

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniera Ambiental*

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR PARA LA
OBTENCIÓN DE AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO EN UNA
FAMILIA”**

AUTORAS:

MARÍA PIEDAD ESCANDÓN CRESPO
DOMÉNICA MICHELLE FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA VIVANCO

TUTORA:

ING. PAOLA JACKELINE DUQUE SARANGO, MSC.

CUENCA - ECUADOR

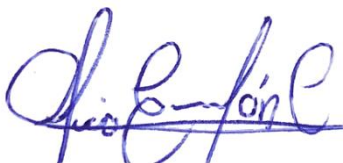
2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotras, María Piedad Escandón Crespo con documento de identificación N° 0107130312 y Doménica Michelle Fernández de Córdova Vivanco con documento de identificación N° 0104632088, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO EN UNA FAMILIA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Ambiental*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2021.



María Piedad Escandón Crespo
C.I. 0107130312

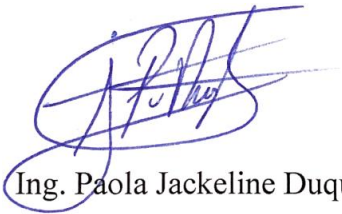


Doménica Michelle Fernández de Córdova Vivanco
C.I. 0104632088

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO EN UNA FAMILIA”**, realizado por María Piedad Escandón Crespo y Doménica Michelle Fernández de Córdova Vivanco, obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2021.



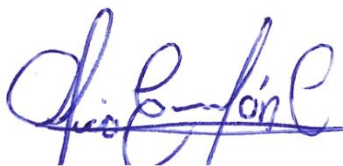
Ing. Paola Jackeline Duque Sarango, MSC.

C.I. 1104257835

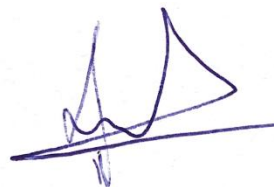
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotras, María Piedad Escandón Crespo con documento de identificación N° 0107130312 y Doménica Michelle Fernández de Córdova Vivanco con documento de identificación N° 0104632088, autoras del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO EN UNA FAMILIA”**, certificamos que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, noviembre de 2021.



María Piedad Escandón Crespo
C.I. 0107130312



Doménica Michelle Fernández de Córdova Vivanco
C.I. 0104632088

AGRADECIMIENTOS

Nuestro grato sentimiento a nuestra tutora Ing. Paola Duque, que nos ha guiado con sabiduría durante todo este tiempo. De igual forma, a la Universidad Politécnica Salesiana, que nos abrió las puertas del aprendizaje en la carrera de Ingeniería Ambiental. A Ing. Iván Fdez. de C y Blgo. Francisco Neira, por brindarnos su amplio conocimiento. Por último, queremos agradecer a nuestra profesora Ing. Miryan Loayza que nos inculcó siempre a llegar más allá de nuestras metas y nuestra querida amiga-docente Ing. Estefanía Avilés con su sensatez e incondicionalidad.

- María Piedad & Doménica.

Agradezco a mis Vivanco Ríos, que con cariño ilimitado me ayudan a prosperar siempre. A mi familia Fdez. de Córdova Lafebre y mis Marías, que con su inteligencia me inspiran cada día. A mi familia mágica de mascotas: Sasha†, José, Tamy†, Lunita†, Rufo†, Lucas†, y mi Gomita. No me puedo quedar sin agradecer a mis amigas: Anto, Ana, Tachi, Caro, Divi, DomeA, Cari y Josh. A una amiga de toda la vida: Marie. Mis futuras y grandes colegas: Majis, Elo, Sam, Benchis, y DomeT. Los amigos que hice en la mejor etapa universitaria: Gabs, Ariel, DomeB, y GabiP-Vale. Y mis amigas que puedo llamarlas hermanas: Anahí & Pía, juntas hemos llegado lejos. A José Daniel, mi profunda gratitud & amor, por su paciencia y paz en este trayecto, una meta más a tu lado.

Para todos ustedes, un pedazo de mi corazón siempre será suyo; gracias a Dios, por darme ese amor incondicional y fuerza a través de todos ellos.

-Doménica.

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar mis sueños que son el resultado de su ayuda, y por siempre estar presente como esa luz para levantarme y mejorar.

A mis tíos Leonardo y Edmundo quienes de diversas formas me han apoyado en el transcurso de mi carrera y sobre todo por no dejar en ningún momento de creer en mí.

A mis amigos y ahora colegas: José Daniel, Elo, Sam, Bel, Majo y Dome Torres, y a los que llegaron a darme más felicidad: Gabi, Ariel y Dome Bermeo. Todos ustedes simplemente hicieron de la universidad un lugar más ameno. Gracias por dejarme ser parte de su vida y regalarme las mejores experiencias. Los llevo en mi corazón.

Y no puedo no agradecer a los que me han acompañado desde el colegio, con los que tengo los recuerdos más lindos y me han enseñado que la amistad siempre es primero. Siempre conmigo mis FAVS.

Finalmente, a mis incondicionales, mis mejores amigas Doménica, Anahí, y a mi persona, Claudia, gracias por siempre escucharme, apoyarme y no dejarme caer jamás. Espero tenerlas la vida entera.

- María Piedad.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Valeria Vivanco†, quien partió muy pronto, pero dejó su huella en la Tierra con demasiado cariño, te llevo siempre en mí.

En adjunto, lo dedico con gran certeza a mis padres Lorena e Iván, quienes han confiado en mí todo el tiempo y por su esfuerzo para que esto se dé. A mis hermanos Gaby y André, sin ellos, todo sería una monotonía. A Ruth Lafebre†, una madre más en mi corazón y a mis queridos abuelos: Enma, Susana, Franklin, e Iván.

-Doméncia.

A todas las mujeres que estamos cambiando las cosas que ya no podemos aceptar. Que esta vida nos permita ser libres siempre.

Le dedico a mis padres, por ser los pilares en mi vida. A Marcelo quien siempre me ha apoyado hasta con los sueños más locos y a Eulalia por darme la cordura que necesito, y ayudarme a seguir adelante. Gracias por amarme con todo su ser y recordarme siempre que todo es posible.

Para mi hermana Renata que, entre risas, y peleas, me ha enseñado a disfrutar de los pequeños momentos, a extrañar y sobre todo a perdonar. A nuestro modo, te quiero con el alma. A mi abuela Piedad, por siempre estar dispuesta a todo lo que sea necesario para verme feliz, y sobre todo por ser parte fundamental para la persona en la que me voy convirtiendo cada día.

Para el ángel más hermoso que tengo, mi flaco, gracias por ser mi amuleto de la suerte y el impulso para seguir adelante. Te siento y llevo en lo más profundo de mi corazón abuelo.

-María Piedad.

RESUMEN

Debido a la destacada problemática alrededor de todo el mundo sobre el agotamiento del recurso agua por el uso excesivo de energía no renovable; se plantea el objetivo de diseñar en la ciudad de Cuenca un Destilador Solar de agua tipo caseta. En base a este problema, se plantea una alternativa ambiental al tratamiento de agua potable, realizando un prototipo de un destilador solar para la obtención de agua apta para el consumo humano en una familia.

Los métodos aplicados van desde una revisión bibliográfica exhaustiva, construcción y diseño del prototipo experimental, analíticas microbiológicas de laboratorio y química general; y, por último, el análisis económico.

Cabe indicar que, en la zona de estudio y sus alrededores, no existen investigaciones sobre la instalación y funcionamiento de esta tecnología. Al construir el equipo, en base a diferentes estudios y criterio propio, el diseño resulta novedoso y tiene medidas de 143 cm de altura y 61 cm de ancho, con una durabilidad esperada de al menos diez años. Finalmente, los resultados son satisfactorios, ya que el agua destilada es apta para el consumo humano. No obstante, debido a las condiciones climáticas de la ciudad, no se llega a producir el volumen esperado; puesto que se obtuvieron 1,5 litros diarios, lo cual no es sustentable para una familia de 4 personas.

Palabras clave: destilador solar, agua destilada, potable, análisis, ambiental, económico, diseño.

