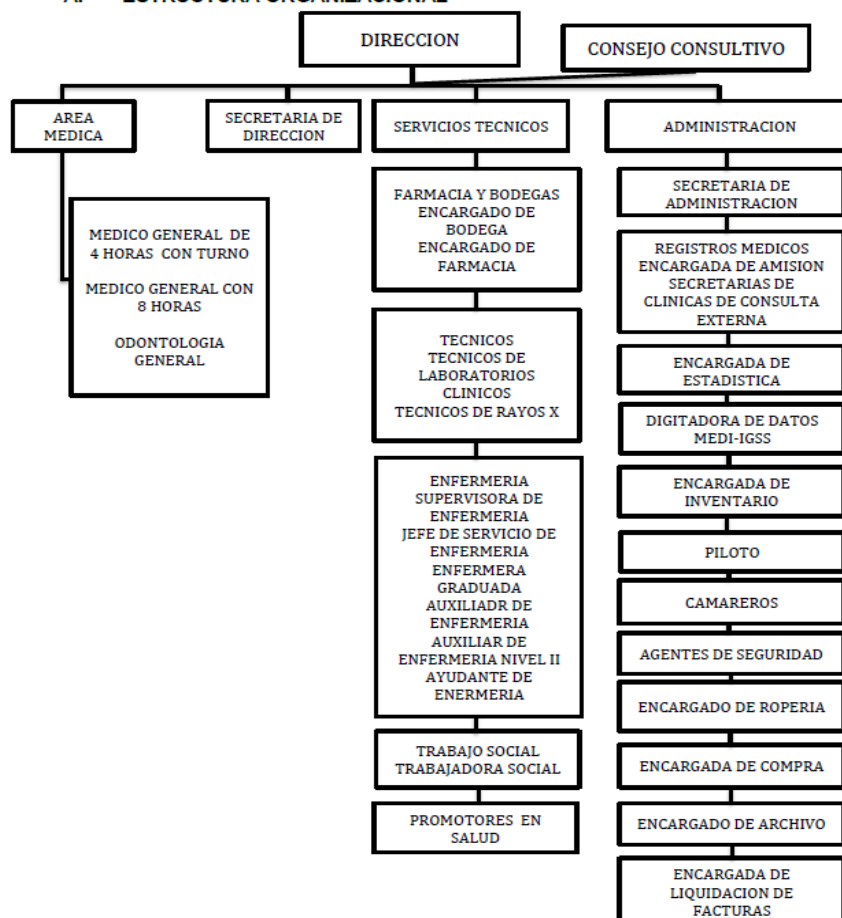
Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
Plan Operativo Anual, Plan Anual de Compras y
Anteproyecto de Presupuesto 2021 y Multiannual 2021 - 2025

