



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO
HIDROGEOLÓGICO PROCEDENTE DEL ACUÍFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA,
JUTIAPA**

Victor Manuel Flores Rojas

Asesorado por el Ing. Julio Roberto Luna Aroche

Guatemala, marzo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO
HIDROGEOLÓGICO PROCEDENTE DEL ACUÍFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA,
JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

VICTOR MANUEL FLORES ROJAS
ASESORADO POR EL ING. JULIO ROBERTO LUNA AROCHE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 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 Martinez
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	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
EXAMINADORA	Inga. Karla Giovanna Pérez Loarca
SECRETARIO	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, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO
HIDROGEOLÓGICO PRECEDENTE DEL ACUÍFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA,
JUTIAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 19 de octubre de 2020.

Victor Manuel Flores Rojas

Guatemala, 5 de febrero de 2022.

Ingeniero
Pedro A. Aguilar Polanco
Coordinador del Área de Hidráulica
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería/USAC

Estimado Ingeniero Aguilar:

Atentamente me dirijo usted para saludarlo, deseándole éxitos en sus actividades.

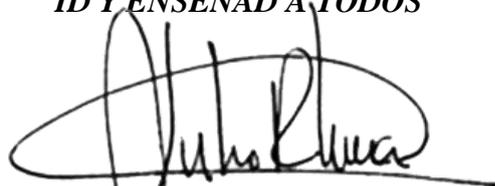
El motivo de la presente es para hacer de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **VICTOR MANUEL FLORES ROJAS**, Estudiante de Ingeniería Civil, carné número **2016 02480**, titulado: **CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO HIDROGEOLÓGICO PROCEDENTE DEL ACUÍFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA.**

Después de haber realizado las correcciones correspondientes lo doy por aprobado, ya que es un aporte importante a la Ingeniería del país y principalmente para la salud de la población del Municipio de Asunción Mita.

Sin otro particular, me despido de usted.

Cordialmente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Julio Roberto Luna Aroche
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO 2,514
ASESOR

JULIO ROBERTO LUNA AROCHE
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO No. 2,514



Guatemala, 9 de febrero 2022

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director de La Escuela de Ingeniería Civil
Guatemala

Ingeniero Fuentes:

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de La Escuela de Ingeniería Civil, se ha revisado el Trabajo Final de Graduación, **CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO HIDROGEOLÓGICO PROCEDENTE DEL ACUÍFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA**, del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, **VICTOR MANUEL FLORES ROJAS**, Registro Académico: **201602480**, como Asesor al **ING. JULIO ROBERTO LUNA AROCHE**.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte académico para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C
Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe Del Departamento de Hidráulica

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Coordinador del Departamento de Hidráulica

Asesor
Interesado





LNG.DIRECTOR.067.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO HIDROGEOLOGICO PROCEDENTE DEL ACUÍFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**, presentado por: **Victor Manuel Flores Rojas**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



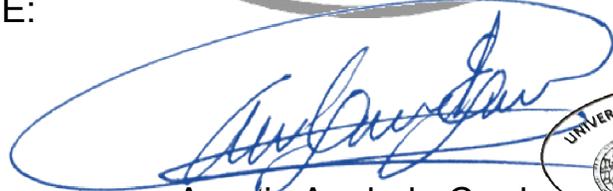
Guatemala, marzo de 2022



LNG.DECANATO.OI.175.2022

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 Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO HIDROGEOLÓGICO PROCEDENTE DEL ACUÍFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**, presentado por: **Victor Manuel Flores Rojas**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, marzo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por brindarme salud, sabiduría y fortaleza a lo largo de la carrera universitaria.
Mi padre	Victor Manuel Flores Martínez. Por enseñarme que el estudio es la mejor herencia para dar.
Mi Madre	Mirian Dinora Rojas Castañeda. Por su apoyo y amor incondicional sin importar la situación.
Mi hermano	Wilmer Flores. Las cosas se pueden lograr deseándolas y luchando por ellas.
Mi hermana	Lindy Flores. Quien ha sido un ejemplo por seguir en la academia.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrir las puertas a mi persona a esta casa de estudio.
Facultad de Ingeniería	Por el conocimiento brindado para formar la persona quien soy ahora.
Mi asesor de tesis	Ing. Julio Roberto Luna Aroche. Por siempre brindarme su conocimiento, apoyo y tiempo.
Mis padres.	Por permitirme el privilegio de continuar estudiando y apoyarme en mi preparación académica.
Mi amiga y compañera	Noemí Ana Belén Contreras López. Por ser una persona leal, en quien puedo confiar.
Señor alcalde y cuerpo municipal.	Por el apoyo en las diversas actividades para la elaboración de este trabajo de graduación.
Mi grupo de trabajo	Lucia Castillo, Ricardo García, Belén Contreras Rolando Ramos. Por brindarme el apoyo incondicional en las actividades de campo de este trabajo de graduación.

**Mis amigos y
compañeros**

Belén Contreras, Alejandro Fuentes, Sharon Archila, Gensuya Jung, Carlos Abad, Lucía Castillo, Noé Ren, Diego Soto, Rodrigo Merck, Evelin Ovalle, Luis Navichoque, Mike Sazo, Dulce España, Hansel Rueda, Julio Ramírez, Rolando Ramos, Ricardo García, Rafael García, Rafael Peña, Edwin López, Carlos Aroche, Josué Navarro, Darlin Pereda, Marcela Méndez, Alex Rojas, Kati de Paz, Edgar Choxom, Marco Tortola. Por su apoyo y consejos en esta travesía Universitaria.

**Ing. David Salguero y
Eduardo Andrade**

Por los consejos y apoyo brindado en el ámbito laboral.

Mis amigos

Luis Estrada, David Salguero, Orestes Ochoa, Luis Ramírez, Oscar Solís, Byron Herrera, Jesús Recinos, Marisa Navas, Claudia Marisol. Por estar siempre allí, pese a la distancia.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. MARCO CONTEXTUAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Planteamiento del problema	3
1.3.1. Preguntas de investigación.....	5
1.3.1.1. Pregunta Principal	5
1.3.1.2. Preguntas secundarias	5
1.4. Alcances	6
2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	7
2.1. Ciclo hidrológico	7
2.2. Cuenca hidrográfica	8
2.3. Acuíferos	10
2.3.1. Tipos de acuíferos	11
2.3.1.1. Acuíferos libres	12
2.3.1.2. Acuíferos cautivos o confinados	12
2.3.1.3. Acuíferos semiconfinados.....	12
2.4. Parámetros hidrogeológicos de los acuíferos.....	13

2.4.1.	Porosidad (θ).....	13
2.4.2.	Porosidad efectiva (e)	14
2.4.3.	Rendimiento específico (Sy).....	14
2.4.4.	Retención específica (Sr)	14
2.4.5.	Conductividad hidráulica (K).....	14
2.4.6.	Transmisividad (T).....	15
2.4.7.	Coeficiente de almacenamiento (S)	15
2.5.	Origen de las aguas subterráneas	15
2.6.	Zona no saturada	17
2.7.	Balance hídrico	17
2.8.	Recarga hídrica.....	18
2.8.1.	Clasificación de las zonas de recarga hídrica	18
2.8.1.1.	Zonas de recarga hídrica superficial	19
2.8.1.2.	Zona de recarga hídrica subsuperficial	19
2.8.1.3.	Zona de recarga hídrica subterránea ...	19
2.8.1.4.	Zonas de recarga hídrica subterránea..	20
2.8.2.	El proceso de la recarga hídrica.....	20
2.8.3.	Factores que afectan la recarga hídrica	20
2.8.3.1.	El Clima	21
2.8.3.2.	El suelo.....	22
2.8.4.	Topografía	25
2.8.5.	Estratigrafía geológica.....	25
2.8.6.	La cobertura vegetal.....	25
2.8.7.	Escorrentía superficial.....	27
2.8.8.	Áreas críticas de recarga hídrica natural	28
3.	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	29
3.1.	Mapa de la localización	29
3.2.	Hidrología superficial.....	30

3.2.1.	Tipo de fuente del agua	32
3.3.	Geología superficial.....	32
3.4.	Gestión del aprovechamiento para el recurso hidrogeológico .	33
3.4.1.	Descripción de las obras de infraestructura.....	33
3.4.1.1.	Captación Las Crucitas.....	34
3.4.1.2.	Captación principal en La Vegona	35
3.4.1.2.1.	Tanques de Distribución	37
3.4.1.2.2.	Tanques de captación ..	44
3.4.1.3.	Puntos no aprovechados	47
3.5.	Demanda del Recurso Hídrico en la cabecera municipal	49
3.5.1.	Crecimiento poblacional en la cabecera municipal .	50
3.5.2.	Dotación	51
3.5.3.	Caudal Medio Diario (Qm)	52
3.5.4.	Caudal Máximo Diario (QMD).....	53
3.5.5.	Caudal Máximo Horario (QMH)	54
3.6.	Oferta del Recurso Hidrogeológico en La Vegona	55
3.6.1.	Oferta efectiva aprovechada.....	55
3.6.2.	Oferta no aprovechada	56
3.6.3.	Oferta bruta.....	57
3.7.	Caracterización del recurso Hidrogeológico en la Vegona	58
3.7.1.	Características físico-químicas del agua	58
3.7.1.1.	Caracterización del agua al paso del tiempo.....	58
3.8.	Microbiología del agua.....	62
3.8.1.	Microbiología del agua al paso del tiempo.....	62
4.	METODOLOGÍA.....	63
4.1.	Enfoque y tipos de investigación	63
4.1.1.	Enfoque de la investigación	63

4.1.2.	Alcance de la Investigación	63
4.2.	Material y método.....	63
4.2.1.	Reconocimiento del área de estudio	64
4.2.2.	Aforo.....	65
4.2.2.1.	Puntos no aprovechados.....	65
4.2.2.2.	Tanques de captación	65
4.2.2.2.1.	Método Volumétrico.....	65
4.2.2.2.2.	Método por Colorante	67
4.2.3.	Muestreos para la calidad del agua.....	69
4.2.4.	Topografía	70
4.2.5.	Reconocimiento de la gestión del aprovechamiento del recurso.....	72
4.3.	Plan de gestión general para el aprovechamiento racional de los recursos hídricos subterráneos	72
4.3.1.	Control y calidad del agua	72
4.3.2.	Protección del área de estudio	75
4.4.	Posibles zonas de recarga hídrica	76
5.	RESULTADOS.....	79
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	APÉNDICES.....	97
	ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Árbol de problemas	4
2.	Representación del Ciclo Hidrológico.....	8
3.	Tipos de acuíferos y pozos.....	10
4.	Elementos del flujo del agua subterránea	21
5.	Macro y microlocalización	29
6.	Microcuencas de Río Ostúa -Güija.....	31
7.	Área de Estudio.....	33
8.	Captación Las Crucitas	34
9.	Planta del área de captación.....	36
10.	Tanque de distribución No.1.....	38
11.	Tanque de distribución No.2.....	39
12.	Tanque de distribución No.3.....	40
13.	Línea de conducción	42
14.	Bombeo	43
15.	Tanque de captación No.1	45
16.	Tanque de captación No.2	46
17.	Caja recolectora	47
18.	Localización barrios altos y bajos.....	49
19.	Dureza total, tanque de captación No.1	59
20.	Dureza total, tanque de captación No.2	60
21.	Calcio, tanque de captación No.1.....	61
22.	Calcio, tanque de captación no.2	61
23.	Reconocimiento del punto de captación y área de estudio.	64

24.	Aforo del tanque de captación No.1	67
25.	Aforo de tanque de captación No.2.....	68
26.	Muestreo de agua en tanques de captación No. 1 y No.2	70
27.	Levantamiento topográfico	71
28.	Plan de gestión general para el control y calidad del agua	74
29.	Posible zona de recarga de recarga hídrica.....	77

TABLAS

I.	Proyección del crecimiento poblacional en cabecera municipa	51
II.	Dotaciones	52
III.	Caudal medio diario (Qm)	53
IV.	Caudal Máximo Diario (QMD)	54
V.	Caudal Máximo Horario (QMH).....	55
VI.	Punto no aprovechado 1	56
VII.	Punto no aprovechado 2	57
VIII.	Punto no aprovechado 3	57
IX.	Características físicas y organolépticas tanque de captación No.1	79
X.	Características químicas tanque de captación No.1	79
XI.	Relación de las sustancias inorgánicas tanque de captación No.1	80
XII.	Características físicas y organolépticas tanque de captación No.2	80
XIII.	Características químicas tanque de captación No.2	81
XIV.	Relación de las sustancias inorgánicas tanque de captación No.2.....	81
XV.	Características físicas y organolépticas grifo publico parque central	82
XVI.	Características químicas grifo publico parque central.....	82
XVII.	Relación de las sustancias inorgánicas grifo publico parque central ..	83
XVIII.	Examen bacteriológico tanque de captación No.1	83
XIX.	Examen bacteriológico tanque de captación No.2	84
XX.	Examen bacteriológico grifo publico parque central.....	84

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Caudal
cm³	Centímetro cubico
cm/min	Centímetro / Minuto
cm/h	Centímetro / hora
S	Coeficiente de Almacenamiento
K	Conductividad Hidráulica
°C	Grados Celsius
g/cm³	Gramo / Centímetro cubico
l/s	Litro / Segundo
m	Metro
m³/s	Metro cubico / Segundo
ml	Mililitro
mm	Milímetro
mm/h	Milimetro / Hora
θ	Porosidad
e	Porosidad Especifica
Sy	Rendimiento Especifico
Sr	Retención Especifica
T	Transmisividad

GLOSARIO

AMAR	Asociación de Monitoreo y Protección Ambiental Regional.
CNR	Consejo Nacional de Investigación / (<i>Consiglio Nazionale delle Ricerche</i> , en italiano).
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
IGG	Instituto de Geociencias y Georecursos
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e hidrología.
In situ	En el sitio, en el lugar.
NH₂Cl	Formula química de Cloramina.
PNA#	Punto no aprovechado No.#.
PPR#	Posible punto de recarga No.#
TC#	Tanque de captación No.#.
TD#	Tanque de distribución No.#.

RESUMEN

El presente estudio tiene como fin caracterizar los múltiples compuestos químicos disueltos en el agua brindada por el manantial La Vegona, debido a la estratigrafía del área geológica por la cual fluye y aflora roca volcánica de tipo ignimbrítico, con composición dacítica-riolítica, basaltos, felsitas.

Por otra parte, de igual forma la realización de los estudios correspondientes físico y bacteriológicos; basado en la norma COGUANOR NTG 29001, “Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones”, para la determinación de su calidad y evaluando la estimación de oferta de caudal, proporcionada por el manantial y la demanda estimada para el año 2021 y proyectada a los años 2043 y 2051.

Se evalúa y elabora un plan de gestión general del aprovechamiento de recurso hidrogeológico de acuerdo a las condiciones del lugar según metodologías practicadas por el personal a cargo del área de estudio y estado de las obras de infraestructura en el lugar, según “Acuerdos gubernativos y ministeriales vinculados al agua potable”.¹

¹Ministerio de salud pública y asistencia social. *Acuerdo Gubernativo No.113-2009, Acuerdo Gubernativo No. 178-2009, Acuerdo Ministerial No. 1148-09, Acuerdo Ministerial No. SP-M-278-2004, Acuerdo Ministerial No. 572-2011.*

OBJETIVOS

General

Conocer las características y la metodología del aprovechamiento del recurso hídrico del manantial La Vegona, en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa.

Específicos

1. Caracterizar física, química y bacteriológicamente el agua procedente del manantial La Vegona.
2. Determinar la oferta de caudal proporcionado por el acuífero de la Vegona.
3. Estimar la cantidad de población a la que abastece el recurso hídrico de la Vegona.
4. Registrar las principales zonas de recarga hídrica que abastecen el Acuífero de interés.
5. Identificar y caracterizar posibles manantiales, que aporten al mejoramiento del acuífero La Vegona.
6. Proponer un plan de gestión general para el aprovechamiento racional de los recursos hídricos subterráneos.

INTRODUCCIÓN

Desde las épocas primitivas, los nómadas se percataron que situarse cerca de cuerpos que retienen agua o transportan esta, era beneficioso para sus tribus, dado que; suplía necesidades de higiene personal y consumo humano. Esto dio inicio a la agricultura, reduciendo así el esfuerzo por búsqueda y caza de su alimento. Es así como los nómadas se establecieron, y al paso del tiempo las diversas culturas continuaron con este pensamiento, creando así, sus viviendas y obras de infraestructura cerca de estos cuerpos de agua.

Dado que el agua es parte importante de las actividades diarias del ser humanos, esta debe de ser administrada correctamente, ya que, es un recurso natural finito y vulnerable.

En el municipio de Asunción Mita, Jutiapa, una de las principales fuentes que abastecen de agua a la cabecera municipal, es el manantial La Vegona, siendo este el principal punto de interés para la realización de este trabajo de investigación; el cual pretende recopilar información de fuentes bibliográficas existentes, para analizar y explicar la dinámica del aprovechamiento en dicho lugar, y, posteriormente, proceder al trabajo de campo, donde se tomarán muestras para realizar la caracterización por medio de la realización de los análisis de laboratorios físico químico y el bacteriológico del agua emergente del manantial (Norma COGUANOR NTG 29001), reconocer el área de captación y colindantes para identificar zonas de recarga hídrica y la identificación de posibles manantiales dentro del área de captación o cercano al mismo.

1. MARCO CONTEXTUAL

1.1. Antecedentes.

El Manantial La Vegona es sumamente importante para el Municipio de Asunción Mita, debido a que surte de agua potable a un porcentaje alto de la población.

Se han realizado algunos muestreos de agua, los cuales han evidenciado que es agua de buena calidad, pero estos muestreos han sido esporádicos y no obedecen a un monitoreo constante.

Se ha observado que ha habido un descenso de los niveles de agua, lo cual queda evidenciado por la necesidad que ha habido de bombear desde brotes de niveles inferiores hacia del tanque de distribución.

El diseño de proyectos de Agua Potable, se diseñan para abastecer a una cierta cantidad de población, calculada en función del crecimiento anual de la misma, pero se ha considerado que este Manantial ha sido objeto de sobreexplotación, ya que se le han agregado tuberías adicionales para distribuir agua en sectores no previstos en el diseño original.

Por eso es importante realizar este estudio de calidad, oferta y demanda del recurso hídrico para proponer mejoras al mismo.

1.2. Justificación

En los últimos años ha sido evidente el deterioro y la disminución del recurso hídrico en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa, debido al crecimiento poblacional, a la demanda respectiva de esta, el desarrollo socioeconómico que ha adquirido debido a comercios, el mal aprovechamiento del recurso hidrogeológico, el cambio climático, que han afectado de gran manera a este municipio.

Según información brindada por el INE-2018 y datos municipales, la población estimada del municipio de Asunción Mita es de 48 297, con un índice de crecimiento poblacional aproximado de 1,10 %, siendo la población de la cabecera municipal mayor a los 21 000 habitantes², esto hace evidente que el cuidado del recurso hídrico y su correcto aprovechamiento es de vital importancia para la población de dicho municipio.

Según INSIVUMEH, en un periodo de 20 años desde 1990 a 2010, registra variaciones en temperatura media, siendo en promedio 27 °C y como temperatura máxima en promedio 29 °C³, este es un indicativo más para el cuidado del recurso hídrico, dado que esto puede ser derivado de la deforestación, cambio de uso de los suelo e impermeabilización del mismo, alterando las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas en el área de captación de recurso hidrogeológico que abastece esta cabecera municipal.

El estudio busca recopilar información de caracterización fisicoquímica y bacteriología del agua que aporta el manantial La Vegona, así como la metodología de su aprovechamiento, todo esto con el fin de brindar aportes para

² Instituto Nacional de Estadística. *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*. p.10.

³ INSIVUMEH. *Variabilidad y cambio climático en Guatemala*. p.18-21.

la sostenibilidad de la reserva hídrica de La Vegona, por su importancia como principal fuente de abastecimiento de la cabecera municipal de Asunción Mita, en función de los fundamentos teórico conceptuales y considerando una herramienta para la identificación de áreas naturales de recarga hídrica, que a la vez contribuya a la reflexión académica sobre el uso y gestión integrada de los recursos hídricos.

1.3. Planteamiento del problema

El medio ambiente por su propia naturaleza siempre busca encontrarse en un estado de equilibrio, permitiendo nivelarse en situaciones irregulares y drásticas; no obstante, el ser humano es capaz de alterar dicho equilibrio.