ABSTRACT

The objective is to design a prototype of a Solar Distillatory in shape of a kennel, due to the prominent problematic around the world about the water as natural resource in its depletion, because of excessive use of no renewable energy to obtain water apt for human consumption in an average family. In consequent of this problematic, the prototype is an environmental alternative of potable water treatments by using less resources.

As applied Methods are the following topics: bibliographic review, design, construction, microbiological and general chemistry process, and finally an economic analysis.

It should be noted that, in the study area and its surroundings there is not research on the subject of installation and function of this technology. Over the course of the construction, based in different studies and by personal opinion the design is original and has measures of 143cm in height and 61 cm in width with an expected durability of at least ten years. Finally, the results are satisfying by virtue of the distilled water is potable, however because of the climatic conditions of the city it doesn't distills enough amount and only 1,5 liters in a day which is not sustainable for a family of four members.

Key words: Solar Distillatory, distilled water, potable, analysis, environmental, economic, design.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	II
CERTIFICACIÓN	III
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	IV
AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIA	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Delimitación.....	4
2 OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo General	5
2.2 Objetivos Específicos.....	6
3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
3.1 Definiciones Generales	6
3.1.1 Introducción a energías renovables.....	6
3.1.2 Características Energías renovables.....	6
3.1.3 Sol como fuente de energía.....	8
3.1.4 Captación térmica de la energía solar	8
3.1.5 Radiación Solar.....	9
3.2 Conceptos Específicos.....	10
3.2.1 El agua	10
3.2.2 Aguas superficiales	10
3.2.3 Agua Lluvia	11
3.2.4 Agua Río	11

3.2.5	Agua Potable.....	12
3.2.6	Agua Cruda	12
3.2.7	Agua Destilada.....	12
3.2.8	Normas de Calidad del Agua	13
3.2.9	Impurezas de agua: contaminación del agua	13
3.2.10	Sistema de tratamiento de agua potable tipo convencional	14
3.2.11	Sistema de obtención de agua potable No Convencional	14
3.2.12	Muestra	14
3.2.13	Muestreo	15
3.2.14	Bacterias en el agua	15
3.2.15	Método Compact Dry EC para detección de <i>E. coli</i>	17
3.2.16	Color del Agua.....	18
3.2.17	Conductividad.....	18
3.2.18	pH del agua	19
3.2.19	Turbiedad	19
3.2.20	Nitratos.....	19
3.2.21	Precipitación	20
3.2.22	Proceso de Transferencia de calor	20
3.2.23	Evaporación	20
3.2.24	Condensación.....	21
3.2.25	Destilación	21
3.2.26	Destilador solar	22
4	MARCO LEGAL	22
4.1	Constitución de la Republica del Ecuador	22
4.2	Tratados y Convenios Internacionales	23

4.2.1	Estándares de calidad del agua de la OMS y de la UE	23
4.3	Leyes Orgánicas y Ordinarias	24
4.3.1	Código Orgánico del Ambiente	24
4.3.2	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente	25
4.3.3	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua	30
4.4	Normativas Técnicas	30
5	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
5.1	Recopilación de Información	33
5.2	Implantación del Prototipo.....	33
5.2.1	Elección de materiales y partes del destilador solar	33
5.2.2	Construcción del prototipo.....	33
5.3	Análisis de Viabilidad	34
5.3.1	Análisis Ambiental.....	34
5.3.2	Análisis Económico	44
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
6.1	Información detallada sobre un prototipo de Destilador Solar tipo Caseta.....	46
6.1.1	Funcionamiento del destilador	46
6.1.2	Recopilación de información sobre la construcción del destilador	52
6.1.3	Ventajas y Desventajas del Destilador.....	55
6.2	Implantación del Prototipo de Destilador Solar tipo caseta	56
6.2.1	Lugar de Implantación	56
6.2.2	Materiales.....	57
6.2.3	Diseño del Prototipo	59
6.2.4	Proceso de Construcción.....	60
6.2.5	Funcionamiento del Prototipo.....	62

6.3	Análisis de Viabilidad	66
6.3.1	Análisis Ambiental.....	66
6.3.2	Análisis Económico	73
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
7.1.1	Conclusiones.....	78
7.1.2	Recomendaciones	80
8	BIBLIOGRAFÍA.....	82
9	ANEXOS.....	95
9.1	Anexo 1	95
9.2	Anexo 2	97
9.3	Anexo 3	98
9.4	Anexo 4.....	99
9.5	Anexo 5	100
9.6	Anexo 6	101
9.7	Anexo 7	102
9.8	Anexo 8.....	102
9.9	Anexo 9	109
9.10	Anexo 10	110
9.11	Anexo 11	111
9.12	Anexo 12	112
9.13	Anexo 13	113
9.14	Anexo 14	113
9.15	Anexo 15	124
9.16	Anexo 16	125
9.17	Anexo 17	126

9.18	Anexo 18	127
9.19	Anexo 19	128
9.20	Anexo 20	129
9.21	Anexo 21	131
9.22	Anexo 22	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Comparación entre los estándares de la OMS y la UE	24
Tabla 2:	Criterios de Calidad de Aguas para Consumo Humano y Doméstico por Tratamiento Convencional	26
Tabla 3:	Criterios de Calidad Admisibles para preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios	27
Tabla 4:	Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.....	29
Tabla 5:	Tabla metodológica para hoja de laboratorio de análisis del agua previa y posterior ..	36
Tabla 6:	Unidades de Medida de los Parámetros por analizar.....	38
Tabla 7:	Insumos para laboratorio	39
Tabla 8:	Recopilación de estudios previos de Destiladores Solares	46
Tabla 9	Materiales utilizados en la construcción del destilador solar.....	57
Tabla 10:	Medidas finales del Destilador Solar de Agua	64
Tabla 11:	Resultados generales de laboratorio	67
Tabla 12:	Resultados de detección de bacteria E. coli en agua de entrada.....	73
Tabla 13:	Costo del litro brindado por ETAPA.....	74
Tabla 14:	Costo del litro brindado por el destilador solar de agua	74
Tabla 15:	Costo por litro con valores ÓPTIMOS del destilador solar.....	75
Tabla 16:	Técnicas generales para la conservación de muestras – análisis fisicoquímico	95
Tabla 17:	Distribución de los parámetros de análisis según el tipo de conservación usado.....	96
Tabla 18:	Verificación de materiales óptimos para construcción.....	98
Tabla 19:	Información sobre dimensiones de materiales en el destilador	99
Tabla 20:	Presupuesto de material de laboratorio.....	113

Tabla 21: Resultados Laboratorio Color.....	124
Tabla 22: Resultados Laboratorio Turbiedad	125
Tabla 23: Resultados Laboratorio Nitratos	126
Tabla 24: Resultados Laboratorio pH.....	127
Tabla 25: Resultados Laboratorio Conductividad	128
Tabla 26: Resultados Laboratorio Bacterias E. coli	129
Tabla 27: Costo de Productos de Limpieza Anual	131
Tabla 28: Costo de mantenimiento anual	131
Tabla 29: Temperaturas máximas y mínimas en Cuenca año 2021	133
Tabla 30: Regresión lineal	134
Tabla 31: Aplicación de ecuaciones de regresión lineal.....	135
Tabla 32: Producción del destilador en volumen (litro/diario) por cada mes.....	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Delimitación del Destilador Solar.....	5
Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología.....	32
Figura 3: Procesos funcionales del destilador	51
Figura 4: Aislante térmico en la bandeja del destilador solar.....	53
Figura 5: Diseño del destilador tipo caseta con una vertiente	54
Figura 6: Prototipo Destilador solar en AutoCAD	59
Figura 7: Vista lateral derecha del destilador solar	65
Figura 8: Vista lateral izquierda del destilador solar.....	65
Figura 9: Vista frontal del destilador solar	66
Figura 10: Diagrama de caja y bigotes de agua de entrada	68
Figura 11: Diagrama de caja y bigotes de agua de salida.....	69
Figura 12: Placas con muestras de agua de entrada y salida previa a incubación.....	72
Figura 13: Placas con muestras de agua de entrada y salida posterior a 24 horas de incubación.....	72
Figura 14: Comparación con valores sobre el costo por litro.....	76
Figura 15: Cantidad de litros diarios producidos por el destilador (c/mes).....	77
Figura 16: Recolector de agua lluvia.....	97