8/210

UE: 307 CC: 7058 - HOSPITAL DE PATULUL
CP HOSPITAL DE PATULUL

www.igssgt.org

A. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL



UE 307 CC 7058 POA 2021 - 00156

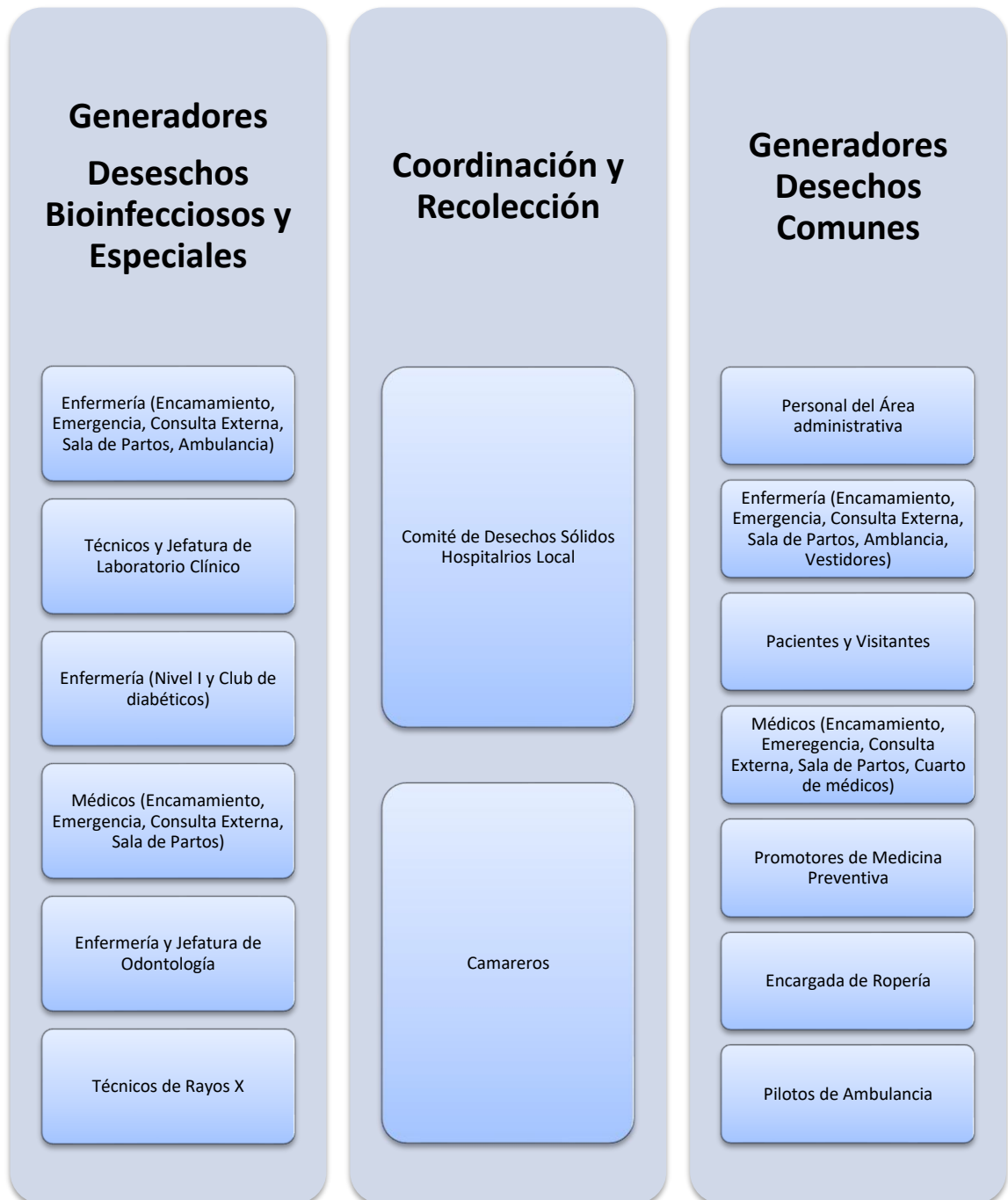
Fuente: POA Hospital de Patulul (2021). *Planificación Operativa Anual 2021.*

Anexo 2. Organigrama del Comité de Desechos Sólidos Hospitalarios



Fuente: POA Hospital de Patulul (2021). *Planificación Operativa Anual 2021.*

**Anexo 3. Organigrama del personal involucrado en la gestión de los
desechos sólidos hospitalarios**



Fuente: POA Hospital de Patulul (2021). *Planificación Operativa Anual 2021*.

Anexo 4. Resultado de los análisis de agua potable



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Hospital IGGS Patulul
Responsable: Ing. Camilo García
Dirección: Barrio El Triunfo, Patulul, Suchitepéquez

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Hospital IGGS Patulul
Referencia cliente: CISTERNA
Fecha de monitoreo: 30 de julio de 2021
Hora de monitoreo: 10:40
Tipo de muestra: Agua para consumo humano
Código de muestra: 21-3275-1
Lote: 21-3275

Muestra simple o compuesta: Simple
Responsable del muestreo: RONI SOLÍS
Temperatura de almacenaje: 5 °C
Recipiente utilizado: Plástico y bolsa estéril
Método de muestreo: PRO40-MUE
Método de preservación: INS04-MUE

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 30 de julio de 2021
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 15:46
Fecha de informe: 09 de agosto de 2021