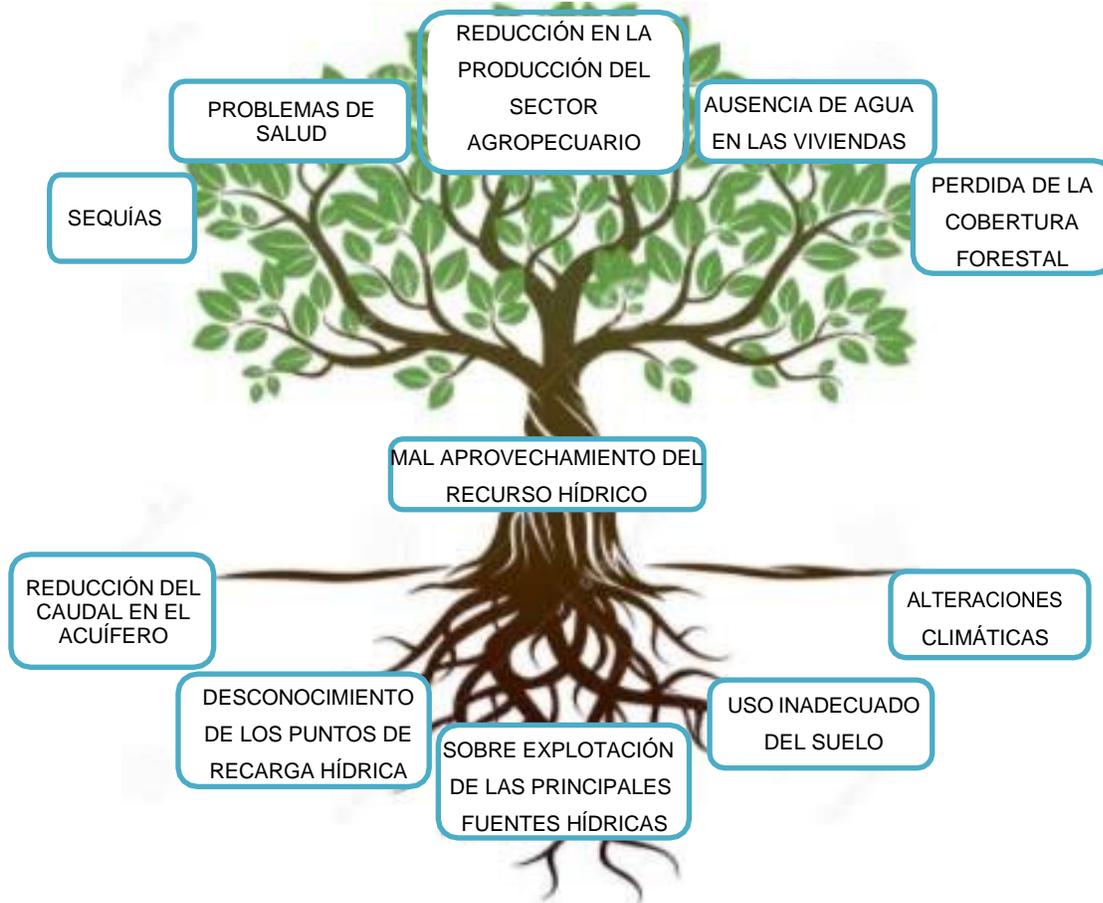
Siendo el agua, parte importante del consumo humano y los procesos naturales, esta se ve afectada por la influencia del ser humano. Si bien es cierto, en Guatemala el recurso hídrico es abundante, este es muy vulnerable, generando mucha discusión, debido al uso inadecuado.

Asunción Mita es parte importante de los municipios pertenecientes al departamento de Jutiapa, debido a su ubicación geográfica que le permite poseer mayor cantidad de actividades humanas, interacción comercial y agropecuario, las cuales deben ser sustentadas bajo demandas en consumo del recurso hídrico, no obstante, las diversas fuentes hídricas que este municipio posee no abastecen por completo estas necesidades.

Entre las cuales se pueden mencionar: el crecimiento demográfico, urbanización, industrialización, cambios de uso del suelo, malas prácticas agropecuarias, forestales, cambio climático, alteración, impermeabilización en áreas de recarga y el aumento en la demanda; todos estos son factores que

aportan al deterioro del recurso hidrogeológico, como: la disminución del nivel freático, alteración bacteriológica y química.

Figura 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia, Word 2019.

1.3.1. Preguntas de investigación

Se presenta una serie de preguntas de interés para la realización del trabajo de graduación:

1.3.1.1. Pregunta principal

¿Cómo se ha gestionado el recurso hídrico subterráneo en la reserva hídrica de la Vegona, en el municipio de Asunción Mita, del departamento de Jutiapa?

1.3.1.2. Preguntas secundarias

¿Cuáles son las principales fuentes de aprovechamiento para el recurso hídrico subterráneo en la cabecera municipal de Asunción Mita, Jutiapa?

¿Dónde se encuentran los posibles puntos de recarga hídrica en la Reserva La Vegona?

¿En qué estado se encontrará la calidad del agua del acuífero de La Vegona?

¿Existirá un acuífero o acuíferos vecinos que, trabajando en conjunto con La Vegona, cubran con la demanda de la cabecera municipal?

¿Existe un aprovechamiento racional y sostenible de los recursos hídricos en la reserva hídrica en las subcuencas de La Vegona?

1.4. Alcances

- Realizar la recopilación de información científica, técnica y antecedentes históricos; la cual se tomará como base para la realización de los estudios de calidad del agua y la variación que ha tenido al paso del tiempo hasta la actualidad.
- Llevar a cabo un aforo, utilizando el método volumétrico para determinar el caudal total que el acuífero proporciona a los tanques de regulación, que posteriormente será suministrada al municipio de Asunción Mita Jutiapa.
- Llevar a cabo la toma de muestras del agua que brota del acuífero para su análisis fisicoquímico y bacteriológico.
- Realizar un recorrido en el área de estudio, para identificar posibles manantiales que aporten al aprovechamiento y mejoramiento del recurso hidrogeológico, del acuífero La Vegona.
- Determinar el área y población a la cual abastece el recurso hídrico del acuífero La Vegona.
- Proponer la gestión del recurso hídrico que aporte al mejoramiento y sostenibilidad del agua en Asunción Mita Jutiapa.

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Ciclo hidrológico

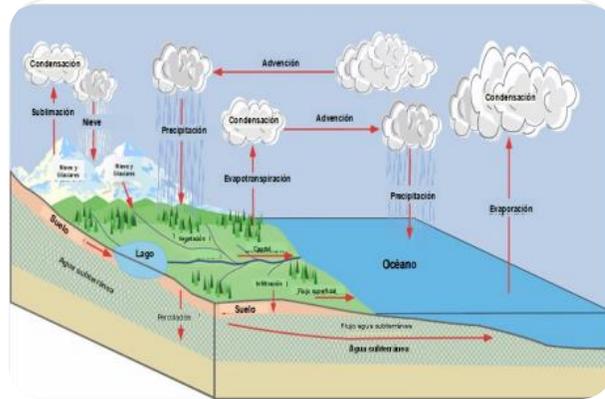
Es un proceso continuo en el que, en su concepción más general, una partícula de agua evaporada del océano vuelve al mismo después de pasar por las etapas de precipitación y escurrimiento superficial o subterránea. Sin embargo, a lo largo del ciclo puede haber múltiples cortocircuitos o ciclos menores. “También hay que tener muy en cuenta que el movimiento del agua en el ciclo hidrológico se caracteriza por su irregularidad, tanto en el espacio como en el tiempo”.⁴ Compuesto por diferentes variables, las cuales se relacionan entre sí por medio de los procesos hidrológicos.

“En general, se entiende por proceso a una serie de acciones que producen un cambio o desarrollo en un sistema y para el caso particular de la Hidrología, los procesos están asociados con aquellos fenómenos que intervienen tanto en el movimiento del agua como en los cambios que sufre ésta en sus características físicas, químicas y biológicas al desplazarse por diversos medios”.⁵

⁴ VILLODAS, Rubén. *Hidrología*. Universidad Nacional de Cuyo, 2008. p. 9.

⁵ Breña, Felipe; VILLA, Marcos. *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. Universidad Autónoma Metropolitana. https://uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf. Consulta: 11 de septiembre de 2020.

Figura 2. **Representación del Ciclo Hidrológico**



Fuente: ORDOÑEZ, Juan J. *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico*. p. 9.

2.2. Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es un territorio delimitado por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce.

“Las cuencas hidrográficas son unidades morfológicas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas". El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes, pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o microcuencas de orden inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios”.⁶

“Mediante un análisis ambiental, en un contexto de cuencas permite entender las interrelaciones entre los elementos y condiciones naturales (relieve, suelo, clima,

⁶ PADILLA CÁMBARA, Tomas A. *Evaluación del potencial hídrico en la subcuenca del río Cantil, para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla*. <https://isbn.cloud/9789968454452/evaluacion-del-potencial-hidrico-en-la-microcuenca-del-rio-cantil-para-el-aprovechamiento-de-las/>. Consulta: 12 de septiembre de 2020.

vegetación), así como las formas en las cuales la población humana se organiza para apropiarse de los mismos e impacta en la cantidad, calidad y temporalidad del agua”.⁷

En la cartilla técnica peruana “¿Qué es cuenca hidrológica?”⁸, se indica la delimitación de las zonas funcionales en una cuenca, como lo pueden ser:

- La primera; es la zona de cabecera, en la cual nace la corriente hidrológica, localizándose en las partes más altas de la cuenca, siendo áreas montañosas y generalmente delimitadas por un parteaguas, con la función principal de captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas en las zonas inferiores, desplazándose por grandes pendientes.
- La segunda, es la zona de captación- transporte, siendo esta la porción de la cuenca que se encarga de captar la mayor parte del agua que entra a la cuenca, así como el transporte de esta proveniente de la zona cabecera; siendo la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale con diferentes características fisicoquímicas.
- Y la tercera, es la zona de emisión, la cual se caracteriza por ser una zona que emite la corriente proveniente de las otras dos zonas funcionales, desembocando en ríos mayores y zonas bajas como costas.

⁷ FRENE, Cristian; OYARZÚN, Carlos. *Propiedades hidrológicas del suelo y exportación de sedimentos en dos microcuencas de la Cordillera de la Costa en el sur de Chile con diferente cobertura vegetal*. p. 2.

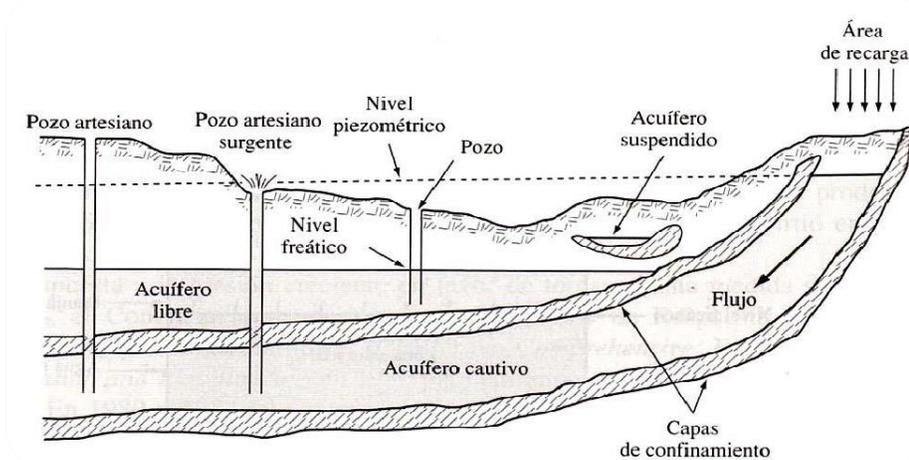
⁸ ORDOÑEZ, Juan J. *Cartilla Técnica: ¿Qué es Cuenca Hidrológica?* p. 10.

2.3. Acuíferos

Básicamente, un acuífero es un depósito de agua subterránea. El agua de las precipitaciones, absorbida por el suelo, rellena las cavidades en la arena, arcilla, grava o piedras del subsuelo, donde se almacena. La gravedad provoca el descenso de la masa de agua hasta que se encuentra con una capa impermeable.

Un acuífero es un volumen subterráneo de roca y arena que contiene agua. “El agua subterránea que se halla almacenada en los acuíferos es una parte importante del ciclo hidrológico. Se han realizado estudios que permiten calcular que aproximadamente el 30 por ciento del caudal de superficie proviene de fuentes de agua subterránea”.⁹

Figura 3. Tipos de acuíferos y pozos.



Fuente: MASTERS, Gilbert; ELA, Wendell. *Introducción a la Ingeniería Medioambiental*. p: 244.

⁹ ORDOÑEZ, Juan J. *Aguas Subterráneas – Acuíferos. Cartilla Técnica*. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterranas.pdf. Consulta: 12 de septiembre de 2020.

2.3.1. Tipos de acuíferos

Desde el punto de vista de textura, existen tres tipos de materiales de acuíferos, los cuales son:

- Aquellos cuya permeabilidad es debida a grietas y fisuras, tanto de origen mecánico como de disolución. Forman en conjunto los acuíferos kársticos y fisurados, y se encuentran entre ellos, las calizas, dolomitas, granitos y basaltos, entre otros, siendo los dos primeros los tipos más importantes.
- Aquellos cuya permeabilidad es debida a su porosidad intergranular. Son los denominados acuíferos porosos y se encuentran entre ellos, las gravas, arenas, arcosas, entre otros, y, en general, todos los materiales detríticos con tamaño de grano de arena como mínimo.
- “Por último, están los acuíferos, cuya permeabilidad es debida a un conjunto de las dos anteriores causas, y se tienen así los acuíferos kársticos y poroso”.¹⁰

Por otra parte, los acuíferos también se pueden ser clasificados según sus circunstancias hidráulicas y estructurales, y pueden reaccionar de tres distintas formas:

¹⁰ VILLANUEVA, Manuel; IGLESIAS, Alfredo. *Pozos y Acuíferos*. https://www.igme.es/biblioteca/Libros_agotados/pozos_acuiferos_2.pdf. Consulta: 13 de septiembre de 2020.

2.3.1.1. Acuíferos libres

“Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. El agua que ceden es el agua que tienen almacenada en sus poros. Este volumen de agua es alto en comparación con los acuíferos que se comentan a continuación, y por ello tienen bastante inercia”.¹¹

2.3.1.2. Acuíferos cautivos o confinados

“Son aquellos que están absolutamente aislados en el subsuelo, es decir, rodeados de materiales impermeables por todos sus lados. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de dicho material acuífero. En realidad, están a presión o en carga, debido al peso de los materiales superiores. El agua que ceden procede de la descompresión de estas capas superiores, cuando se produce la depresión en el acuífero”.¹²

“En rigor, no existen en la naturaleza acuíferos cautivos puros, dado que no existen materiales absolutamente impermeables capaces de aislarlos, aunque a efectos prácticos muchos podrán considerarse como tales, entre otros, aquellas formaciones permeables que permanecen cautivas en una gran extensión y afloran en superficie por alguno de sus extremos”.¹³

2.3.1.3. Acuíferos semiconfinados

“En ellos, los materiales que los rodean no son todos completamente impermeables. Así, el estrato superior o semiconfinante lo constituyen formaciones semipermeables, que permiten el paso del agua de otros acuíferos superiores al inferior semiconfinado”.¹⁴

¹¹ VILLANUEVA, Manuel; IGLESIAS, Alfredo. *Pozos y Acuíferos*. https://www.igme.es/biblioteca/Libros_agotados/pozos_acuiferos_2.pdf. Consulta: 13 de septiembre de 2020.

¹² *Ibíd.*

¹³ *Ibíd.*

¹⁴ *Ibíd.*

Debido a ello, “la velocidad de reacción de estos acuíferos ante un bombeo es más moderada que en los cautivos y los radios de influencia tienen valores medios entre libres y confinados”.¹⁵

2.4. Parámetros hidrogeológicos de los acuíferos

“La dinámica de un acuífero se puede caracterizar mediante una serie de parámetros que determinan el funcionamiento de los acuíferos y que son muy importantes a la hora de estudiar el movimiento del agua en un medio poroso”¹⁶. “Estos parámetros parten de conceptos básicos en el conocimiento del medio poroso condicionando el flujo y son esenciales en la configuración de los modelos hidrogeológicos”¹⁷.

A continuación, se describen los más importantes.

2.4.1. Porosidad (θ)

“La porosidad de un medio poroso o fracturado se define como la razón entre el volumen de vacíos y el volumen total del medio. En materiales granulares, depende del tipo de arreglo de empaque, de la forma de los granos y de la distribución de tamaño de los granos”.¹⁸ La porosidad de una roca es igual a la suma del rendimiento específico (S_y) y la retención específica (S_r).

¹⁵ VILLANUEVA, Manuel; IGLESIAS, Alfredo. *Pozos y Acuíferos*. https://www.igme.es/biblioteca/Libros_agotados/pozos_acuiferos_2.pdf. Consulta: 13 de septiembre de 2020.

¹⁶ CHÁVEZ, Álvaro. *Modelación hidrogeológica en quebrada los Choros, comuna la Higuera, región IV*. <https://www.worldcat.org/title/modelacion-hidrogeologica-de-la-quebrada-de-los-choros-comuna-de-la-higuera-iv-region/oclc/503388385>. Consulta: 13 de septiembre de 2020.

¹⁷ ESPINOZA, Carlos. *Hidráulica de aguas subterráneas y su aprovechamiento*. https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/C151J/1/material_docente/. Consulta: 13 de septiembre de 2020.

¹⁸ TOOD, David; MAYS, Larry. *Groundwater hydrology*. p. 37.

2.4.2. Porosidad efectiva (e)

“Corresponde a la porosidad disponible para la circulación de un fluido en un determinado medio. La porosidad efectiva de un determinado tipo de suelo es igual a la razón entre el volumen de poros interconectados que sean suficientemente grandes para contener moléculas de agua y el volumen total de suelo o roca. En la práctica, la porosidad efectiva (θ_e) de arenas y gravas puede ser considerada equivalente al valor del rendimiento específico S_y , o bien equivalente a la diferencia entre la porosidad total θ y la retención específica S_r ”.¹⁹

2.4.3. Rendimiento específico (S_y)

“Corresponde a la razón entre el agua que drena gravitacionalmente desde una roca o suelo saturado y el volumen total, también llamada capacidad específica”.²⁰

2.4.4. Retención específica (S_r)

“Se define como la razón entre la cantidad de agua que un volumen de suelo es capaz de retener en contra de la gravedad y el volumen total de suelo”.²¹

2.4.5. Conductividad hidráulica (K)

También llamada permeabilidad hidráulica. Corresponde a la constante de proporcionalidad en la ecuación que describe la Ley de Darcy y representa la mayor o menor facilidad con que el medio deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo. Tiene dimensiones de velocidad [L T⁻¹].

¹⁹ TOOD, David; MAYS, Larry. *Groundwater hydrology*. p. 37.

²⁰ SANCHEZ, Javier. *Conceptos fundamentales de la hidrogeología*. http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf. Consulta: 13 de septiembre de 2020.

²¹ *Ibíd.*

2.4.6. Transmisividad (T)

“Es una medida de la cantidad de fluido que puede ser transmitida horizontalmente a través de una sección de acuífero de ancho unitario, que involucra todo el espesor saturado, bajo un gradiente hidráulico igual a la unidad. Se obtiene haciendo el producto entre el espesor saturado del acuífero, b , y su conductividad hidráulica, K . También llamada transmisibilidad”.²²

2.4.7. Coeficiente de almacenamiento (S)

Se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical de acuífero, de sección unitaria y de altura igual a su espesor saturado, cuando se produce un descenso unitario de la carga hidráulica (del nivel piezométrico o del nivel freático). S es un coeficiente adimensional.

“Al nivel de la superficie freática, en el caso de un acuífero libre, el agua es liberada del almacenamiento por drenaje gravitacional. Bajo la superficie freática, o dentro del acuífero mismo en el caso de un acuífero confinado, el agua es expelida debido a la compresión del esqueleto sólido del suelo y a la expansión del agua en los poros, ambas producidas por el descenso de la carga hidráulica sobre el acuífero”.²³

2.5. Origen de las aguas subterráneas

Hace referencia que, el origen de las aguas subterráneas es uno de los problemas que más ha preocupado al hombre desde los tiempos más remotos. La teoría de la infiltración, que supone que todas las aguas subterráneas provienen bien de infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirecta de ríos o lagos, no ha sido aceptada universalmente, sino desde tiempos relativamente recientes.

²² SANCHEZ, Javier. *Conceptos fundamentales de la hidrogeología*. http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf. Consulta: 13 de septiembre de 2020.

²³ ESPINOZA, Carlos. *Hidráulica de aguas subterráneas y su aprovechamiento*. //www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/CI51J/1/material_docente/. Consulta: 13 de septiembre de 2020.