Figura 17: Mapa Específico de Ubicación del Destilador Solar dentro de la ciudad	100
Figura 18: Plano del Destilador con dimensiones	101
Figura 19: Tanque recolector de agua lluvia	102
Figura 20: Plancha de acero inoxidable.....	102
Figura 21: Dobles de la plancha de acero inoxidable	103
Figura 22: Elaboración de la bandeja parte exterior con tol galvanizado	103
Figura 23: Dobles de las paredes superiores del destilador con acero inoxidable	104
Figura 24: Encaje de la bandeja y las paredes superiores del destilador con acero inoxidable y tol galvanizado	104
Figura 25: Lana de vidrio como aislante térmico	105
Figura 26: Implementación de mesa de soporte	105
Figura 27: Pintura negra para las paredes exteriores del destilador	106
Figura 28: Válvula de ingreso de agua	106
Figura 29: Válvula de desfogue de agua para limpieza.....	107
Figura 30: Canaleta principal de recolección de agua destilada.....	107
Figura 31: Prototipo final del destilador sin ajustes	108
Figura 32: Implantación del ajuste de acero inoxidable a parte superior de las paredes.....	108
Figura 33: Implementación de tiras de aluminio al vidrio.....	109
Figura 34: Lavandería lugar de implantación.....	109
Figura 35: Recolección de muestras de agua rio	110
Figura 36: Ingreso de agua de rio al destilador	110
Figura 37: Pequeñas gotas de agua destilada en la canaleta principal.....	111
Figura 38: Gotas de agua destilada en el vidrio.....	111
Figura 39: Tanque recolector de agua destilada	112
Figura 40: Material de laboratorio.....	113
Figura 41: Equipo autoclave para esterilizar los materiales	114
Figura 42: Muestras para el análisis de agua lluvia y río	114
Figura 43: Colocación de las muestras en los vasos de precipitación para su análisis.....	115
Figura 44: Mezcla de las muestras de agua río y lluvia.....	115
Figura 45: Agua de entrada y salida para análisis	116
Figura 46: Placas para el análisis de bacterias E. coli	116

Figura 47: Manual de placas Compact Dry Nissui.....	117
Figura 48: Equipo mufla.....	118
Figura 49: Muestras de bacterias en la mufla.....	118
Figura 50: Contador de bacterias.....	119
Figura 51: Determinación de parámetros físicos.....	119
Figura 52: Kit de nitratos.....	120
Figura 53: Medidor de pH en la muestra de agua.....	120
Figura 54: Placa con bacterias E. coli (azules).....	121
Figura 55: Resultado color.....	121
Figura 56: Resultado de conductividad.....	122
Figura 57: Resultado de nitratos.....	122
Figura 58: Resultado de pH.....	123
Figura 59: Resultado de turbiedad.....	123
Figura 60: Factura de consumo de agua potable brindado por ETAPA EP.....	132
Figura 61: Temperaturas en la ciudad de Cuenca (°C).....	133
Figura 62: Horas luz al mes en Cuenca.....	134

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Costo Inversión Inicial.....	45
Ecuación 2: Costo por unidad de volumen.....	45
Ecuación 3: Obtención de a_0 como coeficiente de regresión.....	46
Ecuación 4: Obtención de a_1 como coeficiente de regresión.....	46

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la crisis ambiental existe un problema fundamental por subsanar; el agotamiento del recurso hídrico por el uso excesivo de energía no renovable. La explotación de los recursos energéticos, en donde todas las zonas industriales y tecnológicas tienen la necesidad de trabajar con combustibles fósiles. Estos deben ser reemplazados por alternativas que eviten que se agote el agua y suelo, (Ramos, 2017).

Es notorio el agotamiento de los recursos naturales a medida que pasa el tiempo; y así mismo su efecto en la parte hídrica. Según (Ramos, 2017), que extrae los datos de fuentes de energía y sus reservas a nivel mundial, el carbón tiene 155 años hasta su agotamiento total, los países que tienen las mayores reservas son Estados Unidos, Rusia y China. El gas natural, tiene 65,1 años más de explotación, y las principales reservas a nivel mundial son Rusia, Irán y Qatar. Por otro lado, el recurso mayor explotado, el petróleo, tiene 40,6 años más de explotación y sus principales reservas están en Arabia Saudita, Iraq y Kuwait.

En la actualidad, la problemática que existe entre la explotación de los recursos naturales con respecto a las fuentes de agua, siendo un problema cada vez más agudo, debido principalmente a la constante y progresiva contaminación de las aguas superficiales. La causa fundamental de esta situación estriba en la práctica extendida a nivel mundial de usar los ríos y las cuencas como sitios de evacuación y disolución de las aguas residuales urbanas y los vertidos industriales, (Ceuta Trace, 2015).

A partir de datos estadísticos (Franek, Koncagul, Connor, & Hunziker, 2015), detalla el gasto y contaminación del agua en nuestro planeta, pues tres de cada diez personas carecen de abastecimiento de agua, y 4.500 millones de personas no disponen de un saneamiento de agua

seguro, así mismo el 80% de las personas en el mundo que residen en las zonas rurales, usan fuentes de agua inseguras. A nivel regional, en América Latina un estimado del 89,7% al 100% de personas son afectadas por un limitado acceso a fuentes de energía y la escasez de agua en principales cuencas hídricas, principalmente debido a una mala o inexistente gestión de recursos.

Por otro lado, En Ecuador el 30% de habitantes no tienen acceso a agua potable, esta cifra es superior en la región Sierra, pues se habla que el 45,3% de las personas no tienen acceso a agua potable, este problema se ve agudizado por la contaminación a la que están sujetos los ríos debido a actividades extractivas y uso de combustibles. Normativamente en el país la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011) establece que una vivienda debe tener un suministro mínimo entre 200 a 350 litros por habitante al día, lo que facilita el despilfarro y evita una vigilancia estricta sobre el derroche del agua, (Molina, Quesada, Calle, Ortiz, & Orellana, 2018).

En la ciudad de Cuenca, al no vigilar eficazmente el derroche de agua, provoca que todos los años suban los niveles de consumo en las planillas, y esto a su vez, genera una demanda cada vez mayor sobre las fuentes hídricas que son captadas para el consumo humano, siendo implícito un riesgo para las cuencas hidrográficas por ser susceptibles de sobreexplotación, puesto que actualmente se captan tres de los cuatro principales ríos de la ciudad para el saneamiento, (Pérez & Tenze, 2018).

Al tomar en cuenta todas las problemáticas en torno al tema, se hace necesario hacer un enfoque hacia fuentes que son no convencionales de energía, puesto que reducen, eliminan el uso y quema de combustibles fósiles, (Perdomo Villamil, 2017). Entre todas las alternativas de energía renovable, la energía solar tiene muchas ventajas entre las que destacan, reducir notoriamente la emisión de gases de efecto invernadero, puesto que tanto la explotación, consumo y producción de derivados refinados se ven aminoradas, (Spiegeler & Cifuentes, 2016).

Así mismo despierta la curiosidad e interés de la juventud sobre todo en estudiantes de ingeniería o ciencias físicas, puesto que les conduce a la experimentación, construyendo un pensamiento crítico, analítico y propositivo en torno a energías limpias y gestión sostenible de recursos naturales. Por ejemplo, han encontrado usos prácticos y necesarios acorde con las necesidades actuales del mundo, como el trabajo sobre un innovador diseño y construcción de un destilador solar para producción de agua potable, (Fernández Zayas & Chargoy del Valle, 2018).

Aprovechando ello, tanto el interés del estudiantado y de la comunidad en general para implementar sistemas de energía solar, como la aplicación de tecnologías limpias para suplir una necesidad básica como el acceso a agua potable hay que incentivar la incorporación de los destiladores solares de agua, puesto que además permiten que la extracción, adquisición y uso de materiales para plantas de tratamiento de agua potable se reduzca al 100%, garantizando la sostenibilidad e independencia para una unidad familiar, (Perdomo Villamil, 2017).