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual (in-situ)	mg/L - Cl ₂	0.10	< 0.10	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14801
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl ⁻	0.4	12.8	100.0	250.0	Spectroquant® Merck 14897
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	1	8	5.0	35.0	STM 2120 C
Conductividad	µS/cm @ 25°C	0.1	147	750	1,500	STM 2510 B
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	0.04	3.14	---	50.0	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.009	0.095	---	3.0	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.01	6.99	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ⁻²	3	7	100.0	250.0	Spectroquant® Merck 02537
Turbiedad	UNT	0.5	2.0	5.0	15.0	STM 2130 B
Coliformes totales	NMP/100mL	1.1	> 8.0	---	< 1.1	STM 9221 B y C
Escherichia coli	NMP/100mL	1.1	> 8.0	---	< 1.1	STM 9221 G

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = unidades Platino Cobalto; µS/cm = micro siemens por centímetro; UNT = unidades de turbiedad; NMP/100mL = Numero más probable por 100 mililitros.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2017 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

La toma de la muestra cumple con la norma COGUANOR NTG 29006 – Agua para consumo humano (agua potable). Recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras; y la norma COGUANOR NTG/ISO 19458– Calidad del agua. Muestreo para el análisis microbiológico.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.


Laboratorio ECOQUIMSA
Cesia de León Arredondo
Ingeniera Química
Colegiado No. 2827

Continuación del anexo 4.



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Hospital IGGS Patulul
Responsable: Ing. Camilo García
Dirección: Barrio El Triunfo, Patulul, Suchitepéquez

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Hospital IGGS Patulul	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	CISTERNA	Responsable del muestreo:	RONI SOLÍS
Fecha de monitoreo:	30 de julio de 2021	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	10:40	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de muestreo:	PRO40-MUE
Código de muestra:	21-3275-1	Método de preservación:	INS04-MUE
Lote:	21-3275		

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 30 de julio de 2021
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 15:46
Fecha de informe: 09 de agosto de 2021

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Calcio	mg/L - Ca	0.799	11.05	75.0	150.0	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.048	< 0.048	0.3	---	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.048	4.87	50.0	100.0	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.013	< 0.013	0.1	0.4	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	2.19	47.64	100.0	500.0	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

Los análisis de este informe son acreditados COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2017 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

La toma de la muestra cumple con la norma COGUANOR NTG 29006 – Agua para consumo humano (agua potable).

Recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.


Laboratorio ECOQUIMSA
Cesia de León Arredondo
Ingeniera Química
Colegiado No. 2827

Continuación del anexo 4.

9a avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
informacion@ecoquimsa.com.gt | ecoquimsa.com | (502) 2322 3600

**líderes en
ambiente**



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Hospital IGSS Patulul
Dirección: Barrio El Triunfo, Patulul, Suchitepéquez

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Hospital IGSS Patulul
Referencia cliente: Tanque principal parte alta
Fecha de monitoreo: 04 de diciembre de 2021
Hora de monitoreo: 11:25
Tipo de muestra: Agua para consumo humano
Código de muestra: 21-5723-1
Lote: 21-5723

Muestra simple o compuesta: Simple
Responsable del muestreo: OSCAR LÓPEZ
Temperatura de almacenaje: 5 °C
Recipiente utilizado: Plástico y bolsa estéril
Método de muestreo: PRO40-MUE
Método de preservación: INS04-MUE

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 04 de diciembre de 2021
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 20:30
Fecha de informe: 16 de diciembre de 2021

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual (in-situ)	mg/L - Cl ₂	0.10	< 0.10	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14801
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl	0.4	4.4	100.0	250.0	Spectroquant® Merck 14897
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	1	< 1	5.0	35.0	STM 2120 C
Conductividad	µS/cm @ 25°C	0.1	157.8	750	1,500	STM 2510 B
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	0.17	4.34	---	50.0	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.028	< 0.028	---	3.0	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.01	7.27	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ²⁻	2	9	100.0	250.0	Spectroquant® Merck 02537
Turbiedad	UNT	0.5	1.0	5.0	15.0	STM 2130 B
Coliformes totales	NMP/100mL	1.1	> 23.0	---	< 1.1	STM 9221 B y C
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.1	> 23.0	---	< 1.1	STM 9221 G

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = unidades Platino Cobalto; µS/cm = micro siemens por centímetro; UNT = unidades de turbiedad; NMP/100mL = Número más probable por 100 mililitros.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2017 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

La toma de la muestra cumple con la norma COGUANOR NTG 29006 – Agua para consumo humano (agua potable). Recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras; y la norma COGUANOR NTG/ISO 19458– Calidad del agua. Muestreo para el análisis microbiológico.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.