“Los pensadores de la antigüedad aceptaban como axiomático que las precipitaciones atmosféricas no eran suficientes para mantener los grandes caudales subterráneos que emergían espontáneamente o eran alumbrados por la mano del hombre en algunos puntos de la superficie terrestre. Y, lógicamente, se lanzaban a inventar las teorías más ingeniosas, variadas y pintorescas para explicar su origen”.²⁴

Entre las teorías más conocidas están las siguientes:

- Infiltración del agua marina: Platón (427-347 a. de J.C.) habla de una gran caverna adonde vuelve el agua del océano a través de los conductos subterráneos, aunque no nos aclara mediante qué mecanismo. Aristóteles (384-322 a. de J.C.), aunque discípulo de Platón, modificó algo su teoría en el sentido de que en los pasajes subterráneos donde se infiltraba el agua del mar en la tierra se desprendía vapor de agua que contribuía a la mayor parte del agua de los manantiales.
- “Condensación del agua marina: Un paso más en la teoría de Aristóteles y nos encontramos con que el agua de mar se evapora en grandes cavernas subterráneas, se condensa en su parte superior como agua dulce que sale a la superficie en forma de manantiales”.²⁵
- “Teoría de la infiltración de las precipitaciones: Ya los romanos empezaron a pensar que las precipitaciones en forma de nieve y agua eran suficientes para alimentar los depósitos y manantiales de agua subterránea. Marco Vitrubio (15 a. de J.C.) comenzó a propugnar esta teoría y a entrever la existencia del ciclo hidrológico como se contempla actualmente. En cambio, Lucio Anneo Séneca (4 a. de J.C.-65 d. de J.C.) vuelve a la teoría aristotélica concluyendo que el agua de lluvia no es suficiente para alimentar las fuentes subterráneas. La teoría de la infiltración es, desde el siglo XVI, la única firme y universalmente aceptada en la actualidad”.²⁶

²⁴ ESPINOZA, Carlos. *Hidráulica de aguas subterráneas y su aprovechamiento*. https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/C151J/1/material_docente/. Consulta: 18 de septiembre de 2020.

²⁵ *Ibíd.*

²⁶ *Ibíd.*

2.6. Zona no saturada

“Se presenta inmediatamente bajo la superficie terrestre y contiene en sus poros agua y aire en proporciones variables. Funciona como un gran reservorio, que descarga agua a la zona saturada cuando es recargado por algún evento, pudiendo durar dicha descarga un período relativamente largo después de haber cesado la entrada superficial; normalmente se observan tres subzonas: La zona de raíces, zona intermedia y franja de ascenso capilar”.²⁷

2.7. Balance hídrico

La cuenca es una unidad de control hidrológico interesante pero no único. La cuenca tiene la característica principal de que la lluvia queda casi perfectamente delimitada por el parteaguas. El agua que cae humedece el terreno y se filtra poco a poco, si la lluvia es suficientemente fuerte el terreno es incapaz de dejar pasar toda el agua que cae y comienza a escurrir por la superficie. Lo hace en forma de pequeños cauces que se van uniendo con otros hasta llegar a los torrentes y ríos. La forma de poder controlar el agua en una cuenca es aplicar la ecuación de conservación de la masa.

“Para esto se ha de escoger un volumen de control en el territorio. La ecuación de puede expresar como el volumen que entra en el volumen de control menos el volumen que sale del volumen de control es exactamente el volumen que se queda. Este balance descrito así parece simple, pero en la práctica es complejo porque implica una labor de medición de las cantidades que entran y salen de la cuenca durante periodos de tiempo elevados”.²⁸

El Balance Hidrológico, va a estar determinado por:

$$\text{Entrada (E)} - \text{Salida (S)} = \text{Cambio de Almacenamiento } (\Delta S) \text{ Ec1}$$

²⁷ CHÁVEZ, Álvaro. *Modelación hidrogeológica en quebrada los Choros, comuna la Higuera, región IV*. <https://www.worldcat.org/title/modelacion-hidrogeologica-de-la-quebrada-de-los-choros-comuna-de-la-higuera-iv-region/oclc/503388385>. Consulta: 18 de septiembre de 2020.

²⁸BATEMAN, Allen. *Hidrología básica y aplicada*. <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>. Consulta: 18 de septiembre de 2020.

“La recarga directa al acuífero se puede estimar y comprobar en base al balance hídrico de suelos ya que integran todos los valores en los cuales se divide la precipitación que cae sobre una determinada zona”.²⁹

El balance hídrico de suelos se define de la siguiente manera:

$$ETR = Pi - Q - \Delta W - \Delta F \text{ Ec.2}$$

Donde, ETR: evapotranspiración total; Pi: precipitaciones; Q: escorrentía; ΔW : cambio en almacenamiento de agua en zona no saturada del suelo; ΔF : cambio en almacenamiento de agua en zona saturada del suelo (freática).

2.8. Recarga hídrica

“En términos generales, se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero el agua procedente de fuera del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (en general, la más importante) y de las aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro acuífero. El área o zona donde ocurre la recarga se llama zona de recarga y son sitios donde la capacidad de infiltración es alta”.³⁰

2.8.1. Clasificación de las zonas de recarga hídrica

De acuerdo con el movimiento del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga hídrica se pueden clasificar en:

²⁹ PADILLA CÁMBARA, Tomas A. Evaluación del potencial hídrico en la subcuenca del río Cantil, para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla. <https://isbn.cloud/9789968454452/evaluacion-del-potencial-hidrico-en-la-microcuenca-del-rio-cantil-para-el-aprovechamiento-de-las/>. Consulta: 18 de septiembre de 2020.

³⁰ CUSTODIO, Emilio; LLAMAS, Manuel. *Hidrología subterránea*. <https://es.scribd.com/document/482735792/Hidrologia-Subterranea-Tomo-I-Custodio-y-Llamas-pdf>. Consulta: 19 de septiembre de 2020.

2.8.1.1. Zonas de recarga hídrica superficial

“Corresponden a prácticamente toda la cuenca hidrográfica, excepto las zonas totalmente impermeables. Después de cada lluvia, la zona de recarga hídrica superficial se humedece y origina escorrentía superficial, dependiendo de las condiciones de drenaje (relieve del suelo y saturación). La medición de ese caudal se realiza en el cauce principal del río y se conoce como descarga superficial o caudal de escorrentía superficial”.³¹

2.8.1.2. Zona de recarga hídrica subsuperficial

Esta corresponde a las zonas de la cuenca donde los suelos tienen capacidad para retener el agua o almacenarla superficialmente sobre una capa impermeable que hace que el flujo horizontal en el subsuelo se concentre aguas abajo en el sistema de drenaje.

“Es la ocurrencia de caudales en la red hídrica, aun cuando las lluvias hayan finalizado, que dependen de la cantidad de precipitación y el efecto “esponja” del suelo (libera lentamente el agua). Este caudal se mide igual que en el caso anterior y puede ocurrir después de las lluvias y en épocas secas, cuando el agua proviene de bosques”.³²

2.8.1.3. Zona de recarga hídrica subterránea

“Corresponde a zonas de la cuenca (sitios planos o cóncavos y rocas permeables) donde el flujo vertical de la infiltración es significativo; esta es la que forma o alimenta los acuíferos. Un aspecto importante en esta zonificación es la conexión entre acuíferos y la recarga externa (que viene de otra cuenca). Para la evaluación se pueden considerar dos métodos: directo (mediante sondeos, bombeos y prospección geofísica) e indirecto (mediante el balance hidrogeológico)”.³³

³¹ MATUS, Oscar; Faustino, Jorge; Francisco, Jiménez. *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica*. <https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/Guia%20Identificacion%20ZRHidrica.pdf>. Consulta: 19 de septiembre de 2020.

³² *Ibíd.*

³³ *Ibíd.*

2.8.1.4. Zonas de recarga hídrica subterránea

Son zonas de la cuenca que presentan fallas geológicas profundas o donde el balance hidrogeológico genera pérdidas por percolación profunda.

2.8.2. El proceso de la recarga hídrica

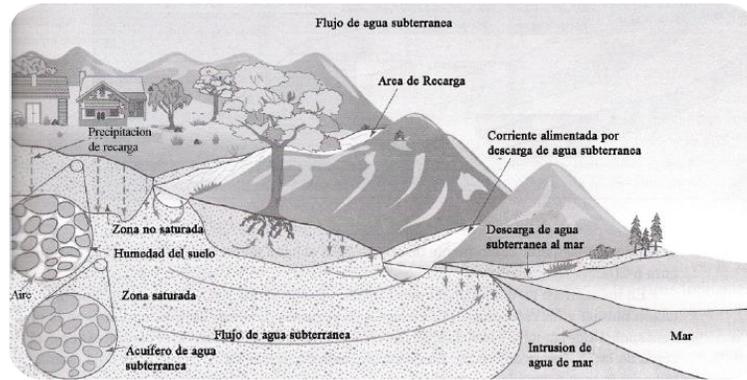
El agua proveniente de las precipitaciones y que alcanza la superficie de la cuenca, después de saturar los espacios vacíos; poros y/o fisuras de la superficie, y que se llenen de agua las pequeñas depresiones superficiales, da inicio a dos tipos de movimiento: uno superficial siguiendo las líneas de máximo gradiente de energía y otro a través de los espacios vacíos del suelo y subsuelo de acuerdo con el gradiente piezométrico y con la permeabilidad del medio.

El agua cuando se infiltra en la superficie terrestre y que no es retenida por la humedad se mueve hacia las corrientes subsuperficiales o se infiltra hacia el manto freático. Otra de las fuentes que alimentan la recarga hídrica son los volúmenes de agua que se almacenan sobre la superficie de una cuenca, concentrándose las corrientes de agua.

2.8.3. Factores que afectan la recarga hídrica

La recarga hídrica depende del régimen de precipitación, de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos, así como de la permeabilidad de los suelos, de su contenido de humedad, de la duración e intensidad de la lluvia y del patrón de drenaje de la cuenca. También la pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que los terrenos muy inclinados favorecen la escorrentía superficial; por el contrario, los terrenos con poca pendiente retienen por más tiempo el agua, lo que favorece la infiltración.

Figura 4. **Elementos del flujo del agua subterránea**



Fuente: LÓPEZ, Gonzalo. *Evaluación de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas aplicada al antiguo botadero de desechos sólidos de mariona, departamento de San salvador.* p: 11.

Los factores que afectan la recarga hídrica son:

2.8.3.1. El Clima

dentro de este, los factores que más afectan la recarga hídrica son la cantidad de lluvias y la evapotranspiración, debido a la pérdida de agua por la transpiración de las plantas y la evaporación del agua.

- **Precipitación:** Es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo. (También rocío y escarcha que en algunas regiones constituyen una parte pequeña pero apreciable de la precipitación total).
- **Evaporación:** La evaporación, es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor, y se produce desde:

- La superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación.
- b) Las superficies de agua (ríos, lago, embalse).
- c) El suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial de suelo, a partir de agua recién infiltrada o en áreas de descarga.

El término evapotranspiración fue introducido por Thornthwaite, y este define a la evapotranspiración potencial como “la pérdida de agua que ocurriría si en ningún momento existiera una deficiencia de agua en el suelo para el uso de la vegetación”.³⁴ Por tanto, se ha encontrado que la evapotranspiración depende de la densidad de cobertura del suelo y de su estado de desarrollo.

2.8.3.2. El suelo

Los suelos impermeables y compactados impiden o dificultan la infiltración, mientras que los suelos permeables facilitan la recarga. Las características del suelo que influyen en la recarga son la textura, la densidad aparente, el grado de saturación (contenido de humedad) y la capacidad de infiltración.

- Textura del suelo: Está determinada por la conformación granulométrica o composición mecánica del suelo e indica la proporción que existe entre las diferentes fracciones granulométricas

³⁴ LINZLEY, Ray; KOHLER, Max; Paulus, Joseph. *Hidrología para ingenieros*. https://www.academia.edu/37765494/Hidrolog%C3%ADa_para_Ingenieros_LINSLEY_KOHLER_y_PAULHUS. Consulta: 19 de septiembre de 2020.

como arena (2 – 0,05 mm), limo (0,05 – 0,002 mm) y arcilla (< 0,002 mm). Para determinar la clase textural de los suelos, se realizan análisis mecánicos de laboratorio y los resultados se interpretan a través del triángulo de la textura.

La textura del suelo es una de las características básicas del suelo e influencia otras propiedades como las relaciones hídricas, la fuerza o succión con que es retenida el agua por los coloides o arcillas del suelo y el rango de disponibilidad de agua (en porcentaje), para las plantas. Determina parcialmente el grado de aireación del suelo, ya que, dependiendo del tipo de textura predominante, dominan macroporos (rango 60 – 100 μ) o microporos (menores de 60 μ) y el aire se desplaza más fácilmente en los macroporos.

- Densidad aparente: La densidad aparente de un suelo es el peso de suelo seco por unidad de volumen de suelo, incluyendo los poros, se expresa en gramos por cm^3 . La densidad aparente de los suelos no cultivados varía entre 1,0 a 1,6 g/cm^3 , aunque los suelos compactados pueden tener densidades mayores. Los suelos arcillosos tienen mayor cantidad de poros que los arenosos, lo cual hace que su densidad aparente sea menor. Los valores medio de d_{ap4} para los suelos arcillosos son de 1,0 a 1,3 g/cm^3 , los francos de 1,3 a 1,5 g/cm^3 , los arenosos de 1,55 a 1,8 g/cm^3 .
- “Cantidad de humedad del suelo: El componente líquido en el suelo es generalmente el agua, que al atravesar la superficie del terreno se distribuye dentro de él, quedando sometida a varias fuerzas, de cuya intensidad depende el menor o menor grado de fijación al material sólido”.³⁵

³⁵ INAB. *Manual de clasificación de tierras por capacidad de uso*. <http://www.inab.gob.gt>. Consulta: 20 de septiembre de 2020.

El contenido de humedad del suelo puede ser:

- “Capacidad de campo: La humedad del suelo, varía temporalmente con cambios en la precipitación pluvial y con la evaporación. Durante periodos de alta precipitación puede ocurrir recarga hídrica de acuíferos. Cuando el contenido de humedad de una capa alcanza el punto en que la fuerza de gravedad actuando sobre el agua iguala la tensión superficial, el flujo por gravedad termina. A este contenido de humedad del suelo se le llama capacidad de campo”.³⁶
- Punto de marchitez permanente: si la humedad disminuye a niveles muy bajos, la humedad se liga fuertemente a las partículas del suelo de modo que no está disponible para las raíces de las plantas.

El contenido de humedad del suelo al cual esto ocurre se le llama punto de marchitez permanente. “La tensión a la cual el agua esta retenida por el suelo varia de 7 a 32 atmosferas, dependiendo de la velocidad de utilización del agua por la planta (transpiración), del tipo de cultivo, textura de suelo y contenido de sales en el suelo”.³⁷

- Humedad aprovechable o disponible a las plantas: es la diferencia entre el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

³⁶ ESPINOZA, Carlos. *Hidráulica de aguas subterráneas y su aprovechamiento*. https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/C151J/1/material_docente/. Consulta: 20 de septiembre de 2020.

³⁷ SANDOVAL, Jorge. *Principios de Riego y Drenaje. Guatemala*. <https://es.scribd.com/document/516601412/Libro-De-Principios-De-Riego-Y-Drenaje>. Consulta: 20 de septiembre de 2020.

- “Infiltración: Es el movimiento del agua desde la superficie hacia el interior del suelo por efecto de la gravedad. El agua se acumula en los poros del suelo y así puede ser utilizada por las plantas, o puede desplazarse a capas más profundas del suelo, donde alimenta a los mantos acuíferos. La capacidad de infiltración es la cantidad de agua que el suelo es capaz de absorber por unidad de tiempo (mm/h, cm/min, o cm/h), este valor es variable en función de la humedad, la composición y la compactación del suelo”.³⁸

2.8.4. Topografía

Determina el tiempo de contacto entre el agua y la superficie; las pendientes fuertes favorecen la escorrentía superficial, disminuyen el tiempo de contacto y reducen la infiltración del agua.

2.8.5. Estratigrafía geológica

La disposición de los diferentes materiales geológicos en los distintos estratos o capas del suelo hasta llegar a la zona saturada (agua subterránea) pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica. Siendo de suma importancia el estudio de la estratigrafía, lo cual nos permitirá conocer los diferentes materiales geológicos, dado que esto influye de gran manera con la capacidad de recarga que pueda poseer un acuífero.

2.8.6. La cobertura vegetal

La cobertura vegetal influye en disminuir o aumentar la escorrentía superficial debido a que mayor cobertura permite mayor tiempo de contacto del agua con la superficie del suelo, esto favorece la infiltración del agua. Por consiguiente, un porcentaje de la lluvia es interceptada por la cobertura vegetal, y es necesario considerar la profundidad y densidad de las raíces y la capacidad

³⁸ MATUS, Oscar; FAUSTINO, Jorge; JIMÉNEZ, Francisco. *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica* <https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/Guia%20Identificacion%20ZRHidrica.pdf>. Consulta: 3 de octubre de 2020.

de retención del dosel vegetal. Cabe destacar que ante la presencia de cobertura vegetal multiestratificada existe mayor recarga hídrica debido a que ayuda a conservar las propiedades del suelo, que, a su vez, también favorecerán la recarga .

- Profundidad radicular: Determina en gran parte la lámina de agua aprovechable por los cultivos. Depende del tipo de cultivo, condiciones del suelo y clima. Para la mayoría de las plantas, las raíces que absorben agua se encuentran dentro de los 30 cm de suelo, para cultivos agrícolas y pueden alcanzar más de un metro en coberturas de bosque y cultivos permanentes de frutales u otros. Al aumentar la profundidad radicular, se aumenta también el rango de agua edáfica que puede ser aprovechada por la vegetación existente .
- Intercepción: es el proceso de retención de la precipitación en los estratos de vegetación y broza limitando la cantidad de agua que llega al suelo. La intercepción puede captar y guardar hasta 30 % de la precipitación en bosques húmedos tropicales. En áreas áridas, con menos vegetación, la intercepción es menor, sin embargo, áreas de pastos y arbustos pueden tener cifras entre 10 % y 20 %.

La capacidad de intercepción se reduce a mayor velocidad del viento, pero la tasa de evaporación aumenta. Se ha encontrado que un bosque de árboles maderables de unos 50 años de edad intercepta hasta un 20 % de lluvia .

2.8.7. Escorrentía superficial

Es la parte de agua que circula por la superficie de la tierra y se concentra dando lugar a la formación de barrancos, arroyos y ríos, o es el volumen de agua que avanza sobre la superficie de la tierra hasta alcanzar un canal .

Una porción de agua que se infiltra de la escorrentía superficial en las capas superficiales del suelo, puede moverse lateralmente en dichas capas hasta llegar al cauce de una corriente, cabe mencionar que su desplazamiento será menos veloz que la escorrentía netamente superficial.

- Escorrentía subterránea: Se forma por infiltración del agua en el terreno y luego percola, formando los acuíferos, la cual circula por conductos, constituyendo ríos subterráneos. Parte de esta circulación aflora en fuentes y manantiales, los que también dan lugar a la formación de arroyos y ríos. Lo que viene a constituir el caudal base de los ríos .
- Aforo: Es el conjunto de operaciones que conducen a la valorización del caudal o gasto, que es el volumen de agua que pasa por una sección específica del cauce de un río, en un tiempo determinado.
 - Aforo diferencial: Los aforos diferenciales en algunos tramos del río sirven para determinar los sectores en los cuales la precipitación pluvial constituye una recarga potencial al acuífero (precipitación efectiva), después de los efectos de suelo, vegetación, topografía, etc. Parte de ella, es posible que emerja como manantiales (corrientes secundarias) o directamente alimente a la corriente superficial principal de la cuenca (río efluente). Por lo tanto, haciendo medidas de caudal en intervalos relativamente pequeños sobre la longitud del cauce, se pueden detectar los sectores en los

que el río se comporta como efluente o bien a través de infiltración de agua dentro de su cauce pasa a constituir también una recarga al acuífero (río influente).

2.8.8. Áreas críticas de recarga hídrica natural

Se les denomina a aquellas áreas que, por sus características específicas, se consideran susceptibles a disminuir su recarga potencial al ser sometidas a un manejo inadecuado, éstas se determinarán a partir de las áreas principales de recarga hídrica natural. Las áreas críticas deben ser objeto de un manejo especial que permita mantener o manejar sus características.

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Mapa de la localización

En la figura 5 se aprecia que el área de estudio se encuentra localizada en la aldea Las Crucitas en el municipio de Asunción Mita, perteneciente al departamento de Jutiapa, Guatemala.