El presente estudio de tesis contribuye significativamente a la mitigación de este problema y a la experimentación de un modelo sostenible para la obtención de agua apta para consumo humano. A través de este modelo experimental de un destilador solar de agua, ubicado en la ciudad de Cuenca se pretende aportar a la solución de un problema de salubridad y de derechos humanos actual mundial; cuya meta es que sea generalizado para su utilización masiva.

Dicho modelo, requiere un abordaje puntual y específico ajustado a la realidad territorial, puesto que el mismo no requiere una inversión monetaria excesiva y es práctico para la instalación en un hogar promedio; es decir, se recomienda este prototipo de destilador solar de agua para la captación, obtención y tratamiento de agua a bajo costo ya que es apta para el consumo humano.

1.1 Delimitación

La ciudad de Cuenca está ubicada en un valle interandino de la Sierra Austral ecuatoriana, es la capital de la provincia del Azuay. Su extensión territorial es de aproximadamente 8.639 km². Está ubicada en las coordenadas geográficas con una Latitud: 2°54'01" S (Latitud) y Longitud: 79°00'16" O (Longitud) a una altura promedio sobre el nivel del mar a 2500 msnm y está rodeada por cuatro ríos principales: Yanuncay, Machángara, Tomebamba, y Tarqui, (Pérez & Tenze, 2018).

La delimitación universal a la cual estuvo dirigido este trabajo de titulación fue hacia una familia conformada por cuatro personas, que habite en las zonas periféricas de la ciudad de Cuenca. Por otro lado, la delimitación del contenido de la investigación corresponde al campo de Energías Renovables y Tratamiento de Aguas, de la carrera de Ingeniería Ambiental.

MAPA DE UBICACIÓN DEL DESTILADOR SOLAR PARA OBTENCIÓN DE AGUA

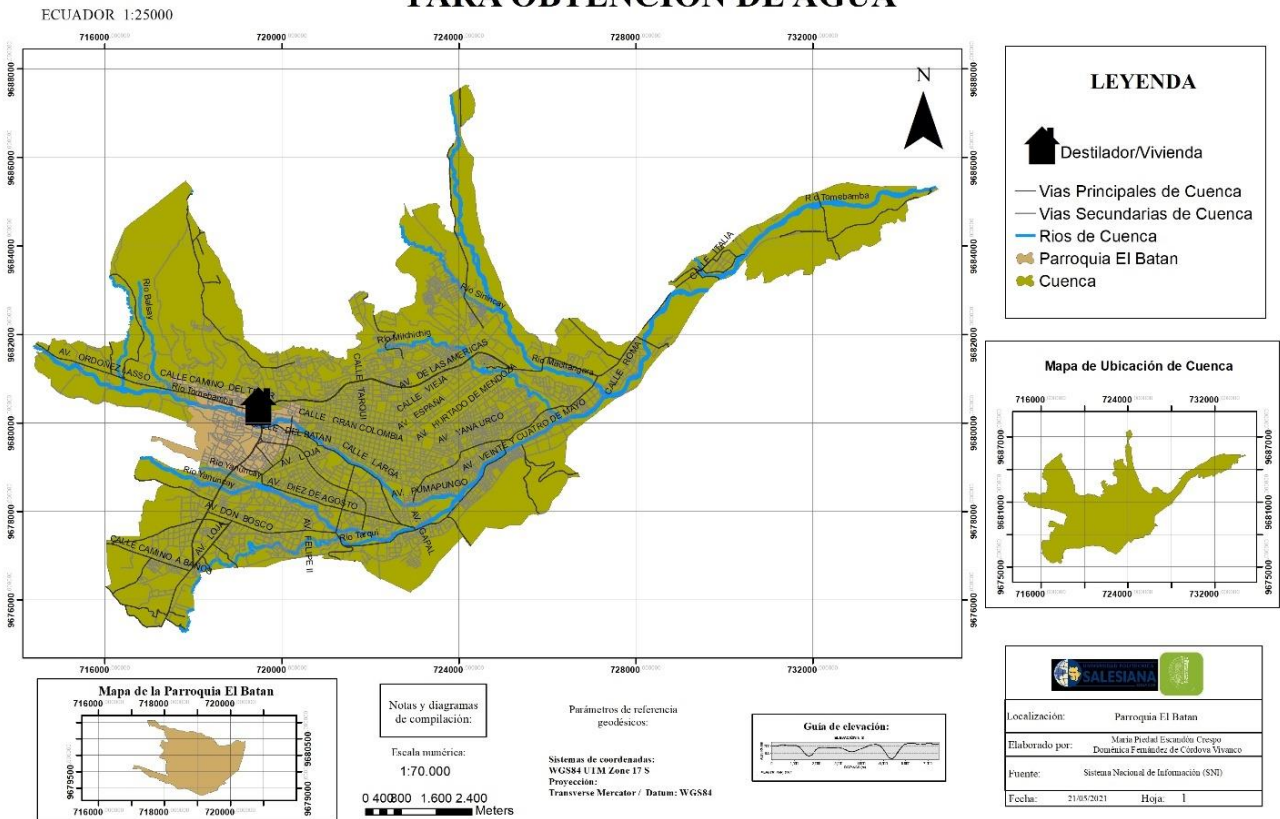


Figura 1:
Mapa de Delimitación del Destilador Solar

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en la Figura 1, el mapa de ubicación donde se puede identificar la delimitación espacial de este proyecto de titulación sobre el DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO EN UNA FAMILIA. Se lo realizó en la ciudad de Cuenca dentro de la parroquia El Batán, en una vivienda conformada por cuatro personas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Diseñar un prototipo de Destilador Solar tipo caseta para la obtención de agua apta para el consumo humano en una familia.

2.2 **Objetivos Específicos**

- Seleccionar detalladamente información sobre un prototipo de destilador solar tipo caseta de pequeña escala, destinado a una familia con 4 personas para la ciudad de Cuenca, Ecuador.
- Implantar un prototipo de destilador solar tipo caseta que recolecte agua lluvia y de ríos para que obtenga agua apta para consumo humano con una capacidad hasta 5 litros diarios.
- Analizar la viabilidad del Destilador solar de agua con óptimas características ambientales y económicas en comparación a un sistema convencional.

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Definiciones Generales

3.1.1 Introducción a energías renovables

Energía renovable es aquella obtenida por recursos naturales, técnicamente no puedan agotarse debido a una numerosa fuente energética, tienen la característica de restaurarse a través de la naturaleza. El recurso de este sistema energético engloba al Planeta Tierra con sus atributos: agua, sol y el viento; siendo frecuentemente utilizado a diario, (Spiegeler & Cifuentes, 2016).

3.1.2 Características Energías renovables

Las energías renovables se clasifican en *Convencionales*: Centrales Hidroeléctricas de gran magnitud; y *No Convencionales*: generadoras eólicas, solares, solar térmicas, fotovoltaicas, geotérmicas, mareomotrices, biomasa, pequeñas hidroeléctricas, (Spiegeler & Cifuentes, 2016).

Su avance tecnológico, conlleva la utilización de energía sostenible a nivel global. De esta manera, el progreso dio lugar al uso cotidiano de distintos tipos de energías como: solar, eólica,

fotovoltaicas, térmicas; y de producción de: biomasa, biogás, bioetanol, y biodiésel, (Ballesteros & Gallego, 2019).

El autor (López Merodio, 2019) recalca que estas energías son esenciales para la parte futurista del planeta ya que se puede garantizar que los ecosistemas perduren sin alteraciones bruscas, asimismo certifica que mejora la calidad de vida para las siguientes generaciones. Así mismo, nombra algunas ventajas, entre ellas las más importantes citadas a continuación:

1. Tienen la capacidad de no agotarse (sin límite), debido a que los componentes ambientales no tienen fecha de caducidad, y se las puede obtener de varias formas con muchos métodos y tecnologías (Diversidad de alternativas para su obtención), (López Merodio, 2019).
2. La *US Environmental Protection Agency* (EPA, 2018), en español *Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos*, establece que estas energías renovables son limpias e infalibles, ya que existe cero contaminaciones al usarlas. El compromiso de funcionamiento con estas es infinito si se compara con energías clásicas como nucleares o donde hay explotación del petróleo.
3. Fomentan el progreso positivo de las áreas en donde se instaura algunos puntos energéticos. Como ejemplo: En una ciudad donde se recibe la luz solar durante diez meses al año, puede instalarse una industria con producción a gran escala únicamente con sistemas de aprovechamiento de energía solar. A su vez, incrementa el ingreso económico local, regional y nacional por la generación de plazas de trabajo y subsecuentes mejoras en los medios de vida de las personas, (López Merodio, 2019).