Laboratorio ECOQUIMSA
Celia de León Arredondo
Ingeniera Química
Colegiado No. 2827

Laboratorio ECOQUIMSA
9a. Avenida 3-08 Zona 2 de Mixco
Colonia Alvarado
PEX: (502) 2322-3600
Ecoquimsa.com

Continuación del anexo 4.

9a avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
informacion@ecoquimsa.com.gt | ecoquimsa.com | (502) 2322 3600

**líderes en
ambiente**



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Hospital IGSS Patulul
Dirección: Barrio El Triunfo, Patulul, Suchitepéquez

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Hospital IGSS Patulul	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	Tanque principal parte alta	Responsable del muestreo:	ÓSCAR LÓPEZ
Fecha de monitoreo:	04 de diciembre de 2021	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	11:25	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de muestreo:	PRO40-MUE
Código de muestra:	21-5723-1	Método de preservación:	INS04-MUE
Lote:	21-5723		

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 04 de diciembre de 2021
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 20:30
Fecha de informe: 16 de diciembre de 2021

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Calcio	mg/L - Ca	0.777	27.68	75.0	150.0	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.049	< 0.049	0.3	—	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.047	5.63	50.0	100.0	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.014	0.025	0.1	0.4	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	2.13	92.31	100.0	500.0	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

Los análisis de este informe son acreditados COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2017 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

La toma de la muestra cumple con la norma COGUANOR NTG 29006 – Agua para consumo humano (agua potable).

Recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.




Laboratorio ECOQUIMSA
Cecilia de León Arredondo
Ingeniera Química
Colegiado No. 2827

Laboratorio ECOQUIMSA
9a Avenida 3-08 Zona 2 de Mixco
Colonia Alvarado
PBX: (502) 2322-3600
Ecoquimsa.com

Anexo 5. Resultado de los análisis de agua residual



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Hospital IGSS Patulul
Responsable: Ing. Camilo García
Dirección: Barrio El Triunfo, Patulul, Suchitepéquez

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Hospital IGSS Patulul
Referencia cliente: Caja unificadora No. 2
Fecha de monitoreo: 30 y 31 de julio de 2021
Hora de monitoreo: 09:45 a 09:10
Tipo de muestra: Agua residual especial
Código de muestra: 21-3289-1
Lote: 21-3289

Horas de descarga: 24.00
Muestra simple o compuesta: Compuesta
Responsable del muestreo: RONI SOLIS
Temperatura de almacenaje: 5 °C
Recipiente utilizado: Plástico, vidrio y bolsa estéril
Método de muestreo: PRO19-MUE
Método de preservación: INS04-MUE
Ubicación: N 14°25'37.34"
O 91°09'25.34"

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 31 de julio de 2021
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:45
Fecha de informe: 11 de agosto de 2021

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Caudal Promedio	L/s	---	0.82	---	---
Carga de DBO	Kg/día	---	1.99	---	---
Cianuro ⁽⁴⁾	mg/L - CN ⁻	0.008	< 0.008	1	Spectroquant® Merck 09701
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	2	64	750	STM 2120 C
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O ₂	4	28	---	COGUANOR NTG 29014h7
Demanda Química de Oxígeno ⁽⁴⁾	mg/L - O ₂	4	52	---	COGUANOR NGO 29014h8
Relación DQO/DBO	---	---	1.9	---	---
Fósforo Total ⁽⁴⁾	mg/L - P	0.02	1.10	15	Spectroquant® Merck 14848
Grasas y Aceites	mg/L	6.94	16	25	COGUANOR NTG 77002h1
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente	Ausente	Organoléptico
Nitrógeno Total ⁽⁴⁾	mg/L - N	0.20	15.40	25	Spectroquant® Merck 14773
pH (in-situ)	---	0.01	7.36	6 a 9	STM 4500-IF B
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	< 0.1	---	STM 2540 F
Sólidos Suspendedos ⁽⁴⁾	mg/L	2.28	20.00	150	STM 2540 D
Temperatura Promedio (in-situ)	°C	0.1	26.4	TCR +/-7	STM 2550 B
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1.8	2,200,000	< 10,000	STM 9221 C y E

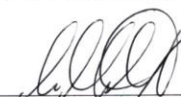
(1) L/s = Litros por segundo; Kg/día = Kilogramos por día; mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades Platino Cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

(2) LMP: Límite Máximo Permisible según Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Artículos No. 19 y 20, etapa 3.