Figura 5. Macro y microlocalización



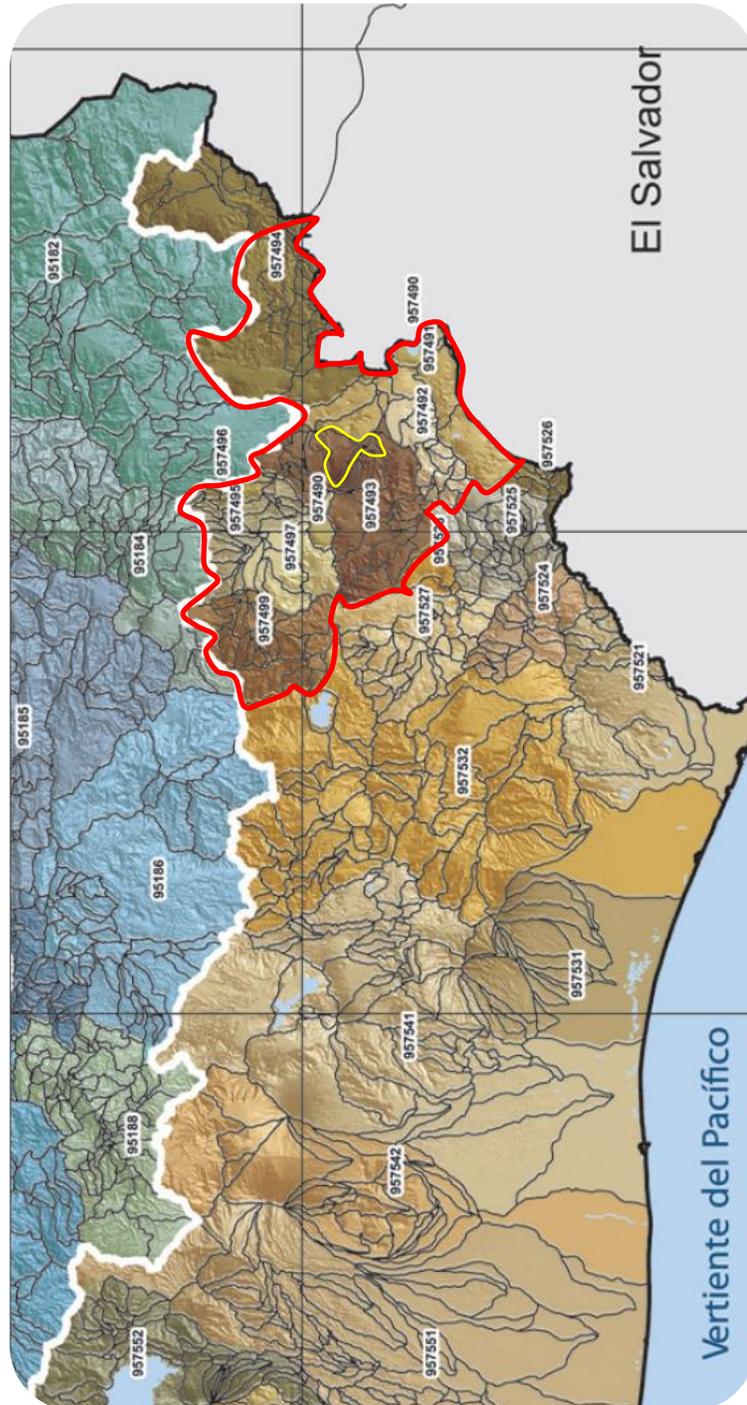
Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth Pro, 2021.

3.2. Hidrología superficial

El área de estudio es una pequeña parte perteneciente a una microcuenca de nivel 8 colindante con la microcuenca El Diablo, con código de registro 95749325 que a su vez pertenece a la cuenca hidrográfica principal Río Ostúa-Güija, (MAGA, Mapa de Cuencas Hidrográficas a Escala 1:50 000. República de Guatemala Método de PFAFSTETTER, primera aproximación), abarca parte de departamento de Jalapa, Jutiapa y Chiquimula. Siendo el cauce principal de esta cuenca el Río Ostúa, llevando un recorrido por los municipios: San Carlos Alzatate, Monjas, San Miguel Chaparrón; pertenecientes al departamento de Jalapa y los municipios de Santa Catarina Mita y Asunción Mita; pertenecientes al departamento de Jutiapa.

Encontrándose en la aldea Las Crucitas del municipio de Asunción Mita, Jutiapa, el punto de captación hidrogeológico (Manantial) y área de estudio; La Vegona.

Figura 6. Microcuencas de Río Ostúa -Güija



Fuente: elaboración propia, empleando Mapa de Cuencas Hidrográficas a escala 1:50 000. Republica de Guatemala Método de PFAFSTETTER. MAGA.

3.2.1. Tipo de fuente del agua

El agua del cual se abastece gran parte de la cabecera municipal de Asunción Mita y algunas aldeas aledañas es un manantial el cual lleva por nombre La Vegona, siendo esta el área del presente estudio debido que dicho lugar se encuentra en diversos puntos de la ladera en donde aflora agua.

3.3. Geología superficial

El área de Asunción Mita pertenece a una zona de origen volcánico, especialmente de tipo ignimbrítico, lavas de composición dacítica-riolítica, basaltos y felsitas. El vulcanismo en la región está relacionado a erupciones fundamentalmente basálticas. Además, lo conforman rocas intrusivas, andesitas, basaltos, las cuales se encuentran fracturadas y altamente meteorizadas formando parte del Grupo Padre Miguel.

No obstante, está formado por aluviones, producto de la erosión de las partes altas y sedimentación de los ríos. El aluvión se extiende alrededor de 113 km². Los materiales aluviales del valle presentan una profundidad variable (entre 88 y 230 m), que se encuentran en relación con el cauce del río Ostúa, alcanzando el mayor desarrollo en la parte de la cabecera municipal de Monjas y los mínimos por las zonas de las aldeas Las Crucitas y El Ovejero.

Los depósitos aluviales y coluviales en los valles jóvenes de los ríos son de edad Holocénica y están compuestos por guijarros, suelos arenosos y arcillosos, arenas angulares, entre otros. Este tipo de depósitos recientes, al estar constituidos por materiales de granulometría gruesa y bien organizada resultan ser buenos acuíferos, ya que crean buena permeabilidad.

3.4. Gestión del aprovechamiento para el recurso hidrogeológico

Es de importancia identificar el área de estudio, con lo cual, al realizar varios recorridos por el mismo, se realiza el reconocimiento de la distribución de las obras de infraestructura, el estado en el cual se encuentran las mismas y la localización de posibles puntos de aprovechamiento.

3.4.1. Descripción de las obras de infraestructura.

El ingreso al área de estudio se encuentra localizado con las coordenadas geodésicas $14^{\circ}21'27.10''$ N y $89^{\circ}42'55.32''$ O, con lo cual al descender al Río Ostúa lo primero que se encuentra es el punto de captación de Las Crucitas.

Figura 7. Área de estudio



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth Pro, 2021.

3.4.1.1. Captación Las Crucitas

Este punto se encuentra localizado con las coordenadas geodésicas 14°21'26.20" N y 89°42'50.60" O. Esta es un área perimetrada y con su respectiva caseta de máquinas, dado que el agua en este punto se extrae mediante bombeo.

El agua extraída de este lugar abastece tanto a la misma aldea Las Crucitas como a una parte de los barrios la Democracia y 2 de Abril, pertenecientes a la cabecera municipal de Asunción Mita, Jutiapa; aún se desconoce si este mismo punto abastece a la aldea El Cerrón.

El punto de captación de Las Crucitas es de carácter privado.

Figura 8. Captación Las Crucitas



Fuente: La Vegona, Asunción Mita, Jutiapa.

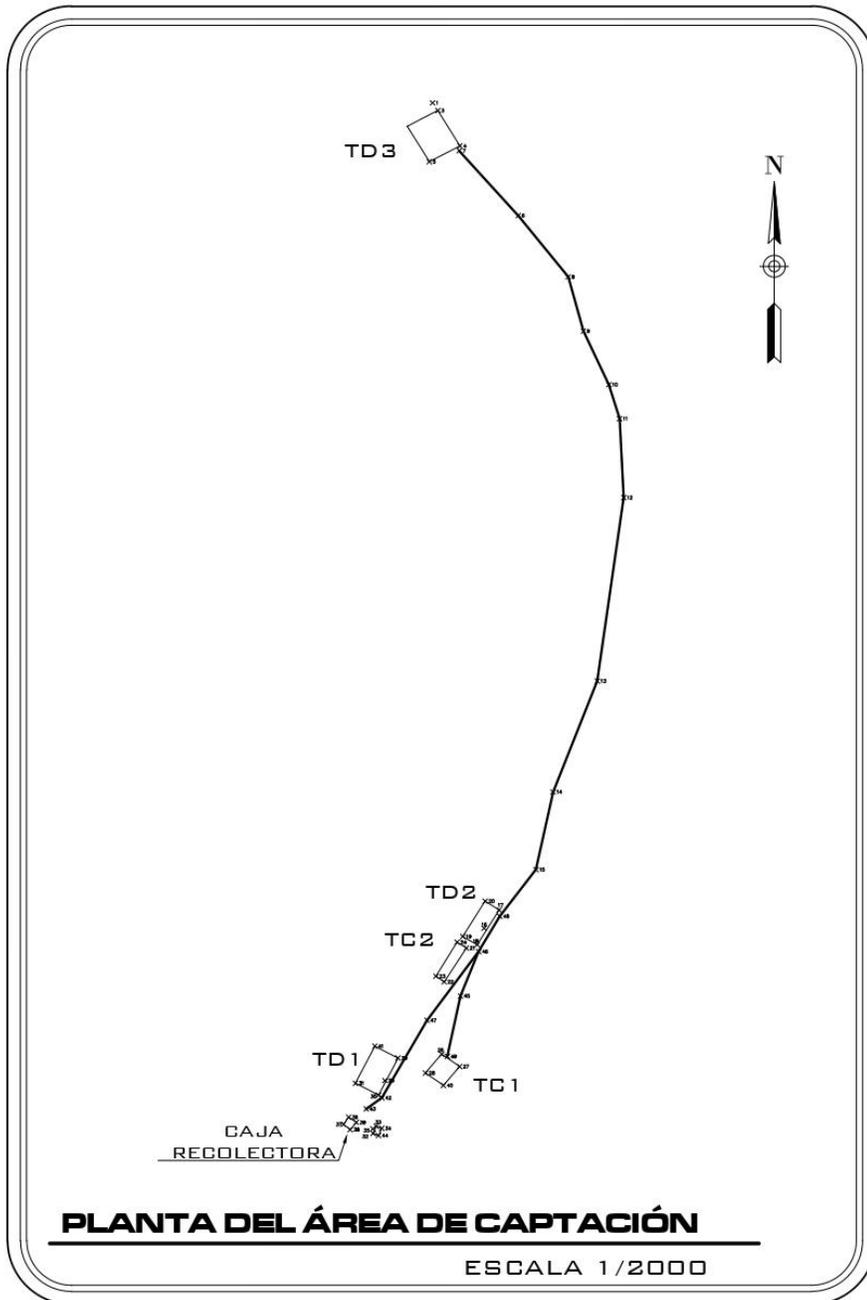
3.4.1.2. Captación principal en La Vegona

Este punto de captación se encuentra localizado por las coordenadas geodésicas 14°21'42.70" N y 89°42'44.40" O; es la principal fuente de abastecimiento de agua para la cabecera municipal de Asunción Mita, Jutiapa.

Este punto de captación no se encuentra perimetrado y a cambio de ello cuenta con seguridad las 24 horas, todos los días, además se pueden contabilizar tres tanques de distribución, dos tanques recolectores y una pequeña caja recolectora.

Figura 9. **Planta del área de captación**

En la figura adjunta se presenta un croquis de los elementos que constituyen la captación La Vegona.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD CIVIL 3D 2018.

3.4.1.2.1. Tanques de distribución

El área de estudio posee tres tanques de distribución, los cuales abastecen en su mayoría a la población de la cabecera municipal.

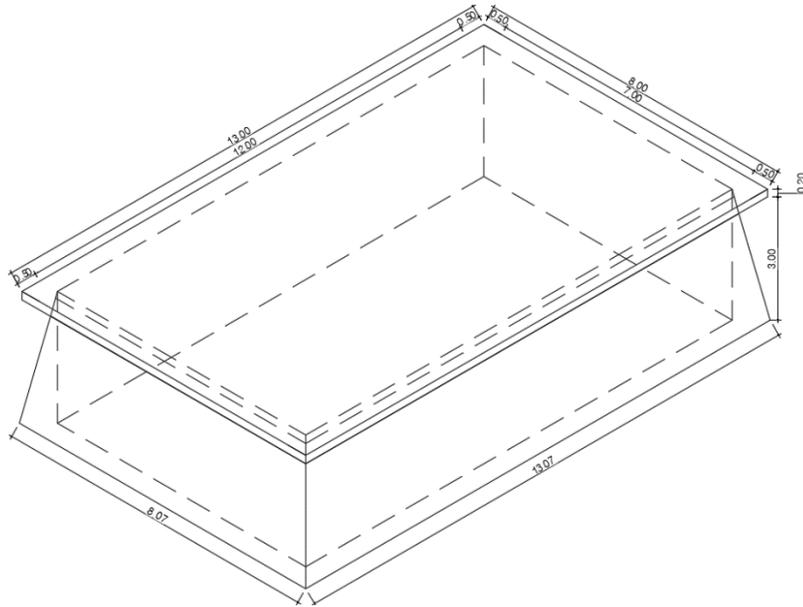
- Tanque de distribución 1 (TD1)

El primer tanque de distribución que se puede observar se encuentra localizado con las coordenadas geodésicas $14^{\circ}21'42.70''$ N y $89^{\circ}42'44.40''$ O. Abastece con agua al barrio Prolac y al caserío Los Llanitos. El agua que distribuye dicho tanque es bombeada hacia él, para posteriormente distribuirla por gravedad.

El tanque por el exterior presenta una forma prismática de una pirámide truncada de cuatro aristas, posee una losa de aproximadamente 0,20 m, esta losa posee un voladizo de 0,5 m en su perímetro, una altura aproximada de 3 m, más losa; en su interior posee forma de ortoedro con dimensiones aproximadas de: 6,6 m de ancho, 11,60 m de largo y 3 m de altura; dando una capacidad en volumen aproximado de 229,68 m.

Se logra observar que al paso del tiempo la infraestructura ha sufrido deterioro, fallas por fatiga debido a malos hábitos y metodologías en la construcción, para su reparación y ampliación de este. Debido a ello provoca fugas en dicho tanque de distribución.

Figura 10. **Tanque de distribución No.1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD CIVIL 3D 2018.

- **Tanque de distribución 2 (TD2)**

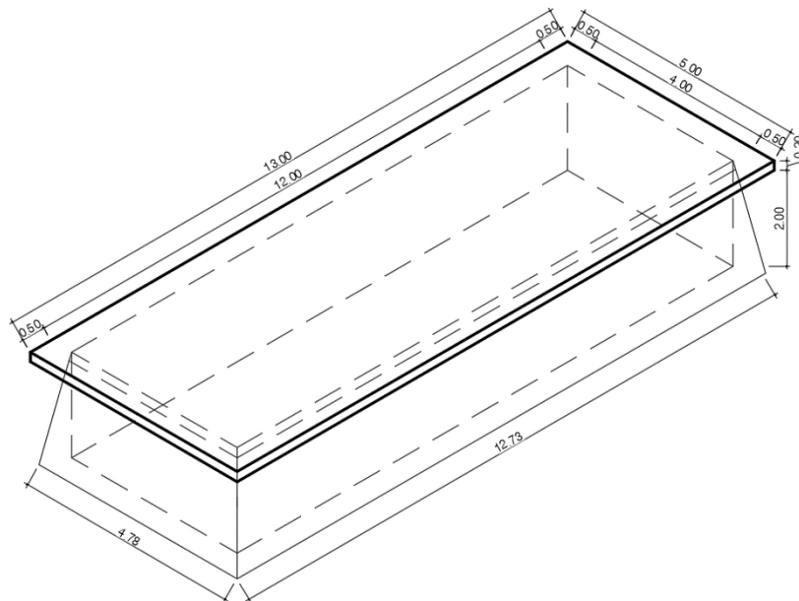
Este tanque se encuentra localizado con las coordenadas geodésicas $14^{\circ}21'43.90''$ N y $89^{\circ}42'43.40''$ O. Dicho tanque distribución tiene la función de abastecer a los barrios centrales de la cabecera municipal con la salvedad que este no posee desinfección por cloro y el agua que adquiere depende de la presión hidrostática que genere el agua del tanque de captación número 2.

El tanque por el exterior presenta una forma prismática de una pirámide truncada de cuatro aristas, posee una losa de aproximadamente 0,20 m, esta losa posee un voladizo de 0,5 m en su perímetro, una altura aproximada de 2 m, más losa; en su interior posee forma de ortoedro con dimensiones aproximadas de: 4,6 m de ancho, 12,0 m de largo y 2 m de altura; dando una capacidad en

volumen aproximada de 115,92 m³, se estima que el grosor de muros es de 0,20 m.

El tanque de distribución presenta estar en buen estado, a excepción de una falla que sufrió en una esquina del voladizo.

Figura 11. **Tanque de distribución No.2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD CIVIL 3D 2018.

- Tanque de distribución 3 (TD3)

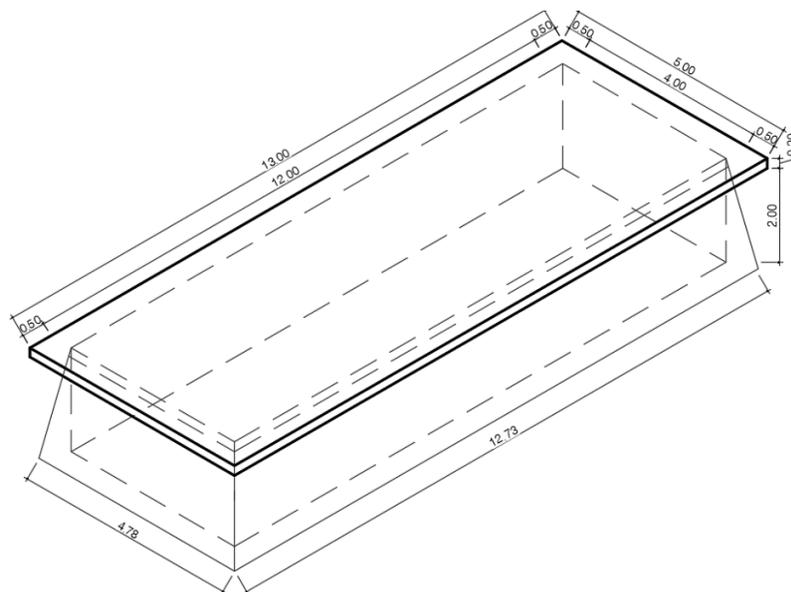
Este tanque de distribución se encuentra localizado con las coordenadas geodésicas 14°21'51.40" N y 89°42'43.90" O. Dicho tanque de distribución es el encargado de abastecer con agua a los barrios 2 de Abril y La Democracia del pueblo. El agua distribuida por este tanque de distribución, parte es suministrada por una caja y un tanque recolector, ambos mediante bombeo y otra parte es

suministrada por el rebalse de una infraestructura desconocida, la cual se encuentra en una propiedad privada vecina al punto de captación en La Vegona, para la cabecera municipal de Asunción Mita, Jutiapa.

El tanque por el exterior presenta una forma prismática de un ortoedro al igual que en su interior, posee una losa de aproximadamente 0,20 m, se estima que el grosor de muros es de 0,20 m, con lo cual sus dimensiones internas serian de: un ancho de 8,60 m, un largo de 10,60 m y una altura de 3 m; dando una capacidad en volumen aproximado de 273,48 m³.

La infraestructura del tanque de distribución se encuentra en buen estado, sin fisura, fallas en el concreto armado de la misma.

Figura 12. **Tanque de distribución No.3**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD CIVIL 3D 2018.

- Sistema de potabilización

Con la diferencia del tanque de distribución número dos los tanques de distribución poseen un sistema de potabilización el cual consta de: un barril de aproximadamente 125 lts, y cloramina (chloramine, NH_2Cl). Este sistema de desinfección incluye al tanque de captación número 2.

Se vierte en el barril, 2 lb de cloramina y se diluye con el agua que llenará dicho barril, posteriormente se abre una llave de paso para tubo de $\frac{1}{2}$ " incrustada en el barril y localizada en el fondo del mismo, dejando salir un caudal constante de la solución durante el transcurso de 24 horas, siendo esta la dosificación y el método de desinfección. Se desconoce quién calculó y brindó dicha dosificación.

- Línea de conducción

Como línea de conducción se encuentran:

- Un tubo de acero de 12"
- Un tubo de acero de 6"
- Un tubo de PVC de 6"
- Un tubo PVC de 3"

Estos tubos abastecen a la población de la cabecera municipal de Asunción Mita, Jutiapa; exceptuando a los barrios altos de dicho municipio.

A lo largo de la línea de conducción se logra observar que estos tubos no se encuentran por completo resguardados, dado que en partes del recorrido de la línea de conducción se encuentran pasos aéreos y partes que se encuentra a nivel de suelo, estas no se encuentran cubiertas por el mismo o algún otro

recubrimiento. Quedando de forma intermitente el resguardo de la línea de conducción.

Figura 13. **Línea de conducción**



Fuente: La Vegona, Asunción Mita, Jutiapa.