3.1.3 Sol como fuente de energía

La energía solar recibe su nombre de la radiación solar, producto de la captación de los rayos del sol que contienen radiación. Es una tecnología de desinfección disponibles para todas y todos, y es apreciada como una importante herramienta en varios campos debido al inexistente uso de reactivos químicos peligrosos, (Romero-Martínez, Duque Sarango, Acevedo-Merino, & Nebot, 2019).

El solo como factor energético, tiene diversas clasificaciones, tal como es la energía solar térmica (acumulación de los rayos solares por colectores térmicos, es decir generan calor), (Perdomo Villamil, 2017). El uso de la fuente energética solar difiere respecto al punto geográfico en el que se esté implementando; por ejemplo: España tiene un porcentaje mayor al 20% de generación de electricidad proveniente de fuentes renovables y sobre todo solar, (López Merodio, 2019)

3.1.4 Captación térmica de la energía solar

Se enfoca en la energía calorífica provocada por los rayos del sol; es empleada en la zona industrial, comercial y en domicilios mediante distintos recursos tecnológicos, comprendido por: la generación de vapor, sistemas calefactorios, de refrigeración o de electricidad. Al momento de captar energía la temperatura en los colectores tiene una varía entre 45C° a temperaturas mayores de 300C° (centígrados); por ello, es sustancial tomarla asunto para su implementación en el aspecto económico y productivo, a la par se trabaje sobre la regulación de otras energías similares tradicionales que afecten al ambiente, como la termoeléctrica, producto de la quema de combustibles fósiles, (Bohorquez Colombo, 2013).

El Sol específicamente, tiene un flujo energético que es brillante con 3.8×10^{26} Watts, esto es igual a una densidad de 62,5 Mega-Watts por cada metro cuadrado de espacio del sol, (García, 2019).

La utilización de energía solar en un sistema permite que se progrese en diseños funcionales de sistemas que eviten la incineración de combustibles fósiles. Por ejemplo, Perú cuenta con altos niveles de irradiancia la mayoría de los días anualmente, es por ello, que ha trabajado en la implementación de sistemas energéticos solares que varían desde instalaciones a bajas escalas hasta macro instalaciones; esto en la matriz energética de cualquier sistema es una opción favorable, (Chira Rodríguez, Alonso; Cárdenas Correa, César; Ma San Gómez, Fernando; Seminario Gastelo, Javier; Luna Seminario, Victor, 2020).

3.1.5 Radiación Solar

Es aquella radiación electromagnética emitida por el sol y difundida por el espacio interplanetario del sistema solar, (Silva Vidal, 2015). Esta radiación es una consecuencia de las reacciones nucleares de fusión (dos núcleos de átomos ligeros, en general el hidrógeno y sus isótopos (deuterio y tritio), que se unen para formar otro núcleo más pesado, generalmente liberando partículas en el proceso) que se producen en el núcleo solar, (Benavides Ballesteros, 2018).

Es trascendental tener conocimiento sobre cómo actúa la radiación solar, ya que depende de la posición solar y del planeta. Por ello, la física establece que depende de factores como la atmósfera terrestre con constantes y factores de aleatoriedad, incluyendo irradiación e irradiancia, (Pérez Peláez, 2019).

3.2 Conceptos Específicos

3.2.1 El agua

Es considerado un derecho fundamental para todos los seres vivos que habitan en la Tierra. Por añadidura, se debe recalcar que el 97% del agua en la Tierra es de composición de sal y el resto con un 3% es de agua dulce. Del agua dulce, el 30% pertenece al rango subterráneo, el 68% es parte de las capas de glaciación y de nieve, y por último el 2% está en la superficie con lagos, ríos, estanques, etc., (Gómez Duarte, 2018).

La importancia del recurso hídrico radica en la relación con los cambios climáticos, meteorológicos y los procesos de precipitación, evaporación que se presentan a corto y largo plazo, (Duque-Sarango, Patiño, & López, 2019).

3.2.2 Aguas superficiales

“2.9 Agua superficial: es la masa o cuerpo de agua que se encuentran sobre la superficie de la tierra.” (TULSMA- LIBRO VI, 2015).

Las aguas superficiales están ubicadas sobre la capa de suelo que tiene el planeta, puede estar de manera estática o en movimiento con diversas formas y son naturales o artificiales. Este tipo de agua es debido a las precipitaciones, no infiltran ni van de regreso hacia la capa atmosférica evaporándose, son consecuentes de manantiales o son originarias de aguas por debajo de la tierra y fluyen constantemente como los ríos, o pueden ser que algunos casos no tengan movimiento alguno como los estanques, lagos o lagunas, (Alfaro Arrieta, 2019).

En 2006 según la Comisión Nacional del Agua, que monitoreaba las aguas superficiales, el 26% de ríos, lagos y embalses tenían óptimas características, pero su diferencia con el 74% tenían niveles variados de contaminantes, (Ibarrarán, Mendoza, Pastrana, & Manzanilla, 2017). La calidad de las aguas superficiales junto con la disponibilidad en los distintos países es importante

para el progreso y por ello las medidas legales deben ser estrictas para su cuidado. Su calidad difiere entre el espacio y el tiempo, de acuerdo con los debidos procesos de su forma, de la hidrología, química, biología, y de sedimentos naturales. La pérdida de aguas superficiales amenaza a los servicios ecosistémicos, ambientales, sociales y económicos que las cuencas hidrográficas brindan, (Alfaro Arrieta, 2019).

3.2.3 Agua Lluvia

El agua lluvia es parte de la dinámica superficial, donde el agua que ha sido condensada baja con un flujo veloz a vertientes, (Forero Buitrago, Ramírez Barreto, & Ramírez Feo, 2020).

La lluvia es un sistema natural de aseo, se la utiliza en varias acciones que no son necesarias como lo es el consumo humano, a pesar de que esta puede ser una opción correcta y enérgica para reducir el 40% de consumo de agua en una familia. De acuerdo con eso, es relevante que se capte y almacene para fines domésticos como lo sugiere (Torres Hugues, 2019).

3.2.3.1 *Microcaptación del Agua Lluvia*

Se basa en la recolección de agua lluvia proveniente de una escorrentía superficial directamente en campo, en especial destinado a las áreas que no tienen pendiente, la permeabilidad es baja, y no tiene suficiente vegetación, el objetivo es acrecentar infiltración y utilidad de un sistema cualquiera, (Rojas Arias, 2020).

3.2.4 Agua Río

El río puede recibir el recurso agua por medio de las precipitaciones, es decir, la humedad que se produce en la atmosfera que cae y forma causas en la superficie terrestre, (Campoblanco & Gomero, 2000).

Se caracteriza por tener agua dulce y en algunos casos posee cantidades mínimas de salinidad, contiene sólidos, materia orgánica y algas en suspensión, no siendo apta para servicios industriales, (Galvín Marín, 2015).

3.2.5 Agua Potable

Se considera agua potable a aquella agua que se utiliza con fines domésticos y de higiene personal, (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2021), además, se puede agregar que sus características físicas, químicas y microbiológicas han sido procesadas para que ser aptas al consumo humano, (Secretaría del Agua, 2016).

En el agua potable se presentan sustancias químicas que están sujetas a diversos factores, tales como: la fuente de agua, el método con el que se le da un tratamiento y los sistemas de repartición. Adicionalmente, el agua puede influir de manera significativa en el sabor de alimentos y bebidas, (Torres Silva , Tapia Calvopiña, Goetschel Gomez, & Pazmiño Salazar, 2020).