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2017 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.


Laboratorio ECOQUIMSA
Cesia de León Arredondo
Ingeniera Química
Colegiada No. 2827

Continuación del anexo 5.



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Hospital IGSS Patulul
Responsable: Ing. Camilo García
Dirección: Barrio El Triunfo, Patulul, Suchitepéquez

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Hospital IGSS Patulul	Muestra simple o compuesta:	Compuesta
Referencia cliente:	Caja unificadora No. 2	Responsable del muestreo:	RONI SOLÍS
Fecha de monitoreo:	30 y 31 de julio de 2021	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	09:45 a 09:10	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua residual especial	Método de muestreo:	PRO19-MUE
Código de muestra:	21-3289-1	Método de preservación:	INS04-MUE
Lote:	21-3289	Ubicación:	N 14°25'37.34" O 91°09'25.34"

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 31 de julio de 2021
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:45
Fecha de informe: 11 de agosto de 2021

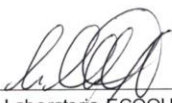
Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Arsénico	mg/L - As	0.0007	< 0.0007	0.1	STM 3114 C
Cadmio	mg/L - Cd	0.010	< 0.010	0.1	STM 3111 B
Cobre	mg/L - Cu	0.033	0.115	3	STM 3111 B
Cromo (VI)	mg/L - Cr	0.01	< 0.01	0.1	Spectroquant® Merck 14758
Mercurio	mg/L - Hg	0.0006	< 0.0006	0.02	STM 3112 B
Níquel	mg/L - Ni	0.154	< 0.154	2	STM 3111 B
Plomo	mg/L - Pb	0.087	< 0.087	0.4	STM 3111 B
Zinc	mg/L - Zn	0.092	< 0.092	10	STM 3111 B

(1) mg/L = ppm.

(2) LMP: Límite Máximo Permisible según Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Artículo No. 20, etapa 3.

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

Los análisis de este informe son acreditados COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2017 según OGA-LE-051-13.
Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.


Laboratorio ECOQUIMSA
Celia de León Arredondo
Ingeniera Química
Colegiado No. 2827

Continuación del anexo 5.

9a avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
informacion@ecoquimsa.com.gt | ecoquimsa.com | (502) 2322 3600

**líderes en
ambiente**



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Hospital IGSS Patulul
Dirección: Barrio El Triunfo, Patulul, Suchitepéquez

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Hospital IGSS Patulul	Horas de descarga:	24.00
Referencia cliente:	Caja unificadora No. 2	Muestra simple o compuesta:	Compuesta
Fecha de monitoreo:	04 y 05 de diciembre de 2021	Responsable del muestreo:	ÓSCAR LÓPEZ
Hora de monitoreo:	10:30 a 10:30	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Tipo de muestra:	Agua residual especial	Recipiente utilizado:	Plástico, vidrio y bolsa estéril
Código de muestra:	21-5727-1	Método de muestreo:	PRO19-MUE
Lote:	21-5727	Método de preservación:	INS04-MUE
		Ubicación:	N 14°25'37.4" O 91°09'25.5"

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 05 de diciembre de 2021
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 14:00
Fecha de informe: 15 de diciembre de 2021