- **Bombeo**

En el área de estudio La Vegona, se logra observar que se utiliza un sistema de bombeo ramificado para comunicar los tanques de captación con los tanques de distribución. Por lo cual se evidencia el uso de tres bombas para este sistema.

El tanque de captación 1 posee dos bombas, las cuales son: una bomba de combustible del cual abastece y mantiene al nivel de espejo de agua necesario para el tanque de distribución 1, el cual emite un caudal máximo de 1 100 L/min y una presión en columna de agua de 23 m, según especificaciones de esta, y

posee una bomba eléctrica sumergible de la cual se derivan dos tubos que abastecen y mantienen a un nivel necesario los tanques de captación 2 y el tanque de distribución 3.

La caja recolectora posee una bomba eléctrica, la cual deriva dos tubos que abastecen y mantienen a un nivel necesario el tanque de distribución 1 y el tanque de distribución 3.

Esto con el fin de que el agua pueda ser enviada por gravedad desde los tanques de distribución.

Figura 14. **Bombeo**



Fuente: La Vegona, Asunción Mita, Jutiapa.

3.4.1.2.2. Tanques de captación

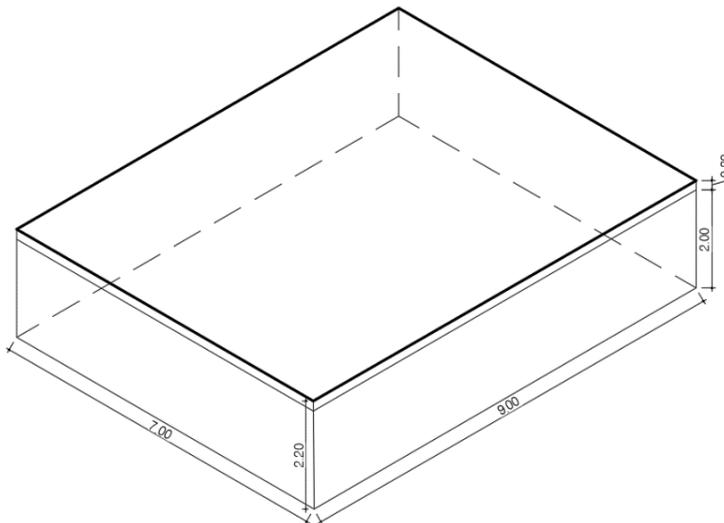
- Tanque de captación 1 (TC1)

Este tanque de captación se encuentra localizado con las coordenadas geodésicas 14°21'42.60" N y 89°42'43.90" O. Dicho tanque de captación fue construido sobre un brote de agua en el manantial La Vegona, es de esta forma en la cual adquiere el agua y llena el mismo. El agua que adquiere este tanque es bombeada a los distintos tanques de distribución que se encuentran en el área de estudio, con el fin de complementar el nivel deseado en cada tanque de distribución.

El tanque por el exterior presenta una forma prismática de un ortoedro al igual que en su interior, posee una losa de aproximadamente 0,20 m, se estima que el grosor de muros es de 0,20 m, realizadas con mampostería de piedra, con lo cual sus dimensiones internas serian de: un ancho de 6,60 m, un largo de 8,60 m y una altura de 2 m; dando una capacidad en volumen aproximado de 113,52 m³.

La infraestructura de este tanque de captación permite observar el buen estado en el que se encuentra la losa, más en sus muros se logra visualizar la mampostería expuesta y la fuga de agua por uno de los muros en la parte inferior, esto puede deberse a la no impermeabilización del muro o a la no profundización del muro para su cimentación y levantamiento.

Figura 15. **Tanque de captación No.1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD CIVIL 3D 2018.

- **Tanque de captación 2 (TC2)**

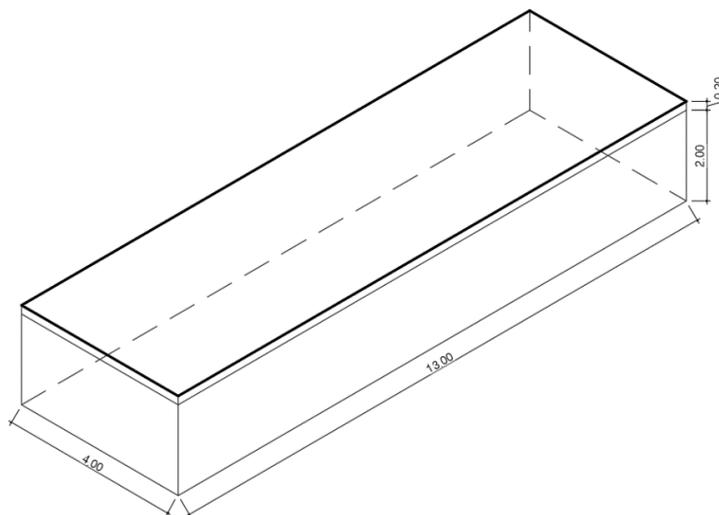
Este tanque de captación se encuentra localizado con las coordenadas geodésicas 14°21'43.60" N y 89°42'43.90" O. Dicho tanque de captación también cumple con la función de distribuir y abastecer con agua a los barrios centrales del pueblo. El agua distribuida por este tanque de captación, una parte emana del fondo de este y otra parte es suministrada por un tanque de captación mediante bombeo.

El tanque por su exterior presenta una forma prismática de un ortoedro. Posee una losa de aproximadamente 0,20 m, se estima que el grosor de muro de 0,20 m, con lo cual sus dimensiones internas serían de: un ancho de 3,60 m, un largo de 12,60 m y una altura de 2 m; dando una capacidad en volumen

estimada de 90,72 m³ o menor a ella, por la orografía generada por rocas en su interior.

La infraestructura de dicho tanque posee pequeñas fugas, de carácter de escurrimiento por los muros de este, y presenta leve desgaste en el concreto al paso del tiempo.

Figura 16. **Tanque de captación No.2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD CIVIL 3D 2018.

- **Caja recolectora**

Esta caja recolectora se encuentra localizada con las coordenadas geodésicas 14°21'41.90" N y 89°42'44.60" O. Dicha caja recolectora se abastece de agua mediante dos tubos de 4" que se derivan de un tanque de captación de mampostería de piedra incrustado en la ladera del lugar, siendo parte de infraestructuras antiguas del lugar, de esta manera se llena dicha caja de recolección. El agua que adquiere esta caja de recolección es parcialmente

aprovechada, la cual es bombeada al tanque de distribución número 3 (TD3), que abastece a los barrios 2 de Abril y La Democracia en la cabecera municipal.

Figura 17. **Caja recolectora**



Fuente: La Vegona, Asunción Mita, Jutiapa, caja recolectora de agua

3.4.1.3. Puntos no aprovechados

Los puntos en los cuales no se aprovecha el recurso hidrogeológico, constan de tanques de captación antiguos, realizados con mampostería de piedra e incrustados en la ladera, sobre brotes de agua del manantial en el área de estudio La Vegona, y de los cuales salen tubos de aproximadamente 3" o 4", de los cuales brota el agua y escurre hasta depositarse en el río Ostúa.

- Punto no aprovechado 1 (PNA1)

El punto no aprovechado número 1 se encuentra localizado con las coordenadas geodésicas 14°21'24.30" N y 89°42'50.70" O, este punto consta de un tanque de captación realizado con mampostería de piedra del cual salen dos tubos de 4" del cual brota agua y no es aprovechada, más bien escurre en dirección al río.

Por otra parte, debido a la situación en la que se encuentra dicho punto, permite ser aforado con facilidad.

- Punto no aprovechado 2 (PNA2)

El punto no aprovechado número 2 se encuentra localizado con las coordenadas geodésicas 14°21'24.50" N y 89°42'50.10" O, este punto consta de un tubo de 4" incrustado en la ladera, del cual brota agua y no es aprovechada, más bien escurre en dirección al río.

Debido a la situación en la que se encuentra dicho punto, permite ser aforado con facilidad.

- Punto no aprovechado 3 (PNA3)

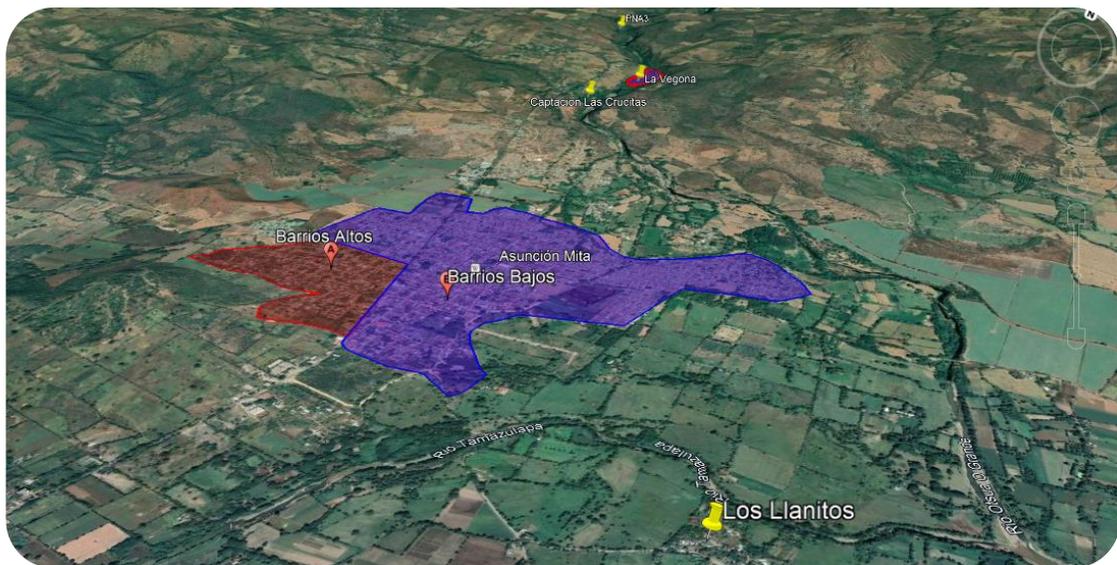
El punto no aprovechado número 3 se encuentra localizado con las coordenadas geodésicas 14°22'27.55" N y 89°43'4.97" O, este punto consta de una pequeña caja de captación incrustada en la ladera aguas arriba del lugar de estudio, con dimensiones aproximadas de 1 m de altura, 3,8 m de largo y 1,4 m de ancho.

De este se deriva un tubo de 4" incrustado en dicha caja, del cual brota agua y no es aprovechada, más bien escurre en dirección al río. También posee otro tubo de 6" que transporta agua de igual manera sin ser aprovechada.

3.5. Demanda del recurso hídrico en la cabecera municipal

La estimación de la población en dicha cabecera es de suma importancia para determinar la demanda de consumo de agua que necesita esta, y poder así comparar con la oferta proporcionada por el manantial.

Figura 18. Localización barrios altos y bajos



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth Pro, 2021.

La Vegona surte con agua potable a los barrios bajos de la cabecera municipal y a una pequeña parte de los barrios altos de la misma.

3.5.1. Crecimiento poblacional en la cabecera municipal

Dado que la cabecera municipal posee un potencial de comercio agropecuario e industrial, esto lo vuelve atractivo para ser habitado y poder desarrollarse en él. La cabecera municipal se encuentra en constante crecimiento poblacional y expansión geográfica de los habitantes; colocando a la municipalidad en la necesidad de realizar censos en todo el municipio.

Según censos realizados por la municipalidad de Asunción Mita, se establece que en el 2008 la población era de 17 224 y para el 2013 la población era de 21 982; dichos censos se encuentran en el sitio web de la municipalidad de Asunción Mita, Jutiapa.

Mediante el uso del método geométrico para la determinación de la población futura, se estima que solo en la cabecera municipal la tasa de crecimiento poblacional es de 4,99 %, siendo dato importante para la estimación de la población en dicha área para el año 2021.

$$P_f = P_o(R + 1)^n \text{ Ec.3}$$

Donde:

Pf= población futura en “n” años

Po= población inicial

n = periodo de diseño

R = tasa de crecimiento poblacional

Utilizando Ec.3, se estima que para el año 2021 la población en la cabecera municipal es de 32 476 habitantes e igual forma para el año 2043 y 2051 siendo el estimado de la población 94 987 y 140 333 habitantes en dicha cabecera respectivamente.

Tabla I. **Proyección del crecimiento poblacional en cabecera municipal**

Año	2008	2013	2021	2043	2051
<i>P₀</i>	17 224	21 982	--	---	--
<i>n</i>	0	5	8	22	30
<i>R</i>	4,999 %	--	--	--	--
<i>P_f</i>	--	--	32 476	94 987	140 333

Fuente: elaboración propia, utilizando información de.

<https://muniasuncionmita.laip.gt/index.php/29-informacion-adicional>, y Excel 2019.

3.5.2. Dotación

Según la “Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano”³⁹. La dotación es la cantidad de agua que se asigna a un habitante en un día. Esta se expresa en litros por habitante por día (L/hab/día). Para la elección de esta deberá tomarse en cuenta factores como:

- Clima
- Calidad y cantidad del agua
- Presiones
- Nivel de Vida
- Servicios públicos
- Facilidad de drenaje
- Administración del sistema
- Medición, entre otras

³⁹ INFOM. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*.2011. <http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0286/doc0286.pdf>. Consulta:13 de marzo de 2021.

Tabla II. **Dotaciones**

Tipo de abastecimiento	Dotación (l/hab/d)
Llenacántaros	30 a 60
Llenacántaros+ conexión predial	60 a 90
Conexión predial	60 a 120
Intradomiciliar	90 a 170 rural
	150 a 250 urbana
Pozo excavado y bomba manual, o aljibes	20

Fuente: INFOM. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.2011.* <http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0286/doc0286.pdf>. Consulta:15 marzo de 2021.

Para determinar la demanda, debe de considerarse que en dicha cabecera municipal pueden encontrarse diversos tipos de viviendas, según sea el nivel socioeconómico de las personas. Según censo realizado por el SIMSAN (Sistema de Información Municipal en Seguridad Alimentaria y Nutrición)⁴⁰, solo el 5,2 % de las viviendas poseen paredes inadecuadas, el 11,1 % poseen pisos de tierra y el 0,3 % techos inadecuados; y el 93,9 % del área urbana posee agua entubada, con esto se evidencia y se puede estimar una dotación de 200 L/hab/día.

3.5.3. Caudal Medio Diario (Qm)

El caudal medio diario resulta de la multiplicación de la dotación por la población, todo esto dividido entre los segundos que contiene un día, siendo estos 86 400 segundos, la fórmula queda expresada de la siguiente manera:

⁴⁰ SIMSAN, *Condiciones de las viviendas.* <http://www.trinacional.simsan.org/index.php/nuestra-infraestructura-asuncion-mita/condiciones-de-la-vivienda-asuncion-mita>. Consulta:15 marzo de 2021.

$$Q_m = \frac{Dot * Po}{86400} \text{ Ec.4}$$

Donde:

Qm: caudal medio diario en L/s.

Dot: dotación en L/hab/día.

Po: población es el número de habitantes.

De esta manera se estima el caudal medio para el año 2021 y el año 2051.

Tabla III. **Caudal medio diario (Qm)**

Año	2021	2043	2051
Población (hab)	32 476	94 987	140 333
Dotación (L/hab/día)	200		
Qm (L/s)	75,18	219,88	324,84

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2019.

3.5.4. Caudal Máximo Diario (QMD)

Este es el resultado de multiplicar el caudal medio diario (Qm) por el Factor Máximo Diario (FMD), este varía de 1,2 a 1,5 y dependerá de la cantidad de habitantes que residen en la población; en donde se utilizará 1,5 para poblaciones menores a 1 000 habitantes y 1,2 para poblaciones mayores a 1 000 habitantes.

En donde la fórmula queda de la siguiente manera:

$$QMD = Q_m * FMD \text{ Ec.5}$$

Donde:

QMD: Caudal máximo diario en L/s.

Qm: Caudal medio diario en L/s.

FMD: Factor máximo diario.

Tabla IV. **Caudal Máximo Diario (QMD)**

Año	2021	2043	2051
Qm	75,18	219,88	324,84
FMD	1,2		
QMD (L/s)	90,21	263,85	389,81

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2019.

3.5.5. **Caudal Máximo Horario (QMH)**

Para determinar el caudal máximo horario, debe de realizarse el producto de caudal medio diario (Qm) con un Factor máximo horario, el cual varía de 2 a 3 y dependerá de la cantidad de habitantes que residen en la población; en donde se utilizará 3 para poblaciones menores a 1 000 habitantes y 2 para poblaciones mayores a 1 000 habitantes.

En donde la fórmula queda de la siguiente manera:

$$QMH = Q_m * FMH \text{ Ec.6}$$

Donde:

QMH: Caudal máximo horario en L/s.

Qm: Caudal medio diario en L/s.

FMH: Factor máximo horario.

Tabla V. **Caudal Máximo Horario (QMH)**

Año	2021	2043	2051
Qm (L/s)	75,18	219,88	324,84
FMH	2		
QMH (L/s)	150,35	439,76	649,69

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2019.

3.6. Oferta del recurso hidrogeológico en La Vegona

La importancia de la estimación de la oferta en agua proporcionada por el manantial es de gran interés, dado que se ha registrado un déficit en el suministro de agua potable en la población, dejando barrios en los cuales la cantidad de agua que llega a sus hogares se ha reducido y en otros barrios llega el agua a determinadas horas del día.

3.6.1. Oferta efectiva aprovechada

Esta está contemplada por ser el agua retenida por los tanques de captación, aprovechada para su desinfección, conducción y distribución hacia la cabecera municipal.

Se estima que la cantidad de caudal aprovechada es de aproximadamente 133 145 l/s un equivalente a 0,1331 m³/s, con lo cual cumple con la demanda al año 2021, para los caudales medio y caudal máximo diario, exceptuando el caudal máximo horario, esto quiere decir que al estar la población de la cabecera municipal utilizando el servicio de agua potable a la vez, siendo esta la hora pico de demanda, el caudal efectivo aprovechado no satisfará la demanda a dicha hora.

3.6.2. Oferta no aprovechada

La oferta no aprovechada será aquella en la cual el agua no es captada, más bien escurre por la ladera y se deposita en el río Ostúa.

Se estima que la cantidad de caudal no aprovechada es aproximadamente 26 705 l/s equivalente a 0,027 m³/s.

Tabla VI. **Punto no aprovechado 1**

	TUBO 1	TUBO 2	
	tiempo (s)	tiempo (s)	Vol (L)
1	5,49	1,51	18
2	5,61	1,12	
3	5,69	1,26	
4	5,29	1,27	
5	5,42	1,35	
6		1,12	
T Promedio	5,50	1,27	
Q(L/s)	3,27	14,15	
Q Total(L/s)	17,43		
Q Total(M ³ /s)	0,02		

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2019.

Tabla VII. **Punto no aprovechado 2**

	tiempo (s)	Vol (L)	Q(L/s)
1	1,7	8	4,71
2	2,6	10	3,85
3	1,97	8	4,06
4	2.02	8	3,96
5	1,93	8	4,15
Qpromedio(L/s)			4,14
Q(M ³ /s)			0,00414

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2019.

Tabla VIII. **Punto no aprovechado 3**

	Tiempo (s)	Vol (L)
1	3,67	18
2	3,46	
3	3,6	
4	3,46	
5	3,34	
T Promedio	3,506	
Q(L/s)	5,134	
Q(M ³ /s)	0,005	

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2019.

3.6.3. **Oferta bruta**

Esta será en su totalidad los caudales de la oferta efectiva aprovechada más los caudales de la oferta no aprovechada.

Estimándose una oferta bruta y total de aproximadamente de 159,850 l/s el equivalente a 0,160 m³/s, con lo cual cumpliría por completo con la demanda para el año 2021.

Debido a las condiciones de algunos puntos no aprovechados y a fugas por parte de la infraestructura de algunos tanques de captación, no se permite aforar con precisión. Mas bien esta es un aproximado, de la cual la oferta bruta será mayor a la estimada.

3.7. Caracterización del recurso hidrogeológico en la Vegona

Para determinar la calidad del agua, se deben de realizar muestreos de toma de agua en puntos de interés, de esta forma se conocerá las características fisicoquímicas y bacteriológicas del mismo.

3.7.1. Características fisicoquímicas del agua

Permitirá reconocer los minerales que el agua a adquirido por el paso en los estratos del perfil estratigráfico del suelo, en el área de estudio.