3.2.6 Agua Cruda

Conocida también como agua bruta, no es segura para consumo humano debido a que no ha tenido tratamiento alguno, es decir, no se han modificado sus características físicas, químicas y microbiológicas. Se puede presentar en diversas aguas superficiales como ríos, lagos, entre otros, o en aguas subterráneas, (Perez, Delgado, Escobar, Cruz, & Torres , 2018).

Esta agua debe ser procesada antes de considerarla como agua potable para reducir los riesgos que puede acarrear su consumo para la salud de las personas, (Idrovo, 2010).

3.2.7 Agua Destilada

Posee la misma composición que cualquier tipo de agua, con la excepción de ha pasado por un proceso de purificación, en el cual se ha eliminado impurezas, microorganismos y demás agentes. Las formas de obtención del agua destilada pueden ser de manera natural, por medio del ciclo del agua o mediante la destilación en laboratorio, (Rojas, 2015). Esta también es conocida como agua potable o apta para el consumo humano.

El agua destilada compendie de diferentes sistemas, como el destilador solar, con un rango de temperaturas producidas, entre 26 a 30°C, (Guerrero Cornejo & Pisco Demera, 2020). De acuerdo con el nivel de destilación, algunas de las características ordinarias del agua, como su conducción eléctrica, se ven reducidas al pasar por el proceso de destilación, esto se debe a que se eliminan los iones metálicos que se encuentran disueltos en ella; y es por esa razón, el ser aislante, (Vanegas Chaverra, 2020).

3.2.8 Normas de Calidad del Agua

Una norma de calidad son reglas o características que debe cumplir un recurso para garantizar la calidad de este, (Navas, Ortega , & Sanchez, 2017). De igual manera permite la interpretación y comparación del agua con respecto a otra, (TULSMA, 2017).

Existen diversos procesos donde analizan y estudian la calidad del agua, para ello se puede determinar con valores de las propiedades del agua. De manera específica, se debe calcular índices de calidad que combinen de manera matemática el conjunto entero de estas medidas, (Quiroz Fernández, Izquierdo Kulich, & Menéndez Gutiérrez, 2017).

3.2.9 Impurezas de agua: contaminación del agua

El agua de consumo humano cada vez concentra más niveles de contaminantes, lo que levanta una alerta de peligro a causa de las actividades contaminantes que la humanidad ha realizado, reduciendo a la par, notablemente, los recursos hídricos debido al calentamiento global subsecuente, (Montalvan-Ochoa, Robles-Bykbaev, Duque-Sarango, & González-Arias, 2020).

La Organización Mundial de la Salud, menciona que, a partir del 2015 el 89% de los seres humanos tienen acceso a agua potable y conforme pase el tiempo es una cantidad que va a bajar, según los estudios para más de 200 millones de personas es una dificultad muy grave ya que carecen de agua limpia, (Gómez Duarte, 2018).

La riqueza de las aguas superficiales ha brindado suficiente potencial, para poder coexistir con todos los seres vivos y el desarrollo de los seres humanos. No obstante, los ríos, sobre todo, están siendo deteriorados en su calidad por los vertidos que existe en los asentamientos humanos, en la parte industrial, la agricultura, la ganadería, especialmente mataderos, y diversos lixiviados, (Quiroz Fernández, Izquierdo Kulich, & Menéndez Gutiérrez, 2017); (Duque-Sarango & Chinchay Rojas, 2008).

3.2.10 Sistema de tratamiento de agua potable tipo convencional

Los sistemas de tipo convencional eliminan la turbidez, microorganismos, olor, color, y ciertos aspectos de donde provenga el agua cruda, mediante procesos de sedimentación, floculación, filtración, etc. Deben estar diseñados según el estudio de agua y con un sistema que incluya etapas de coagulación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, clarificación, filtrado y desinfección. Contenidas estas dentro de un tanque de acero o fibra de vidrio, (Aldana Tique & Pérez Rojas, 2017).

3.2.11 Sistema de obtención de agua potable No Convencional

El tratamiento no convencional de agua potable involucra tecnologías para poblaciones de media o pequeña cantidad, y que se adaptan con gran facilidad en el ambiente. Presenta valores bajos de costos al momento de implantar y explotar el área, en comparación a los tratamientos convencionales, (Salas Rodríguez, Pidre Bocado, & Fernández, 2016).

3.2.12 Muestra

Es importante el debido monitoreo de los compuestos que estén dentro del agua ya que existe una alta cantidad de patógenos que se dan desde las fuentes de abastecimientos, los métodos para las concentraciones y el estudio de ellos, (Rios Tabón, Agudelo Cadavid, & Gutiérrez Builes, 2017).

En consecuencia, definir a una muestra para poder determinar los diferentes organismos presentes es importante; y de hecho (Barreto Sáenz & Espinoza López, 2019) lo expresan así: "Una muestra es una porción de una matriz ambiental o de fuente que se selecciona de acuerdo con un procedimiento prescrito según el caso, para determinar las características de la matriz".

Posteriormente lo clasifica en muestra simple la que se recoge en un espacio y tiempo determinado, donde indica las características específicas que fue recolectado; y, muestra compuesta, la muestra que mezcla las muestras simples que fueron tomadas en la misma zona en un específico intervalo de tiempo. Por último, muestra integrada es la muestra puntual en diferentes lados pero que sean provenientes de la misma área, (Barreto Sáenz & Espinoza López, 2019).

3.2.13 Muestreo

Es fundamental para determinar el cumplimiento de cualquier objetivo planteado, ya sea por análisis fisicoquímico o microbiológico. Determina qué tipo de componentes se requiere y sus condiciones, (Viloria Avila, y otros, 2020). Es el primer procedimiento para analizar la calidad de una fuente de agua, y procede de la siguiente manera, conducir la muestra al laboratorio y verificar los resultados, (Mendoza, Rosas, Zamar, & Nickisch, 2011).

Por lo tanto, el muestreo es el proceso en donde una sustancia es tomada, ya sea por material o producto para brindar un estudio de ensayo o calibrar una muestra, (Barreto Sáenz & Espinoza López, 2019).

3.2.14 Bacterias en el agua

Considerados microorganismos unicelulares, los cuales se reproducen por fisión binaria. El crecimiento microbiano, a partir de los nutrientes, permite a cada microorganismo sintetizar sus biomoléculas y así obtener energía, para que se lleve a cabo sus ciclos vitales depende de la disponibilidad de agua, (Apella & Araujo, 2018).

Cuando el agua presenta microorganismos como las bacterias, esto se debe de manera directa o indirecta a cambios que ocurren en el ambiente o por la actividad antropogénica, (Rios Tabón, Agudelo Cadavid, & Gutiérrez Builes, 2017).

3.2.14.1 Bacterias Coliformes

Pertencen a un grupo de bacterias que se encuentran en plantas, suelo, animales y en los seres humanos. Determina el nivel de contaminación que puede tener el elemento agua, y estas están ubicadas con mayor facilidad las aguas superficiales, (Ramos Ortega, Vidal, Vilaridy, & Saavedra Díaz, 2008). Son una familia bacteriana que no está conformada por taxonomía, pero su característica es que son anaerobias gramnegativas, que no poseen esporas, y pueden fermentar lactosa, (Rossel Benerdo, Rossel Benerdo, Mayhua, Ferro Gonzales, & Zapana Quispe, 2020).

La Coliforme más común es la *Escherichia Coli* (*E. coli*), y está presente en la naturaleza siendo una bacteria que tiende a transmitirse en la industria alimenticia y en el agua potable, (Rossel Benerdo, Rossel Benerdo, Mayhua, Ferro Gonzales, & Zapana Quispe, 2020).

Taxonomía:

Dominio: Bacteria

Filo: Proteobacteria

Clase: Gammaproteobacteria

Orden: Enterobacterales

Familia: Enterobacteriaceae

Género: *Escherichia*

Especie: *E. coli*

(Ramos Ortega, Vidal, Vilaridy, & Saavedra Díaz, 2008).

3.2.15 Método Compact Dry EC para detección de *E. coli*

La técnica de detección de bacterias *E. coli* por placas *Compact Dry EC* es analítica, simple y con seguridad de determinar y cuantificar los microorganismos requeridos. Consiste en una placa Petri cuyo material es de plástico con un medio deshidratado desvanecido automáticamente. La muestra es incorporada en el disco directamente y se difumina alrededor de la placa Petri (Ramírez Mejía, 2017).