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Caudal Promedio	L/s	—	0.58	—	—
Carga de DBO	Kg/día	—	2.16	—	—
Cianuro ⁽⁴⁾	mg/L - CN	0.007	< 0.007	1	Spectroquant® Merck 06701
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	2	158	750	STM 2120 C
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O ₂	4	43	—	COGUANOR NTG 29014h7
Demanda Química de Oxígeno ⁽⁴⁾	mg/L - O ₂	4	115	—	COGUANOR NGO 29014h8
Relación DQO/DBO	—	—	2.7	—	—
Fósforo Total ⁽⁴⁾	mg/L - P	0.02	2.00	15	Spectroquant® Merck 14848
Grasas y Aceites	mg/L	6.94	20.00	25	COGUANOR NTG 77002h1
Materia Flotante	—	Presente/Ausente	Ausente	Ausente	Organoléptico
Nitrógeno Total ⁽⁴⁾	mg/L - N	0.19	29.60	25	Spectroquant® Merck 14773
pH (in-situ)	—	0.01	7.46	6 a 9	STM 4500H+ B
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	< 0.1	—	STM 2540 F
Sólidos Suspendidos ⁽⁴⁾	mg/L	2.97	35.60	150	STM 2540 D
Temperatura Promedio (in-situ)	°C	0.1	24.5	TCR +/-7	STM 2550 B
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1.8	1,700,000	< 10,000	STM 9221 C y E

(1) L/s = Litros por segundo; Kg/día = Kilogramos por día; mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades Platino Cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

(2) LMP: Límite Máximo Permissible según Acuerdo Gubernativo No. 236-2008, Artículos No. 19 y 20, etapa 3.

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/SO/IEC 17025:2017 según OGA/LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.




Laboratorio ECOQUIMSA
Cecilia de León Arredondo
Ingeniera Química
Colegiado No. 2827

Laboratorio ECOQUIMSA
9a. Avenida 3-08 Zona 2 de Mixco
Colonia Alvarado
PBX: (502) 2322-3600
Ecoquimsa.com

Continuación del anexo 5.

9a avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
informacion@ecoquimsa.com.gt | ecoquimsa.com | (502) 2322 3600

**líderes en
ambiente**



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Hospital IGSS Patulul
Dirección: Barrio El Triunfo, Patulul, Suchitepéquez

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Hospital IGSS Patulul	Muestra simple o compuesta:	Compuesta
Referencia cliente:	Caja unificadora No. 2	Responsable del muestreo:	ÓSCAR LÓPEZ
Fecha de monitoreo:	04 y 05 de diciembre de 2021	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	10:30 a 10:30	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua residual especial	Método de muestreo:	PRO19-MUE
Código de muestra:	21-5727-1	Método de preservación:	INS04-MUE
Lote:	21-5727	Ubicación:	N 14°25'37.4" O 91°09'25.5"

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 05 de diciembre de 2021
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 14:00
Fecha de informe: 15 de diciembre de 2021

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Arsénico	mg/L - As	0.0008	< 0.0008	0.1	STM 3114 C
Cadmio	mg/L - Cd	0.010	< 0.010	0.1	STM 3111 B
Cobre	mg/L - Cu	0.034	0.066	3	STM 3111 B
Cromo (VI)	mg/L - Cr	0.01	< 0.01	0.1	Spectroquant® Merck 14758
Mercurio	mg/L - Hg	0.0006	0.0009	0.02	STM 3112 B
Níquel	mg/L - Ni	0.158	< 0.158	2	STM 3111 B
Plomo	mg/L - Pb	0.090	< 0.090	0.4	STM 3111 B
Zinc	mg/L - Zn	0.092	< 0.092	10	STM 3111 B

(1) mg/L = ppm.

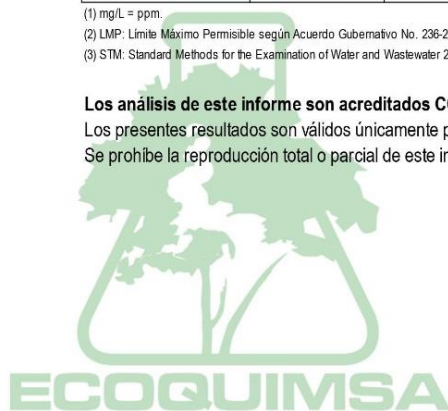
(2) LMP: Límite Máximo Permisible según Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Artículo No. 20, etapa 3.

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

Los análisis de este informe son acreditados COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2017 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.




Laboratorio ECOQUIMSA
Cesía de León Arredondo
Ingeniera Química
Colegiado No. 2827

Laboratorio ECOQUIMSA
9a Avenida 3-08 Zona 2 de Mixco
Colonia Alvarado
PEX: (502) 2322-3600
ecoquimsa.com
ecoquimsa

3/4

Fuente: ECOQUIMSA. Informe de resultado de análisis de agua residual del Hospital de Patulul.