3.7.1.1. Caracterización del agua al paso del tiempo

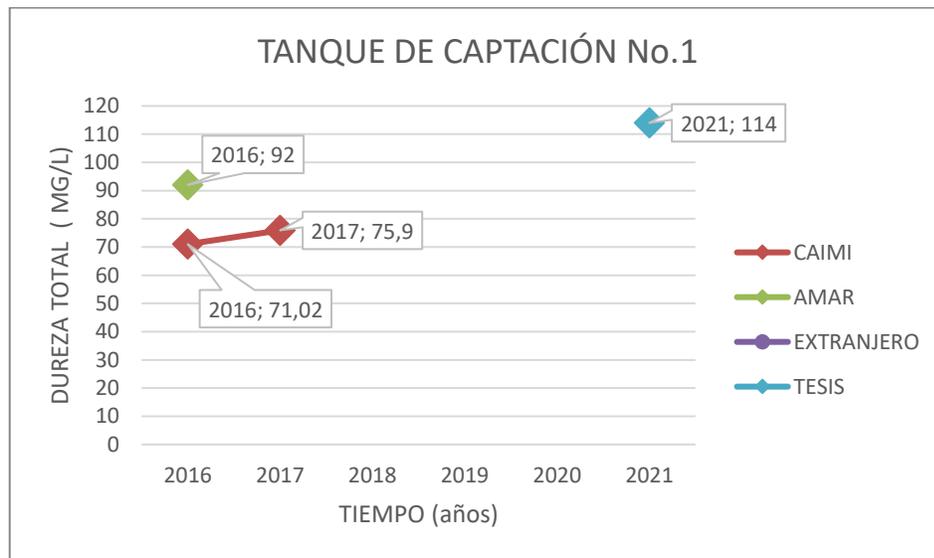
El control de la calidad del agua que emana el manantial ha sido poco estudiado, dado que las entidades que han realizado estudios relacionados a este han sido:

- Hospital de Atención Pública con Especialidades CAIMI, Asunción Mita, Jutiapa.
- La Asociación de Monitoreo y Protección Ambiental Regional (AMAR).

- Consejo Nacional de Investigación (CNR-ITALIA), en conjunto con el Instituto de Geociencias y Georecursos (IGG-ITALIA), y la Universidad de Florencia Italia.

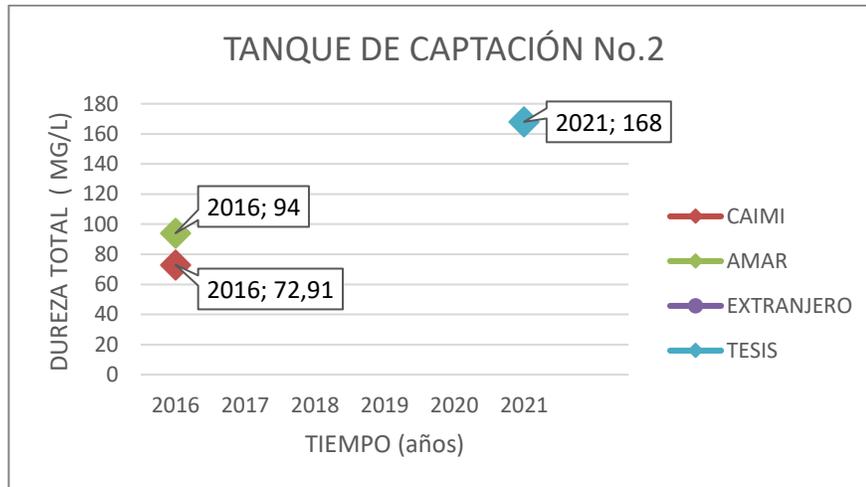
Entre las correlaciones que se pueden encontrar en los estudios realizados por estas entidades se encuentra tanto la dureza del agua como la cantidad de calcio en la misma.

Figura 19. **Dureza total, tanque de captación No. 1**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2019.

Figura 20. Dureza total, tanque de captación No. 2



Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2019.

Dado que la dureza total del agua depende de la presencia particular de sales de magnesio, calcio y otros compuestos disueltos en el agua, las cuales varían en función de las formaciones geológicas que atraviesa el agua previamente a su captación. Por ello la dureza total se encuentra en el límite máximo permisible.

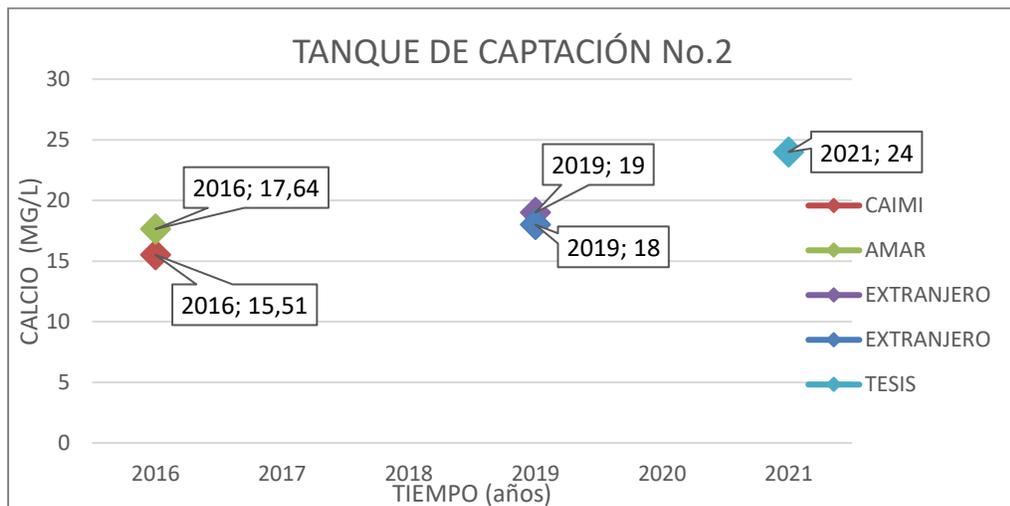
Se logra apreciar que al paso del tiempo esta ha ido aumentando, lo cual demuestra una mayor disolución de los minerales al paso del agua por el perfil litológico o el posible flujo de aguas retenidas por una mayor cantidad de tiempo.

Figura 21. **Calcio, tanque de captación No. 1**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2019.

Figura 22. **Calcio, tanque de captación No. 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2019.

3.8. Microbiología del agua

La realización de este estudio nos permitirá identificar la existencia de microorganismos como:

- Virus
- Algas cianofíceas
- Hongos
- Protistas
- Arqueas y bacterias

Para lo cual la norma COGUANOR NTG 29001⁴¹, contempla la presencias Coliformes totales y E. coli.

3.8.1. Microbiología del agua al paso del tiempo

El hospital de atención pública con especialidades CAIMI en Asunción Mita, Jutiapa ha sido la entidad que ha realizado estudios Microbiológicos en puntos estratégicos en la cabecera municipal post tratamiento de desinfección y en áreas rurales, mas no existe estudios realizados en las fuentes de agua La Vegona.

⁴¹ COGUANOR NTG 29001. *Agua para consumo humano (agua potable)*. Consulta:9 junio de 2021.

4. METODOLOGÍA

4.1. Enfoque y tipos de investigación

Es de importancia reconocer la orientación que posee la investigación y el enfoque de esta para no perder orden y poder obtener los resultados esperados, según el propósito de la investigación a realizar.

4.1.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es de carácter mixto, dado que, mediante el uso de herramientas se llevará a cabo la recolección de datos, para poseer un registro de las condiciones en las que se encuentra el agua, su aprovechamiento y reconocimiento de lugares de interés para el desarrollo del estudio.

4.1.2. Alcance de la Investigación

El alcance de la investigación es de carácter descriptivo, dado que va más allá de la explicación, describiendo cualitativa y cuantitativamente las características de los fenómenos tal como se presentan en la realidad; con criterios sistemáticos para mostrar su estructura y comportamiento, centrándose en medir con mayor precisión.

4.2. Material y método

Se indican las actividades que se llevaron a cabo para especificar materiales, herramientas y metodologías a realizar según la actividad que le corresponda, siendo estas las siguientes:

- Reconocimiento del área de estudio
- Aforos
- Muestreos
- Topografía
- Reconocimiento de la gestión del aprovechamiento del recurso

4.2.1. Reconocimiento del área de estudio

Se realiza una carta dirigida al señor alcalde municipal para solicitar el visto bueno de su persona y el apoyo por parte del personal de la municipalidad, al ser favorable la respuesta, se da inicio con las visitas de campo, reconociendo el área de interés a estudiar, infraestructura existente, el estado en el cual se encuentra, la gestión en la cual se aprovecha el recurso y posibles puntos a aprovechar.

Figura 23. **Reconocimiento del punto de captación y área de estudio**



Fuente: La Vegona, Asunción Mita, Jutiapa.

4.2.2. Aforo

La finalidad del aforo es poder estimar la oferta proporcionada por el manantial, tanto la oferta efectiva como la oferta bruta en el área de estudio.

4.2.2.1. Puntos no aprovechados

Debido a las condiciones en las cuales se encuentran los puntos no aprovechados, se realiza el método volumétrico para estimar el caudal.

- Materiales:
 - 1 cubeta señalada a cada 2 litros hasta 18 litros de volumen
 - 1 cronómetro
- Metodología:

El método volumétrico consta en determinar el tiempo de llenado de un volumen conocido y realizar una razón volumen-tiempo. De esta manera se estandariza el llenado de los 18 litros de agua y se toma el tiempo que tarda en llenar dicho volumen.

4.2.2.2. Tanques de captación

El aforo de estos tanques de captación se realizó mediante los métodos volumétrico y de colorante.

4.2.2.2.1. Método volumétrico

Para la estimación del caudal que recolecta el tanque de captación 1, se utilizó el método volumétrico.

- Materiales:
 - 1 cinta métrica de 8m de longitud
 - 1 cronómetro
 - 1 linterna

- Metodología:

Dado que este tanque de captación posee dos bombas, se solicitó el encendido de ambas a los operarios para dar inicio con el descenso de la altura del espejo de agua. Posteriormente se introdujo la cinta métrica y se apagaron ambas bombas para dar inicio con el llenado del tanque.

Al ser apagadas las bombas se da inicio con la toma de tiempo a cada 2 cm de ascenso a la altura del espejo de agua; con lo cual estimando el área del espejo de agua y la altura del mismo en un determinado tiempo se logra obtener un caudal.

Debido a que este tanque posee dos fugas considerables, no se podían hacer tomas de tiempo para alturas mayores a 2 cm porque este tardaría más en ser tomadas, dado que sería mayor la fuga del mismo tanque.

Bajo el concepto que el caudal que entra es igual al caudal que sale, el cual determinado debería de ser sumado al caudal producido por estas dos fugas para determinar el caudal total que aporta el manantial en este tanque de captación.

Figura 24. **Aforo del tanque de captación No.1**



Fuente: La Vegona, Asunción Mita, Jutiapa.

4.2.2.2. Método por colorante

Este método fue utilizado para la estimación del caudal que recolecta el tanque de captación número 2.

- **Materiales:**
 - 1 cronómetro.
 - 2 cinta métrica
 - 1 jeringa de 50 ml.

- **Metodología:**

Para la realización de este método, la condición que se buscaba era la no variación de la altura del espejo de agua, con esto se cumpliría que el caudal que entra al tanque será igual al caudal que sale de él. Debido a ello se realizó el

aforo en una hora del día en el que la población no consumiera demasiada agua y con bombas de retroalimentación apagadas.

Al ingresar al tanque de captación se sitúa una cinta métrica, la cual desde un punto de referencia registrará la altura del espejo de agua, la altura a la cual se estabilizó fue de 0.60 m, con esto se dio inicio a establecer otra distancia y un punto de referencia desde la cual se inyectará colorante para registrar el tiempo que le tomará llegar de un punto conocido al ingreso del tubo de la línea de conducción.

Se inyectaba 5 ml de colorante y se tomaba el respectivo tiempo, tomando así varios datos para determinar una velocidad del flujo que entra a la sección del tubo y determinar el caudal de salida.

Figura 25. Aforo de tanque de captación No. 2



Fuente: La Vegona, Asunción Mita, Jutiapa.

4.2.3. Muestreos para la calidad del agua

La toma de muestras fue realizada con la finalidad de analizar el agua, en los puntos de captación del agua de manantial, la cual está siendo aprovechada, de manera física, química y bacteriológica. Esperando cumpla en su mayoría con el LMA y el LMP establecido en la Norma Técnica Guatemalteca “COGUANOR NTG 29001”.⁴²

- Materiales:
 - 3 recipientes de cristal con sello hermético
 - 3 recipientes de plástico de un litro
 - 1 vara

- Método:

Esta fue una capacitación proporcionada por la sección de Química Sanitaria del Centro de Investigación de Ingeniería, la cual consta de:

Se identificarán los recipientes en parejas de, un recipiente de plástico y uno de cristal, con lo cual se analizará el análisis fisicoquímico y bacteriológico, respectivamente. Con el recipiente de plástico se captará el agua del manantial realizando dos enjuagues previos con el agua a captar y se vertiera una cantidad del agua captada en el frasco de cristal hermético y tomando la temperatura de esta al instante de tomarla.

⁴² COGUANOR NTG 29001. *Agua para consumo humano (agua potable)*. Consulta:27 octubre de 2021.

Es de importancia el poder analizar dichas muestras en menos de un lapso de 24 horas y su transporte debe de ser refrigerado. Por cuestiones de envejecimiento del agua al estar enfrascada, esta puede modificar sus propiedades.

Figura 26. **Muestreo de agua en tanques de captación No. 1 y No. 2**



Fuente: La Vegona, Asunción Mita, Jutiapa.

4.2.4. **Topografía**

Al realizar una topografía del área de estudio, nos mostrará la ubicación de las obras de infraestructuras tanto en su planimetría como su altimetría, siendo información de utilidad para futuros proyectos.

- Método:

Como primer punto se llevó a cabo la gestión para la adquisición del equipo topográfico para la realización del levantamiento topográfico, con lo cual se

obtuvo apoyo por parte del Área de Topografía y Transporte de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Dicho levantamiento se realizó con la estación total Trimble M3, lo cual redujo la dificultad de la topografía realizada, según las condiciones en campo, realizando estaciones a conveniencia y radiaciones en puntos de interés para el reconocimiento de las obras de infraestructura.

- Materiales:
 - Estación Total Trimble M3
 - Bastones con su respectivo prisma, 2 unidades
 - Trípode
 - GPS etrex
 - Cinta métrica
 - Plomada

Figura 27. **Levantamiento topográfico**



Fuente: La Vegona, Asunción Mita, Jutiapa.

4.2.5. Reconocimiento de la gestión del aprovechamiento del recurso

Para esta actividad se realizaron varias visitas de campo al lugar de estudio con lo cual, al realizar otras actividades, registrando y evidenciando la situación y estado en el que se encuentran las obras de infraestructura, al igual que las metodologías que realizan en dicha área de estudio para la captación, desinfección y transporte del agua del manantial.

4.3. Plan de gestión general para el aprovechamiento racional de los recursos hídricos subterráneos

Este se dividirá en dos partes, las cuales serán:

- Control y calidad del agua
- Protección del área de estudio

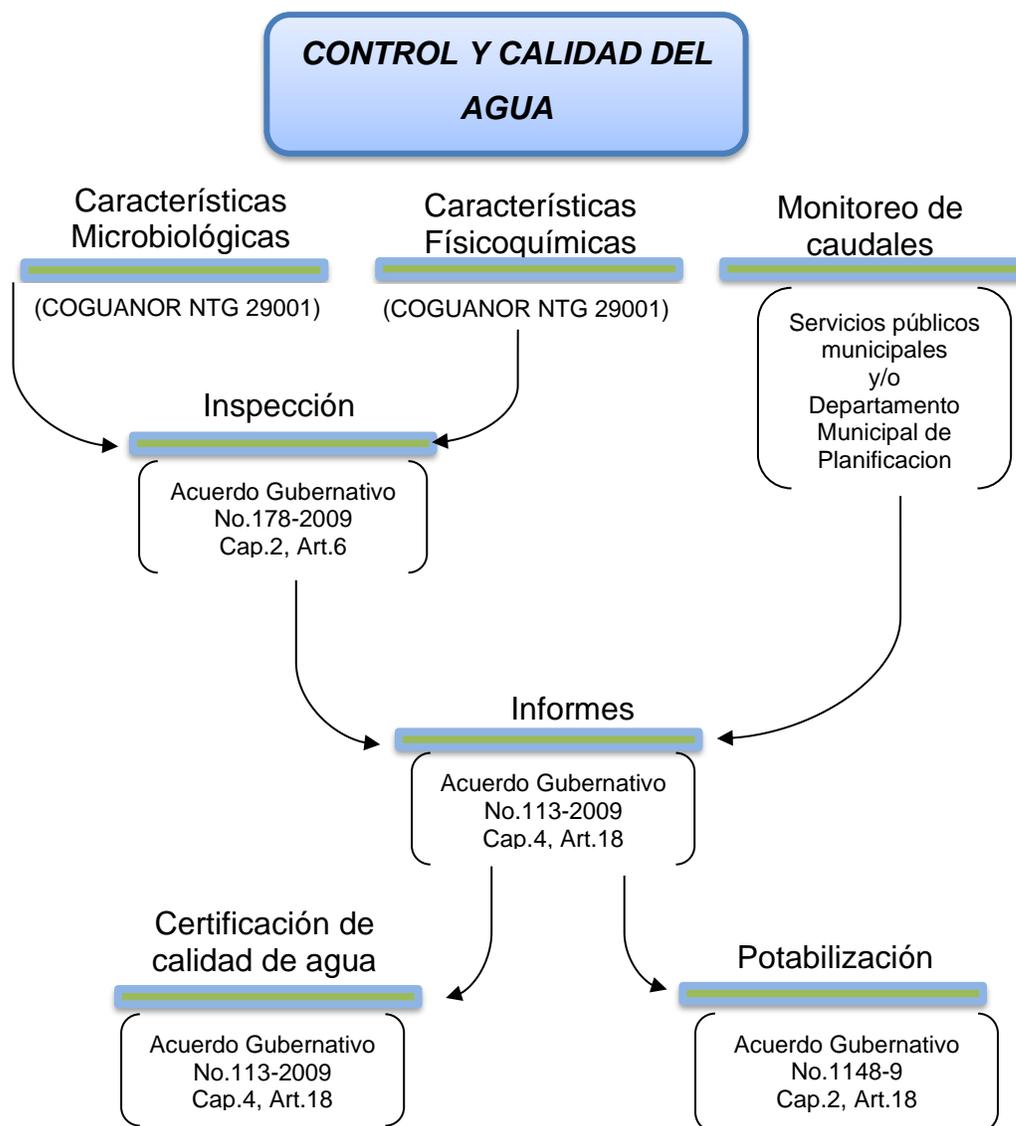
4.3.1. Control y calidad del agua

Es de importancia el poder tener un monitoreo periódico de las condiciones en las cuales el agua es brindada por el manantial, la cantidad y de igual forma las condiciones en las que se conduce y distribuye a las viviendas. Por ello debe de realizarse:

- Análisis microbiológicos y fisicoquímicos basados en los límites máximos admisibles y permitidos de la norma COGUANOR NTG 29001 a un periodo de cada 6 meses.
- El encargado de realizar estos análisis es La Dirección de Área de Salud con jurisdicción a aquellos proyectos de abastecimiento de agua.

- Análisis bimestrales para la solicitud de certificación de calidad del agua.
- Debe realizarse monitoreos periódicos y con una mayor frecuencia de los caudales que nos proporciona el manantial y así poder evaluar la oferta proporcionada por el manantial y sus variaciones.
- Debe llevarse a cabo una correcta potabilización según las necesidades plasmadas por los estudios fisicoquímicos, bacteriológicos y oferta del manantial.

Figura 28. Plan de gestión general para el control y calidad del agua



Fuente: elaboración propia, acorde a acuerdos ministeriales y norma COGUANOR 29001.

4.3.2. Protección del área de estudio

Esto conlleva:

- La delimitación y perimetración del área de estudio, con el fin de restringir el paso de personas y animales o cualquier ente que pueda contaminar las fuentes de afloramiento.
- La perimetración, impermeabilidad y hermeticidad de los tanques de captación y tanques de distribución para restringir el fácil acceso de personas y animales o cualquier ente que pueda contaminar las aguas captadas, tratadas y evitar la crianza de animales.
- Las obras construidas y a construir deben de garantizar el flujo de la afloración, debe de ser construido con materiales como: concreto reforzado, mampostería de piedra, acero estructural u otros materiales que resistan el volumen de agua a captar, por lo cual debe de repararse fallas en la infraestructura de dichos tanques e impermeabilizarlos.
- Las tuberías para las líneas de conducción e impulsión deben de estar protegidas de agentes que pueda provocar desgaste, fatiga, deterioro y ruptura; realizando recubrimientos con suelo o lodocreto, implementación de tubería de acero en pasos aéreos o a la exposición a rayos UV, elaboración de estructuras metálicas que protejan la tubería.
- Implementación de dispositivos y accesorios para su adecuada protección sanitaria y operación hidráulica como: válvulas de retención, alivio, de aire la cuales nos permitirán el flujo en una sola dirección, liberar caudal para

reducir sobrepresiones en el sistema y la salida de burbujas de aire, respectivamente; válvulas de compuerta o de mariposa.