El Compact Dry, al estar aprobado por el Comité de métodos microbiológicos MicroVal¹, al igual que en la normativa ISO 16140 de "Microbiología de alimentos y piensos- Validación de Métodos", es un método certificado internacionalmente. Es reconocida y manejada globalmente por distintas organizaciones dentro del método estandarizado, debido a estas características este método es el escogido conforme lo establecido en la norma INEN 1108. Presenta varias ventajas como: ser utilizada en cualquier lugar, tener un largo tiempo de vida (utilidad) hasta su caducidad, tener un volumen menor en comparación a otros métodos similares, y ser de fácil lectura, (Microplanet Laboratorios, SL, 2019).

Su manejo no es complejo y los laboratorios al momento de analizar y estudiar el agua, implementan esta técnica para conocer si el agua que está siendo considerada como apta para el consumo humano, sea óptima y que los protocolos de potabilización sean eficaces para que eliminen patógenos contaminantes. Las placas cromogénicas Compact Dry EC han sido elaboradas por la farmacéutica *Nissui Pharmaceutical Co. Ltd.* Bajo normas ISO 9001² e ISO 13485³, (Ramírez Mejía, 2017).

¹ MicroVal es una organización internacional de certificación para la validación y aprobación de métodos alternativos de análisis microbiológicos de comida y bebidas.

² ISO 9001 es norma internacional de Sistemas de Gestión de Calidad.

³ ISO 13485 es norma internacional de Productos Sanitarios.

Dentro de los discos de plástico contiene dos tipos de sustratos de enzimas cromogénicas que desarrollan rojo o rosado para coliformes (*Enterobacter aerogenes* aparecen de color rojo-rosa patógenos, anaerobios oportunistas que requieren poco oxígeno y se las encuentra en plantas y suelo, (Lopardo, Predari, & Vay, 2016) y *Pseudomona aeruginosa* crece de color blanco-crema, bacteria aerobia y que produce pigmentos, se la encuentra en aguas residuales y en la vegetación, (Bodí & Garnacho, 2016) y azul para *E. coli*. Su componente principal son las enzimas Magenta-GAL y X-Gluc, se lo mantiene en un cuarto con temperatura de 1 a 30°C, su caducidad es 18 meses después de la fecha de elaboración, (Nissui Pharmaceutical CO., LTD, 2021).

3.2.16 Color del Agua

Se debe, principalmente, a moléculas orgánicas complejas, tal es el caso de iones metálicos naturales, humus o materia orgánica disuelta, por lo tanto, el color en el agua es diferente dependiendo de la presencia o ausencia de elementos que se encuentren en ella, (Martínez & Osorio, 2018).

Para (Sierra Ramírez, 2011) el color del agua, al estar ligada de alguna manera con la turbiedad, se considera un parámetro independiente. Este parámetro se clasifica en color aparente y color verdadero.

3.2.17 Conductividad

Es la capacidad que tiene una solución para poder transferir y/o transportar corriente eléctrica, (Solís Castro, Zúñiga Zúñiga, & Mora Alvarado, 2018). Además, ayuda a saber cual es la concentración de sales disueltas (diferente para cada especie) que se encuentran en el agua, (Genera Barreto & Mora Gómez, 2017). Cabe recalcar que depende fundamentalmente de la temperatura, del tiempo de disolución, pH, y en menor medida de otros factores, (Pérez López, 2016).

La conductividad es directamente proporcional a la función de la solución en conducir electricidad. Por consiguiente, cuanto más grande sea su valor más grande es la capacidad del agua para transmitir electrones, (Garcia Blanes, 2020).

3.2.18 pH del agua

El pH, es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución, (DUQUE SARANGO, 2012). El pH permite saber la concentración de iones de hidrogeno en el agua, (Vásquez Contreras & Rojas Pérez , 2016). Determina cuando una disolución es acida o básica, siendo pH acido cuando los iones de hidrogeno se presentan con un rango de 0 a 7, y un pH básico el rango va de 7 a 14, (Gonzales Bedoya, 2015).

De acuerdo con (Calderón López & Orellana Yáñez, 2015) en la naturaleza la mayoría del recurso hídrico presen a un pH alcalino entre 4 a 9, debido a que poseen carbonatos y bicarbonatos.

3.2.19 Turbiedad

También conocida como turbidez, mide el grado donde el agua pierde la transparencia, sea por la presencia de partículas en suspensión o por dispersión coloidal, (Hernández González, 2015).

Para poder determinar la turbiedad del agua se lo hace por medio del turbidímetro, sistema el cual, hace una lectura de la luz que pasa a través del agua a 90 grados, (Villanueva Montealegre & Avila Rojas, 2019). Este parámetro puede ser originado por materiales en suspensión, los mismos que varían en el tamaño, (Santillán Gutierrez, 2020).

3.2.20 Nitratos

Se caracteriza por ser solubles y están conformados por átomos de nitrógeno y oxígeno. Pueden ser formados por la oxidación del nitrito que se encuentra en el ambiente y que se convierte fácilmente en nitrato, es por esta razón que el nitrato no se encuentra en aguas subterránea. Los

nitratos son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, (Bolaños Alfaro, Cordero Castro, & Segura Araya, 2017).

De acuerdo con (Harvey & Camacho , 2020) los nitratos son como óxidos de nitrógeno, estos se encuentran en todos los seres humanos y sirven como nutrientes para las plantas. Los nitratos se originan por medio de la disolución de rocas y minerales, asimismo de la descomposición de materia vegetal y animal, (Hernández González, 2015).

3.2.21 Precipitación

Los organismos vivos están sujetos a este fenómeno como fuente de agua dulce, por ende, es esencial para la supervivencia de las especies que requieren agua para vivir, (Sucozhañay Calle, 2015).

Para (Rivas Cárdenas, 2018) la precipitación ocurre sobre cualquier agua recogida sobre la superficie terrestre, incluyendo lluvia, nieve y granizo. Para que se realizase este proceso se necesita que se produzca la condensación del vapor de agua atmosférico.

3.2.22 Proceso de Transferencia de calor

Se definen como el intercambio de energía en forma de calor con diversos cuerpos a una diferente temperatura, (Colunga Mendoza, Olguin Granados, & Varela Tovar, 2020). Existen tres procesos (Conducción, Convección, y Radiación) que permiten que se dé la transferencia de calor, estos se pueden dar de manera simultánea, es decir, uno de ellos influye sobre los otros debido a que uno tiene mayor temperatura en comparación con los otros procesos, (Yunus & Afshin , 2011).

3.2.23 Evaporación

Consiste en que el agua superficial cambie de estado líquido (agua) a gaseoso (vapor de agua), (Vera & Camilloni, 2018). Se puede medirse en forma directa a partir de pequeñas zonas de agua

naturales o artificiales o por medio de evaporímetros o lisímetros, (Valle Mendoza & Méndez Suazo, 2015).

La evaporación se genera al momento de que las moléculas de agua están en movimiento, estas al estar en la superficie del líquido van a aumentar su temperatura por causa de la radiación solar y la velocidad de vibración, como resultado aumenta la energía cinética hasta ocasionar que las moléculas pasen la interfase liquido/gas y de esta forma se origine vapor de agua, (Rojas, 2015).

3.2.24 Condensación

Se conoce como el cambio de estado gaseoso a líquido, este proceso se caracteriza por la presión y la temperatura, (González Cobo, 2020). Este fenómeno ocurre en la atmosfera y se da cuando el aire que se encuentra caliente que asciende, se enfría y su capacidad de almacenar vapor de agua disminuye y, por lo tanto, el vapor de agua contenido en las nubes cae, (Pinzón, 2018).

En el transcurso que se genera este proceso se libera energía en forma de calor, conocida como calor latente de condensación, en el cual la energía se añade o se retira sin presenciar variación de temperatura, (Díaz Gutiérrez, 2021).