- Implementación de contra cunetas para evitar la posible contaminación del tanque por erosión de la ladera al llover.
- Realización del mantenimiento correspondiente para la prolongación de la vida útil de los materiales.

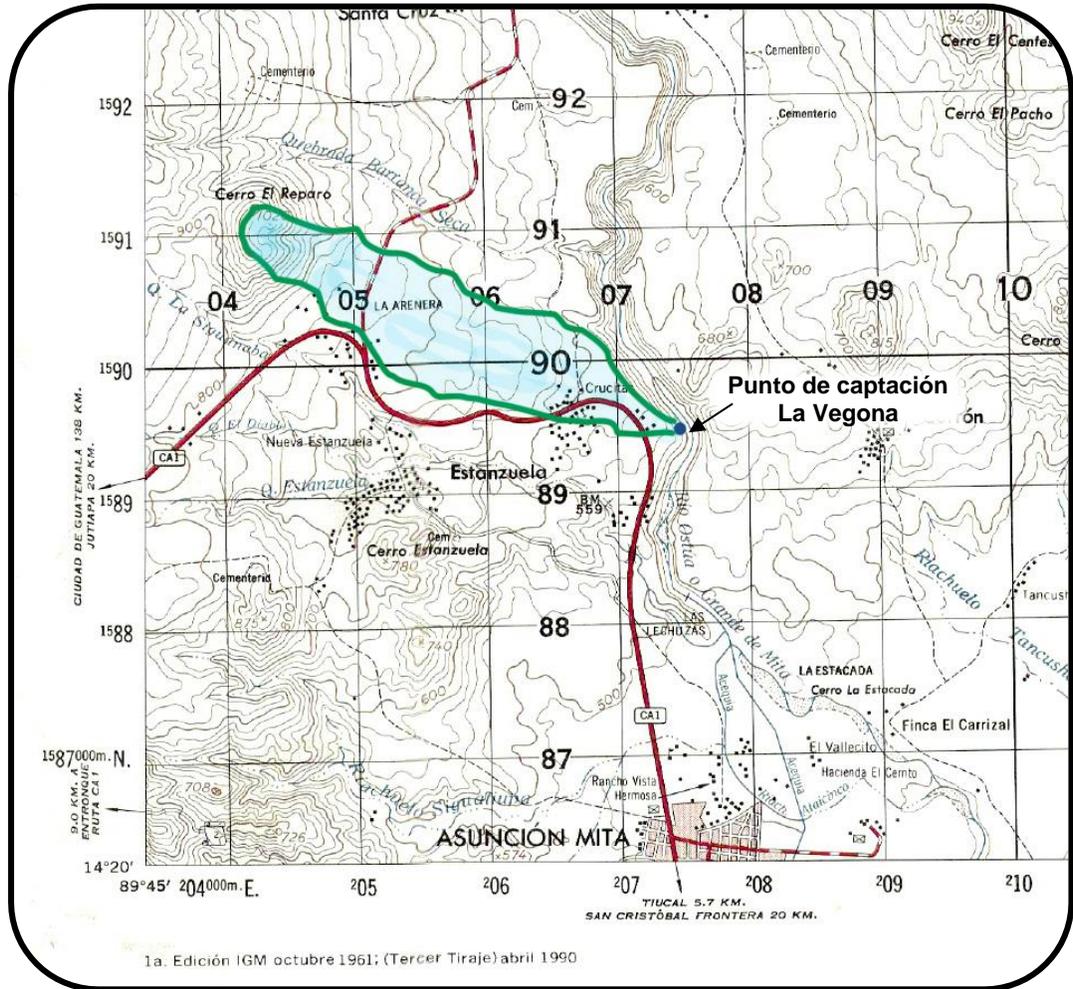
4.4. Posibles zonas de recarga hídrica

Dado que una zona de recarga hídrica es toda aquella que permita la infiltración y percolación del agua precipitada, superficial o subterránea, se puede decir que toda la cuenca hidrográfica permitirá esto según la morfología del terreno, el tipo de suelo y vegetación existente.

No obstante, la delimitación de la cuenca hidrográfica no condiciona la delimitación de la cuenca hidrogeológica, dado que otros acuíferos pueden aportar recarga hídrica a los acuíferos de estudio.

Se delimita un área, la cual se considera posible zona de recarga hídrica, por su morfología y no con una mayor área dado que se encuentra situada entre las quebradas Siguanaba y Barranca Seca; las cuales son drenajes directos hacia el Río Ostúa.

Figura 29. Posible zona de recarga de recarga hídrica.



Fuente: elaboración propia, empleando mapa cartográfico del Instituto Geográfico Nacional Rio Grande de Mita, Asunción Mita, hoja 2259 II.

5. RESULTADOS

Tabla IX. **Características físicas y organolépticas tanque de captación No.1**

CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	LMA	LMP
Color	1	5,0 u	35,0 u (a)
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	0,21	5,0 UNT	15,0 UNT (b)
Conductividad eléctrica	191	750 μ S/cm	1 500 μ S/cm (d)
Potencial de hidrógeno (pH)	7,1	7,0-7,5	6,5-8,5 (c) (d)
Sólidos totales disueltos	101,00	500,0 mg/L	1 000,0 mg/L

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniera, (ver anexos).

Tabla X. **Características químicas tanque de captación No.1**

CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre	-----	0.5	1
Cloruro (Cl ⁻)	11,00	100	250
Dureza Total (CaCO ₃)	114	100	500
Sulfato (SO ₄ ⁻)	01,00	100	250
Aluminio (Al)	----	0,05	0,1
Calcio (Ca)	27	75	150
Cinc (Zn)	----	3	70
Cobre (Cu)	----	0,05	1 500
Magnesio (Mg)	11	50	100
Manganeso total (Mn)	00,001	0,1	0,4
Hierro total (Fe)	0,01	0,3	-----

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniera, (ver anexos).

Tabla XI. **Relación de las sustancias inorgánicas tanque de captación No. 1**

SUBSTANCIA	RESULTADOS	LMP (mg/L)
Arsénico (As)	----	0,01
Bario (Ba)	----	0,7
Boro (B)	----	0,3
Cadmio (Cd)	----	0,003
Cianuro (CN-)	----	0,07
Cromo total (Cr)	----	0,05
Mercurio total (Hg)	----	0,001
Plomo (Pb)	----	0,01
Selenio (Se)	----	0,01
Nitrato (NO ₃ -)	14	50
Nitrito (NO ₂ -)	0,017	3

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniería, (ver anexos).

Tabla XII. **Características físicas y organolépticas tanque de captación No.2**

CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	LMA	LMP
Color	1	5,0 u	35,0 u (a)
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	0,3	5,0 UNT	15,0 UNT (b)
Conductividad eléctrica	192	750 μ S/cm	1 500 μ S/cm (d)
Potencial de hidrógeno (pH)	6,95	7,0-7,5	6,5-8,5 (c) (d)
Sólidos totales disueltos	102,00	500,0 mg/L	1 000.0 mg/L

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniería, (ver anexos).

Tabla XIII. **Características químicas tanque de captación No.2**

CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre	-----	0,5	1
Cloruro (Cl-)	11,00	100	250
Dureza Total (CaCO ₃)	168	100	500
Sulfato (SO ₄ ⁻)	01,00	100	250
Aluminio (Al)	----	0,05	0,1
Calcio (Ca)	24	75	150
Cinc (Zn)	----	3	70
Cobre (Cu)	----	0,05	1 500
Magnesio (Mg)	26	50	100
Manganeso total (Mn)	00,003	0,1	0,4
Hierro total (Fe)	0,02	0,3	-----

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniera, (ver anexos).

Tabla XIV. **Relación de las sustancias inorgánicas tanque de captación No.2**

SUBSTANCIA	RESULTADOS	LMP (mg/L)
Arsénico (As)	----	0,01
Bario (Ba)	----	0,7
Boro (B)	----	0,3
Cadmio (Cd)	----	0,003
Cianuro (CN ⁻)	----	0,07
Cromo total (Cr)	----	0,05
Mercurio total (Hg)	----	0,001
Plomo (Pb)	----	0,01
Selenio (Se)	----	0,01
Nitrato (NO ₃ ⁻)	14	50
Nitrito (NO ₂ ⁻)	0,015	3

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniera, (ver anexos).

Tabla XV. **Características físicas y organolépticas grifo público parque central**

Características	RESULTADOS	LMA	LMP
Color	1	5,0 u	35,0 u (a)
Olor	no Rechazable	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	0,4	5,0 UNT	15,0 UNT (b)
Conductividad eléctrica	192	750 μ S/cm	1 500 μ S/cm (d)
Potencial de hidrógeno (pH)	6,93	7,0-7,5	6,5-8,5 (c) (d)
Sólidos totales disueltos	102,00	500,0 mg/L	1 000,0 mg/L

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniería, (ver anexos).

Tabla XVI. **Características químicas grifo público parque central**

Características	RESULTADOS	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre	-----	0,5	1
Cloruro (Cl ⁻)	11,00	100	250
Dureza Total (CaCO ₃)	198	100	500
Sulfato (SO ₄ ⁻)	01,00	100	250
Aluminio (Al)	----	0,05	0,1
Calcio (Ca)	24	75	150
Cinc (Zn)	----	3	70
Cobre (Cu)	----	0,05	1 500
Magnesio (Mg)	34	50	100
Manganeso total (Mn)	00,005	0,1	0,4
Hierro total (Fe)	0,02	0,3	-----

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniería, (ver anexos).

Tabla XVII. **Relación de las sustancias inorgánicas grifo público Parque Central**

Substancia	RESULTADOS	LMP (mg/L)
Arsénico (As)	----	0,01
Bario (Ba)	----	0,7
Boro (B)	----	0,3
Cadmio (Cd)	----	0,003
Cianuro (CN-)	----	0,07
Cromo total (Cr)	----	0,05
Mercurio total (Hg)	----	0,001
Plomo (Pb)	----	0,01
Selenio (Se)	----	0,01
Nitrato (NO ₃ -)	14	50
Nitrito (NO ₂ -)	0,012	3

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniería, (ver anexos).

Tabla XVIII. **Examen bacteriológico tanque de captación No. 1**

INVESTIGACIÓN DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)				
PRUEBAS NORMALES		PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
CANTIDAD SEMBRADA		FORMACIÓN DE GAS – 35 °C	TOTAL	FECAL 44,5 °C
10,00	cm ³	+++++	+++++	+++++
1,00	cm ³	----	INNECESARIA	INNECESARIA
0,10	cm ³	----	INNECESARIA	INNECESARIA
RESULTADO: NUMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100CM³			23	13

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniería, (ver anexos).

Tabla XIX. Examen bacteriológico tanque de captación No.2

INVESTIGACIÓN DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)				
PRUEBAS NORMALES		PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
CANTIDAD SEMBRADA		FORMACIÓN DE GAS – 35 °C	FORMACIÓN DE GAS	
			TOTAL	FECAL 44,5 °C
10,00	cm ³	-----	INNECESARIA	INNECESARIA
1,00	cm ³	-----	INNECESARIA	INNECESARIA
0,10	cm ³	-----	INNECESARIA	INNECESARIA
RESULTADO: NÚMERO MÁS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100CM³			<1,8	<1,8

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniería, (ver anexos).

Tabla XX. Examen bacteriológico grifo público Parque Central

INVESTIGACIÓN DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)				
PRUEBAS NORMALES		PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
CANTIDAD SEMBRADA		FORMACIÓN DE GAS – 35 °C	FORMACIÓN DE GAS	
			TOTAL	FECAL 44,5 °C
10,00	cm ³	++++-	+++	+++
1,00	cm ³	-----	INNECESARIA	INNECESARIA
0,10	cm ³	-----	INNECESARIA	INNECESARIA
RESULTADO: NUMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100CM³			7,8	7,8

Fuente: elaboración propia. Según norma COGUANOR 29001 y resultados del análisis por CII, Facultad de Ingeniería, (ver anexos).

CONCLUSIONES

1. El agua proporcionada por este manantial, según estudios fisicoquímicos y bacteriológicos, basados en los límites máximos admisibles y permisibles por la norma técnica guatemalteca COGUANOR 29001, es apta para el consumo humano.
2. Según estudios fisicoquímicos y bacteriológicos realizados al agua del manantial La Vegona, basados en la norma técnica guatemalteca COGUANOR 29001, se encuentra la presencia de calcio, magnesio, manganeso, hierro, sulfatos, cloruros, nitratos y nitritos; con lo cual la dureza total se encuentra entre el límite máximo permisible y el resto de características se encuentran entre el límite máximo aceptable y se logra detectar la presencia de coliformes en un volumen de 10 cm³ en el tanque de captación No. 1, con lo cual según norma, no es apta para consumo humano.
3. La oferta bruta estimada al año 2021 es mayor a 159,85 l/s, según los aforos posibles de realizar, con lo cual cumple con la demanda de la población de dicho año.
4. Se estima que la población a la cual abastece con agua potable el manantial La Vegona, es aproximadamente el 93,9 % de la población total del casco urbano, siendo así 30 495 habitantes.

5. Una posible área de recarga hídrica para La Vegona es la que se encuentra delimitada entre las quebradas: Siguanaba y Barranca Seca. (ver sección 4.4).
6. Se logran identificar tres nacimientos de agua, captados por bóvedas de mampostería de piedra incrustadas en la ladera, localizadas con las coordenadas geodésicas: 14°21'24.30" N 89°42'50.70" O, 14°21'24.50" N 89°42'50.10" O, 14°22'27.55" N 89°43'4.97" O y una caja recolectora parcialmente aprovechada, 14°21'41.90" N 89°42'44.60" O. El caudal brindado por estos puntos es de 26.705 l/s y no es aprovechado.
7. No se posee un correcto plan de trabajo para la gestión del aprovechamiento del recurso hídrico.

RECOMENDACIONES

1. Implementar accesorios y dispositivos para su adecuada protección sanitaria y operación hidráulica.
2. Elaborar un programa de mantenimiento y restauración de las condiciones en las que se encuentra el área de estudio. (Ver sección 4.3.2).
3. Leer el capítulo 2 y capítulo 3 del: “Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural”, publicado por la Cooperación Alemana, editado por Programa PROAGUA, versión junio 2017; para una correcta dosificación de cloro.
4. Resguardar las áreas boscosas e implementación de reforestar con biodiversidad de flora, dado que son zonas de recarga hídrica. (ver sección 4.4).
5. Elaborar galerías de infiltración y el mejoramiento de la estructura del tanque de captación No,1 para evitar fugas.
6. Actualizar la información de la red de distribución del agua potable en el área urbana, indicando diámetros de tubería en cada sector y la realización de cálculo hidráulico para la determinación de pérdidas de carga en el sistema y presiones.

A las entidades competentes que elaboran los análisis de calidad de agua.

7. Realizar los análisis de calidad de agua, ampliando la caracterización química y sustancias inorgánicas según características geológicas del área de estudio, dado que puede llevar sustancias nocivas para la salud que no son caracterizadas en los análisis.

BIBLIOGRAFÍA

1. BATEMAN, Allen. *Hidrología básica y aplicada*. [en línea]. <<https://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf>>. [Consulta: 18 de septiembre de 2020].
2. BREÑA, Felipe; VILLA, Marcos. *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. [en línea]. <https://uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf>. [Consulta: 11 de septiembre de 2020].
3. CASTRO, Gilberto. *Recarga hídrica natural en la sub cuenca del rio tzalá de los municipios de San Miguel Ixtahuacán, Sipacapa y Comitancillo del departamento de San Marcos, Guatemala*. [en línea]. <<http://www.repositorio.usac.edu.gt/6328/1/T-03038.pdf>>. [Consulta:20 septiembre de 2020].
4. CHÁVEZ, Alvaro. 2005. *Modelación hidrogeológica en quebrada los Choros, comuna la Higuera, región IV*. [en línea]. <<https://www.worldcat.org/title/modelacion-hidrogeologica-de-la-quebrada-de-los-choros-comuna-de-la-higuera-iv-region/oclc/503388385>>. [Consulta: 13 de septiembre de 2020].
5. COGUANOR NTG 29001. *Agua para consumo humano (agua potable)*. Guatemala: 2013. 12 p.

6. CUSTODIO, Emilio; LLAMAS, Manuel. *Hidrología subterránea*. [en línea]. <<https://es.scribd.com/document/482735792/Hidrologia-Subterranea-Tomo-I-Custodio-y-Llamas-pdf>>. [Consulta: 19 de septiembre de 2020].
7. DONIS, Luisa. *Identificación de zonas de recarga hídrica en la microcuenca del río Negro, ciudad de Guatemala sistematización de práctica profesional*. [en línea]. <<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/15/Donis-Luisa.pdf>>. [Consulta: 27 de octubre de 2021].
8. ESPINOZA, Carlos. *Hidráulica de aguas subterráneas y su aprovechamiento*. [en línea]. <https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/CI51J/1/material_docente/>. [Consulta: 13 de septiembre de 2020].
9. FRENE, Cristian; OYARZÚN, Carlos. *Propiedades hidrológicas del suelo y exportación de sedimentos en dos microcuencas de la Cordillera de la Costa en el sur de Chile con diferente cobertura vegetal*. Chile: El bosque, 2011. 11 p.
10. FUENTES, Juan Carlos. *Determinación de las principales áreas de recarga hídrica natura y de la calidad del agua en la microcuenca del río Cotón, Baja Verapaz*. [en línea]. <<http://postgrado.fausac.gt/wp-content/uploads/2016/09/Juan-Carlos-Fuentes-Montepeque.pdf>>. [Consulta: 19 de septiembre de 2020].
11. GARCÍA, Felipe. *Modelación numérica preliminar del acuífero costero de la quebrada los chorros (IV región)*. [en línea]. <<http://repositorio>

uchile.cl/bitstream/handle/2250/102898/cf-garcia- huidobro_f.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. [Consulta: 13 de septiembre de 2020].

12. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). *Manual de clasificación de tierras por capacidad de uso*. Guatemala. [en línea]. <<http://www.inab.gob.gt>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2020].
13. INFOM. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. [en línea]. <<http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0286/doc0286.pdf>>. [Consulta: 15 marzo de 2021].
14. INSIVUMEH. *Variabilidad y cambio climático en Guatemala*. Guatemala: 2021. 165 p.
15. Instituto Nacional de Estadística. *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*. Guatemala: Gobierno de Guatemala, 2019. 378 p.
16. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. *Síntesis del Perfil Ambiental de Guatemala*, Universidad Rafael Landívar Guatemala. 2006. 256 p.
17. JOHNSON, Edward. *El agua subterránea y los pozos*. 1a ed. EE. UU.: Johnson División, 1966. 264 p.
18. LIKENS, Gene. *El enfoque ecosistémico: su uso y abuso*. Alemania: Excelencia en ecología, vol. 3. Instituto de Ecología, Oldendorf/Luhe, 1992. 190 p.

19. LINZLEY, Ray; KOHLER, Max; PAULUS, Joseph. *Hidrología para ingenieros*. [en línea]. <https://www.academia.edu/37765494/Hidrolog%C3%ADa_para_Ingenieros_LINSLEY_KOHLER_y_PAULHUS>. [Consulta: 19 de septiembre de 2020].
20. SCHOSINSKY, Gunther. *Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos*. Revista Geológica de América Central. 34- 35:13-30. Turrialba, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2007. 18 p.
21. MAGA. *Mapa de Cuencas Hidrográficas a Escala 1:50,000, Republica de Guatemala Método de PFAFSTETTER, Memoria técnica y descripción de resultados*. Guatemala: 2009. 64 p
22. MARN. *Cuencas Hidrográficas de Guatemala*. Guatemala: 2011. 52 p.
23. MATUS, Oscar. *Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua*. [en línea]. <<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/3299>>. [Consulta: 19 de septiembre de 2020].
24. MATUS, Oscar; FAUSTINO, Jorge; JIMÉNEZ, Francisco. *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica*. [en línea]. <<https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/Guia%20Identificacion%20ZRHidrica.pdf>>. [Consulta: 19 de septiembre de 2020].

25. Ministerio de salud pública y asistencia social. *Acuerdo Gubernativo No.113-2009, Acuerdo Gubernativo No. 178-2009, Acuerdo Ministerial No. 1148-09, Acuerdo Ministerial No. SP-M-278-2004, Acuerdo Ministerial No. 572-2011*. Guatemala: 2009. 22 p.
26. ORDONÓEZ, Juan J. *Aguas Subterráneas – Acuíferos*. Cartilla Técnica. [en línea]. <https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterraneeas.pdf>. [Consulta: 12 de septiembre de 2020].
27. _____. *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico*. Lima: Global Water Partnership y Sociedad Geográfica de Lima, 2011. 44 p.
28. _____. *Cartilla Técnica: ¿Qué es Cuenca Hidrológica?* Lima: Global Water Partnership y Sociedad Geográfica de Lima, 2011. 44 p.
29. PADILLA CÁMBARA, Tomas A. *Evaluación del potencial hídrico en la subcuenca del río Cantil, para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla, Guatemala*. [en línea]. <<https://isbn.cloud/9789968454452/evaluacion-del-potencial-hidrico-en-la-microcuenca-del-rio-cantil-para-el-aprovechamiento-de-las/>>. [Consulta: 12 de septiembre de 2020].
30. PADILLA CÁMBARA, Tomas, A; SALGUERO BARAHONA, Marvin, R.; OROZCO, E. O. *Metodología para la determinación de áreas de recarga hídrica natural*. Manual capacitación técnica. Guatemala,

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía
/ Instituto Nacional de Bosques, 2003. 106 p.

31. PERALTA, Antonela; LÓPEZ, Estela. *Acuíferos de nuestro país*. Artículo Científico. 2012. [en línea]. <https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2013/12/12CyT_06losacuiferos.pdf>. [Consulta: 13 de septiembre de 2020].
32. SÁNCHEZ, Javier. *Conceptos fundamentales de la hidrogeología*. [en línea]. <http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf>. [Consulta: 20 de septiembre 2020].
33. SANDOVAL, Jorge. *Principios de Riego y Drenaje*. [en línea]. <<https://es.scribd.com/document/516601412/Libro-De-Principios-De-Riego-Y-Drenaje>>. [Consulta: 20 de septiembre 2020].
34. Secretaría General de Planificación y Programación, Guatemala. *Plan de Desarrollo Municipal de Asunción Mita, Jutiapa. Guatemala*. [en línea]. <<http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/biblioteca-documentos/category/70-jutiapa?download=353:pdm-comapa>>. [Consulta: 15 de marzo de 2021].
35. SIMSAN, *Cobertura de agua entubada por área geográfica*. [en línea]. <<http://www.trinacional.simsan.org/index.php/nuestra-infraestructura-asuncion-mita/cobertura-de-agua-entubada-por-tipo-y-area-geografica>>. [Consulta: 15 de marzo de 2020].
36. SIMSAN. *Condiciones de las viviendas*. [en línea]. <<http://www.trinacional.simsan.org/index.php/nuestra-infraestructura-asuncion->

mita/condiciones-de-la-vivienda-asuncion-mita>. [Consulta: 15 de marzo de 2020].

37. TOOD, David; MAYS, Larry. *Groundwater hydrology*. 3a ed. John Wiley y Sons, New York: 2004. 656 p.
38. VÁSQUEZ, Leónidas. *Identificación de las zonas potenciales para la recarga hídrica, en la microcuenca del río Agua Caliente, municipio de Camotán, Chiquimula*. [en línea]. <http://cunori.edu.gt/descargas/LEONIDAS_VASQUEZ_MANCHAME.pdf>. [Consulta: 20 de febrero 2021].
39. VILLANUEVA, Manuel; IGLESIAS, Alfredo. *Pozos y Acuíferos*. [en línea]. <https://www.igme.es/biblioteca/Libros_agotados/pozos_acuiferos_2.pdf>. [Consulta: 13 de septiembre de 2020].
40. VILLODAS, Rubén. *Hidrología*. Facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, 2008. 240 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Georeferencia de puntos no aprovechados.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Georeferencia de las obras de infraestructura



Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 2.

En este apéndice de logra apreciar el tanque de captación No. 2 y el tanque de distribución No. 2.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Estado de la infraestructura en tanques de distribución No. 1 y captación No. 1**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Línea de conducción y línea de bombeo**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Sistema de desinfección por goteo



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Aforo de puntos no aprovechados y parcialmente aprovechados



Los aforos realizados para los puntos no aprovechados según las condiciones *in situ* se realizaron mediante aforos volumétricos.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Estado del agua del tanque de captación No.1 y No. 2**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Equipo de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Libreta topográfica**

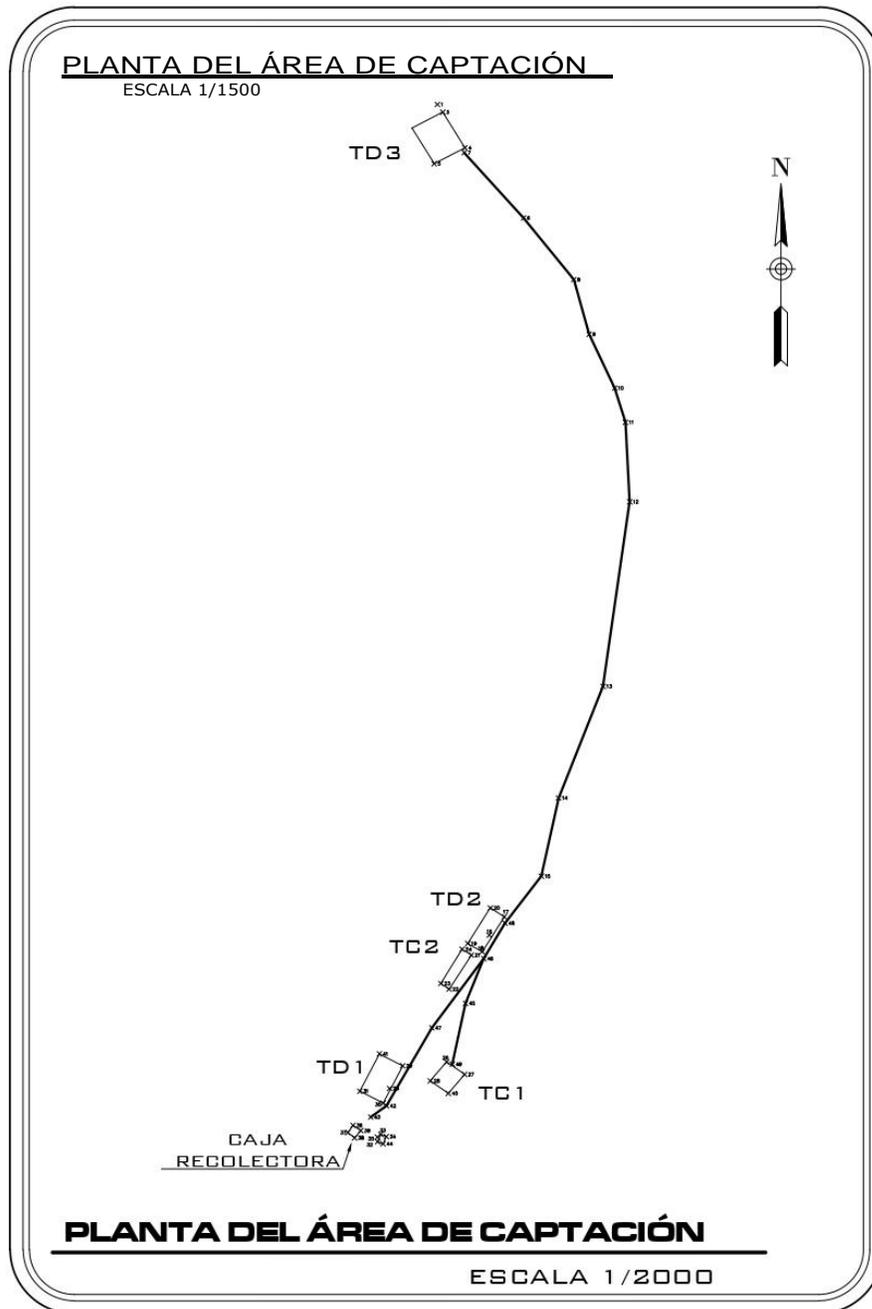
No.	Norte	Este	Z	Descripción
1	1589747	207477	550	Est
3	1589744.6	207478.651	549.543	Rad
4	1589733.5	207485.559	548.272	Rad
5	1589728.53	207475.982	551.081	Rad
6	1589711.58	207503.869	544.272	Est
7	1589731.97	207485.351	548.436	Rad
8	1589692.31	207519.507	542.887	Est
9	1589675.28	207524.255	543.075	Rad
10	1589658.45	207532.238	540.36	Est
11	1589647.77	207535.594	539.888	Est
12	1589622.95	207536.905	538.933	Est
13	1589565.29	207528.615	539.5	Est
14	1589530.43	207514.764	540.102	Est
15	1589506.01	207509.405	539.143	Est
16	1589487.6	207493.171	543.8349	Est
17	1589493.36	207497.853	544.0645	Rad
18	1589482.41	207490.961	543.4037	Rad
19	1589484.98	207486.437	543.6671	Rad
20	1589496.12	207493.48	544.1436	Rad
21	1589481.39	207487.596	542.0484	Rad
22	1589470.75	207480.625	542.4999	Rad
23	1589472.52	207478.066	542.7828	Rad
24	1589483.2	207484.68	543.2153	Rad
25	1589439.75	207462.057	537.9918	Est
26	1589448.03	207479.844	532.756	Rad
27	1589444.13	207485.462	532.76	Rad
28	1589442.1	207474.766	533.0128	Rad
29	1589446.8	207466.165	538.298	Rad
30	1589435.14	207460.068	537.755	Rad
31	1589438.88	207452.808	537.6871	Rad
32	1589423.11	207458.336	532.0682	Rad
33	1589425.38	207459.325	532.1579	Rad
34	1589424.7	207461.038	531.372	Rad
35	1589424.53	207458.259	532.0983	Est
36	1589428.21	207450.696	532.9369	Rad
37	1589425.97	207449.071	532.7527	Rad
38	1589424.33	207451.169	531.9435	Rad
39	1589426.56	207453.107	532.2058	Rad
40	1589438.19	207480.382	533.017	Rad
41	1589450.54	207458.906	538.017	Rad
42	1589434.31	207461.141	535.757	Rad
43	1589430.81	207456.201	533.707	Rad

Continuación del apéndice 9.

No.	Norte	Este	Z	Descripción
44	1589422.43	207460.049	532.107	Rad
45	1589466.31	207485.746	538.539	Rad
46	1589480.27	207491.438	541.626	Rad
47	1589458.66	207475.245	536.364	Rad
48	1589491.35	207498.04	536.357	Rad
49	1589447.31	207481.614	532.757	Rad
50	1588911	207276	499	Est
51	1588896.39	207269.51	498.941	Rad
52	1588895	207276.921	497.824	Rad

Fuente: elaboración propia con Estación Total Trimble M3.

Apéndice 10. PLANO DEL AREA DE CAPTACIÓN



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis físico químico sanitario tanque de captación No.1



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO

O.T. No. 40768 INF. No. 28.165

INTERESADO: VICTOR MANUEL FLORES ROJAS, Carnet 201602480 RECOLECTADA POR: Interesado LUGAR DE RECOLECCIÓN: "La Vegona" Aldea Las Crucitas FUENTE: Tanque de captación 1 MUNICIPIO: Asunción Mita DEPARTAMENTO: Jutiapa	PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DOCTORAL: CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO HIDROGEOLÓGICO PROCEDENTE DEL ACUÍFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERIA/USAC FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2021-05-17; 14 h 54 min. FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: 2021-05-18; 08 h 55 min. CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Con refrigeración
---	---

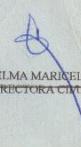
RESULTADOS			
1. ASPECTO: Claro	4. OLOR: Inodora	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) 25,83°C	
2. COLOR: 1,00 Unidades	5. SABOR: -----	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: 191 μ mbhos/cm	
3. TURBIEDAD: 0,21 UNT	6. potencial de Hidrógeno (pH): 07,10 unidades	9 SÓLIDOS DISUELTOS: 101,0 mg/L	
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. CALCIO (Ca)	27,00	6. CLORUROS (Cl)	11,00
2. NITRITOS (NO ₂)	00,017	7. MAGNESIO (Mg)	11,00
3. NITRATOS (NO ₃)	14,00	8. SULFATOS (SO ₄)	01,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,01
5. MANGANESO (Mn)	00,001	10. DUREZA TOTAL	114,00
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	112,00	112,00

OTRAS DETERMINACIONES _____

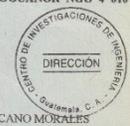
OBSERVACIONES: Desde el punto de físico químico sanitario: DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NTG 29001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21ST EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

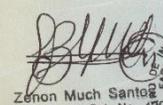
Guatemala, 2021-05-31



Vo.Ba.
INGA TELMA MARIBELA CANO MORALES
DIRECTORA CII/USAC



DIRECCIÓN
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Zenon Much Santos
Ingeniero Químico
Laboratorio de Ingeniería Sanitaria
Técnico Laboratorio



LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
LABORATORIO UNIFICADO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA
TORA ALBA TABARERA MOLINA
USAC GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 10
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), Universidad San Carlos de Guatemala.

Anexo 2. Examen bacteriológico tanque de captación No. 1



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



EXAMEN BACTERIOLOGICO

O.T. No. 40768

No. 10594

Inf. No. A-306 703

<p>INTERESADO: <u>VICTOR MANUEL FLORES ROJAS</u> <u>CARNET 2016 02480</u></p> <p>MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u></p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>"La Vegona" Alden Las Cruces"</u></p> <p>FUENTE: <u>Tanque de captación 1</u></p> <p>MUNICIPIO: <u>Asunción Mita</u></p> <p>DEPARTAMENTO: <u>Jutiapa</u></p>	<p>PROYECTO: <u>TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO HIDROGEOLÓGICO PROCEDENTE DEL ACUÍFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA</u></p> <p>DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u></p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2021-05-17, 14h54min.</u></p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2021-05-18, 08h 55min.</u></p> <p>CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u></p>
<p>SABOR: <u>----</u></p> <p>ASPECTO: <u>Clara</u></p> <p>OLOR: <u>Inodora</u></p>	<p>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u></p> <p>COLOR RESIDUAL: <u>----</u></p>

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	+++++	++++-
01,00 cm ³	----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm ³		23	13

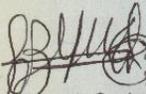
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: **BACTERIOLÓGICAMENTE EL AGUA NO ES POTABLE. SEGÚN NORMA COGUANOR NTG 29001.**

Guatemala, 2021-05-31

Vo.Bo.

INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
DIRECTORA CII/USAC



Zenón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 4200
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC -
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), Universidad San Carlos de Guatemala.

Anexo 3. **Análisis físico químico sanitario tanque de captación**
No. 2



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO

O.T. No. 40768 INF. No. 28-166

INTERESADO: VICTOR MANUEL FLORES ROJAS, Carnet 201602480	PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO HIDROGEOLÓGICO PROCEDENTE DEL ACUÍFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>"La Vegona" Aldea Las Cruceitas</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2021-05-17; 15 h 23 min.</u>
FUENTE: <u>Tanque de captación 2</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2021-05-18; 08 h 55 min.</u>
MUNICIPIO: <u>Asunción Mita</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>Jutiapa</u>	

RESULTADOS

1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>25,77°C</u>
2. COLOR: <u>1,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>192 μmhos/cm</u>
3. TURBIDEZ: <u>0,30 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06,95 unidades</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>102,0 mg/L</u>

SUSTANCIAS		mg/L	SUSTANCIAS		mg/L
1. CALCIO (Ca)		24,00	6. CLORUROS (Cl)		11,00
2. NITRITOS (NO ₂)		00,015	7. MAGNESIO (Mg)		26,00
3. NITRATOS (NO ₃)		14,00	8. SULFATOS (SO ₄)		01,00
4. CLORO RESIDUAL		--	9. HIERRO TOTAL (Fe)		00,02
5. MANGANESO (Mn)		00,003	10. DUREZA TOTAL		168,00

HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	102,00	102,00

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de físiqo químico sanitario: DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NTG 29001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21ST EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2021-05-31

Vo.Bo.

INGA. HELMA MARQUELA CANO MORALES
 DIRECTORA CII/USAC



Zenon Much Santos
 Ing. Químico Col. No. 420
 MSC. en Ingeniería Sanitaria
 Jefe Técnico Laboratorio

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), Universidad San Carlos de Guatemala.

Anexo 4. Examen bacteriológico tanque de captación No. 2



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 40768

EXAMEN BACTERIOLOGICO

No. 10596
INF. No. A-366 704

<p>INTERESADO <u>VICTOR MANUEL FLORES ROJAS</u> <u>CARNET 2016 02480</u></p> <p>MUESTRA RECOLECTADA POR <u>Interesado</u></p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>"La Vegona" Aldea Las Cruceitas</u></p> <p>FUENTE: <u>Tanque de captación 2</u></p> <p>MUNICIPIO: <u>Asunción Mita</u></p> <p>DEPARTAMENTO: <u>Jutiapa</u></p>	<p>PROYECTO: <u>TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO HIDROGEOLOGICO PROCEDENTE DEL ACUIFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA</u></p> <p>DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u></p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2021-05-17- 15h23min.</u></p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2021-05-18- 08h 55min.</u></p> <p>CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u></p>
<p>SABOR: <u>-----</u></p> <p>ASPECTO: <u>Clara</u></p> <p>OLOR: <u>Inodora</u></p>	<p>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN <u>No hay</u></p> <p>COLOR RESIDUAL <u>----</u></p>

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
01,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm ³		< 1,8	< 1,8

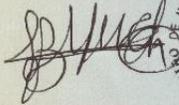
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: BACTERIOLÓGICAMENTE EL AGUA ES POTABLE. SEGÚN NORMA COGUANOR NGO 29001.

Guatemala, 2021-05-31

Vo.Bo.

INGA. TELMA MARICELA CANO MORAN
DIRECTORA CII/USAC



Zenon Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), Universidad San Carlos de Guatemala.

Anexo 5. Análisis físico químico sanitario grifo público Parque Central



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO

O.T. No. 40768 INE No. 28-167

<p>INTERESADO: VICTOR MANUEL FLORES ROJAS, Carnet 201602480</p> <p>RECOLECTADA POR: Interesado</p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN: Parque Central</p> <p>FUENTE: Grifo público</p> <p>MUNICIPIO: Asunción Mita</p> <p>DEPARTAMENTO: Jutiapa</p>	<p>PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: 10567 CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO HIDROGEOLOGICO PROCEDENTE DEL ACUIFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA</p> <p>DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2021-05-17; 16 h 00 min.</p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: 2021-05-18; 08 h 55 min.</p> <p>CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Con refrigeración</p>
---	---

RESULTADOS			
1. ASPECTO: Clara	4. OLOR: Inodora	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) 26,55°C	
2. COLOR: 1,00 Unidades	5. SABOR: -----	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 192 µmhos/cm	
3. TURBIEDAD: 0,40 UNT	6. potencial de Hidrógeno (pH): 06,93 unidades	9. SÓLIDOS DISUELTOS: 102,0 mg/L	
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. CALCIO (Ca)	24,00	6. CLORUROS (Cl)	11,00
2. NITRITOS (NO ₂)	00,012	7. MAGNESIO (Mg)	34,00
3. NITRATOS (NO ₃)	14,00	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	01,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,02
5. MANGANESO (Mn)	00,005	10. DUREZA TOTAL	198,00
HIDROXIDOS mg/L		ALCALINIDAD TOTAL mg/L	
00,00		100,00	

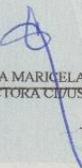
OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de fisico químico sanitario: DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NTG 29001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21ST EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2021-05-31

Vo.Bo.



INGA TELMA MARICELA CANO MORALES
DIRECTORA CII/USAC



LABORATORIO UNIFICADO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA - DRA. ALBA TABARINI MOLINA - USAC - GUATEMALA

Zerón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
MSC. en Ingeniería Sanitaria

Jefe Técnico Laboratorio

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC - Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), Universidad San Carlos de Guatemala.

Anexo 6. Examen bacteriológico grifo público Parque Central



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



EXAMEN BACTERIOLOGICO

No. 10598
INF. No. A -366 705

<p>O.T. No. 40768</p> <p>INTERESADO: <u>VICTOR MANUEL FLORES ROJAS</u> <u>CARNET 2016 02480</u></p> <p>MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u></p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Parque Central</u></p> <p>FUENTE: <u>Grifo público</u></p> <p>MUNICIPIO: <u>Asunción Mita</u></p> <p>DEPARTAMENTO: <u>Jutiapa</u></p>	<p>PROYECTO: <u>TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: CARACTERIZACIÓN, APROVECHAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO HIDROGEOLOGICO PROCEDENTE DEL ACUIFERO LA VEGONA EN ASUNCIÓN MITA</u></p> <p>DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u></p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2021-05-17: 16h00min.</u></p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2021-05-18: 08h 55min.</u></p> <p>CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u></p>
<p>SABOR: <u>-----</u></p> <p>ASPECTO: <u>Clara</u></p> <p>OLOR: <u>Inodora</u></p>	<p>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u></p> <p>CLORO RESIDUAL: <u>---</u></p>

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++--	+++	+++
01,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		7,8	7,8

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: BACTERIOLÓGICAMENTE EL AGUA NO ES POTABLE. SEGÚN NORMA COGUANOR NTG 29001.

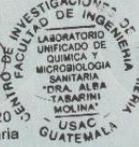
Guatemala, 2021-05-31

Vo.Bo.

INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
DIRECTORA CII/USAC



Zenon Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), Universidad San Carlos de Guatemala.