3.2.25 Destilación

Se basa en purificar mezclas de sus impurezas no volátiles, a diferentes presiones o puntos de ebullición, es decir, mientras más distinto son estos entre las sustancias, mayor va a ser efectividad de la destilación, (Grande Verdugo & Ortiz Blanco, 2019). Permite la desinfección microbiológica del agua, y que después de pasar por el proceso sea apta para el consumo humano, (Alban Ulloa, 2015).

El método de destilación se lo puede evidenciar de manera natural, por medio del ciclo del agua. También se obtiene en el laboratorio desde destiladores básicos hasta tecnologías avanzadas, (Benavides Ortiz, 2020). Dicho proceso se encarga de la separación de los sólidos que se disuelven

tanto en estado líquido como en gaseoso a través de la evaporización y condensación; se consigue por medio del cambio entre las temperaturas de ebullición, (Luque Di Ruggerio & Romero, 2017).

3.2.26 Destilador solar

Es un equipo que funciona de manera sencilla, por medio de la evaporación natural que se da a partir de la energía del sol, permitiendo obtener un líquido sin contaminación e impurezas. Este destilador permite que se elimine cualquier tipo de microorganismo e impurezas de los líquidos que condense, (Cubecino, 2019).

3.2.26.1 *Destilador Solar tipo Caseta*

Este tipo de destilador puede ser de forma rectangular, cónica cuyas paredes tienen una pendiente suficiente para permitir el deslizamiento de las gotas de agua y una profundidad adecuada para su uso casero, (Intriago Basurto & Zambrano Solórzano, 2017). El funcionamiento se basa en que el calor del sol se transmite por medio de la cubierta del destilador, elevando la temperatura y evaporando el agua contenida en la humedad ambiental, por lo que la humedad por el calor se condensa formando gotas, esas gotas se acumulan y se deslizan hacia el interior de la cubierta, obteniendo de esta manera agua destilada apta para el uso humano, (Flores Valencia , 2021).

4 MARCO LEGAL

4.1 Constitución de la Republica del Ecuador

“**Art. 12.-** la Constitución de la República del Ecuador dispone que el agua es un derecho humano fundamental e irrenunciable, que constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y que por lo tanto es esencial para la vida.” (Constitución de la República del Ecuador, Art. 12, 2008).

“**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés

público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.” (Constitución de la República del Ecuador, Art. 14, 2008).

Con respecto a el destino de los recursos: Del uso u orden de prelación en el destino de recursos hídricos, de los artículos 318 y 411, manifiesta que los recursos hídricos se destinan a consumo humano, riego, caudales ecológicos y actividades productivas para mantener la sostenibilidad de ecosistemas, (Constitución de la República del Ecuador, 2008):

“**Art. 411.** - El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.” (Constitución de la República del Ecuador, Art. 411, 2008).

4.2 **Tratados y Convenios Internacionales**

4.2.1 Estándares de calidad del agua de la OMS y de la UE

“La Unión Europea elaboró la Directiva 98/83/EC acerca de la calidad del agua para el consumo humano, adoptada por el Consejo el 3 de noviembre de 1998. Esta fue elaborada mediante la revisión de los valores de los parámetros de la antigua Directiva del Agua Potable de 1980, y haciéndolos más estrictos en los casos en que fue necesario de acuerdo con los últimos conocimientos científicos disponibles (directrices de la OMS y del Comité Científico de Toxicología y Ecotoxicología). Esta nueva Directiva proporciona una base sólida tanto para los consumidores en la UE como para los proveedores de agua potable”, (Lenntech, 1998).

Los estándares europeos son más recientes (1998), completos y estrictos que los estándares de la OMS (1993). A continuación, puede ver una tabla comparativa de los estándares de la OMS y europeos:

Tabla 1:
Comparación entre los estándares de la OMS y la UE

	Estándares de la OMS	Estándares europeos
	1993	1998
Sólidos suspendidos	No hay directriz	No se menciona
DQO	No hay directriz	No se menciona
DBO	No hay directriz	No se menciona
Oxidabilidad		5,0 mg/l O ₂
Grasas/aceites	No hay directriz	No se menciona
Turbidez	No hay directriz ⁽¹⁾	No se menciona
pH	No hay directriz ⁽²⁾	No se menciona
Conductividad	250 microS/cm	250 microS/cm
Color	No hay directriz ⁽³⁾	No se menciona
Oxígeno disuelto	No hay directriz ⁽⁴⁾	No se menciona

Fuente: (Lenntech, 1998).

4.3 Leyes Orgánicas y Ordinarias

4.3.1 Código Orgánico del Ambiente

“**Art. 30.** (Literal 7)- Adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.” (COA, Art. 30, 2017).

“**Art. 209.-**Muestreo. La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos. Los análisis se realizarán en laboratorios públicos o privados de las universidades o institutos de educación superior acreditados por la entidad nacional de

acreditación. En el caso que en el país no existan laboratorios acreditados, la entidad nacional podrá reconocer o designar laboratorios, y en última instancia, se podrá realizar con los que estén acreditados a nivel internacional.” (COA, Art. 209, 2017).

4.3.2 Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

Libro VI

Anexo I: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua

“**5.1.1.2** Esta Norma aplica a la selección de aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, para lo cual se deberán cumplir con los criterios indicados en la TABLA 1.” (TULSMA Libro VI- Anexo I, 2015).

Tabla 2:

Criterios de Calidad de Aguas para Consumo Humano y Doméstico por Tratamiento Convencional

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Fluoruro	F ⁻	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

Fuente: (TULSMA Libro VI- Anexo I, 2015).

“5.1.2 Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios. 5.1.2.1 Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos...” (TULSMA Libro VI- Anexo I, 2015). Observar a continuación la tabla detallada sobre los límites permisibles.

“5.1.2.4 Además de los parámetros indicados dentro de esta norma, se tendrán en cuenta los siguientes criterios: La turbiedad de las aguas debe ser considerada de acuerdo con los siguientes límites: a) Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica);” (TULSMA Libro VI- Anexo I, 2015).

Tabla 3:

Criterios de Calidad Admisibles para preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS				
PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio ⁽¹⁾	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total ⁽²⁾	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles ⁽³⁾		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1

Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/l	0,2	
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO ₅	DBO ₅	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condicion natural	-
⁽¹⁾ Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l				
⁽²⁾ Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce				
⁽³⁾ Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 ug/l				

Fuente: (TULSMA Libro VI- Anexo I, 2015).

“5.2.4 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce. 5.2.4.6 En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la TABLA 9 de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, con el aval de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios.” (TULSMA Libro VI- Anexo I, 2015).

Tabla 4:
Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce

TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Fuente: (TULSMA Libro VI- Anexo I, 2015).

4.3.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

“**Art.71.-** Derechos colectivos sobre el agua. Las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, pueblo afroecuatoriano y montubio desde su propia cosmovisión, gozan de los siguientes derechos colectivos sobre el agua: (Literal e) Salvar y difundir sus conocimientos colectivos, ciencias, tecnologías y saberes ancestrales sobre el agua.” (LORHA, Art. 71, 2014).

4.4 **Normativas Técnicas**

4.4.1.1 *NTE INEN 1108: Agua potable. Requisitos*

7. MÉTODOS DE ENSAYO

“**7.1** Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso de que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.” (NTE INEN 1108. Literal: 7., 2014).

4.4.1.2 *NTE INEN 2169: Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*

4. INSPECCIÓN

“**4.1 Muestreo** - 4.1.1 Llenado del recipiente - 4.1.1.1 En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).” (NTE INEN 2169:2013. Literal 4, 2013).

5. ROTULADO

“**5.1** Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error.” (NTE INEN 2169:2013. Literal 5, 2013).

Se debe verificar las técnicas generales dentro de esta normativa: TABLA 1. Técnicas generales para la conservación de muestras - análisis fisicoquímico. Donde determina los parámetros por analizar, el tipo de recipiente, el volumen típico en ml, la técnica de preservación de la muestra, el tiempo máximo recomendado para análisis, comentarios y método de ensayo NTE INEN, (NTE INEN 2169:2013. Literal 5, 2013). (Ver Anexo 1)

5 MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un diagrama de flujo con la metodología aplicada para el desarrollo de la investigación a continuación, se detalló por cada objetivo planteado.

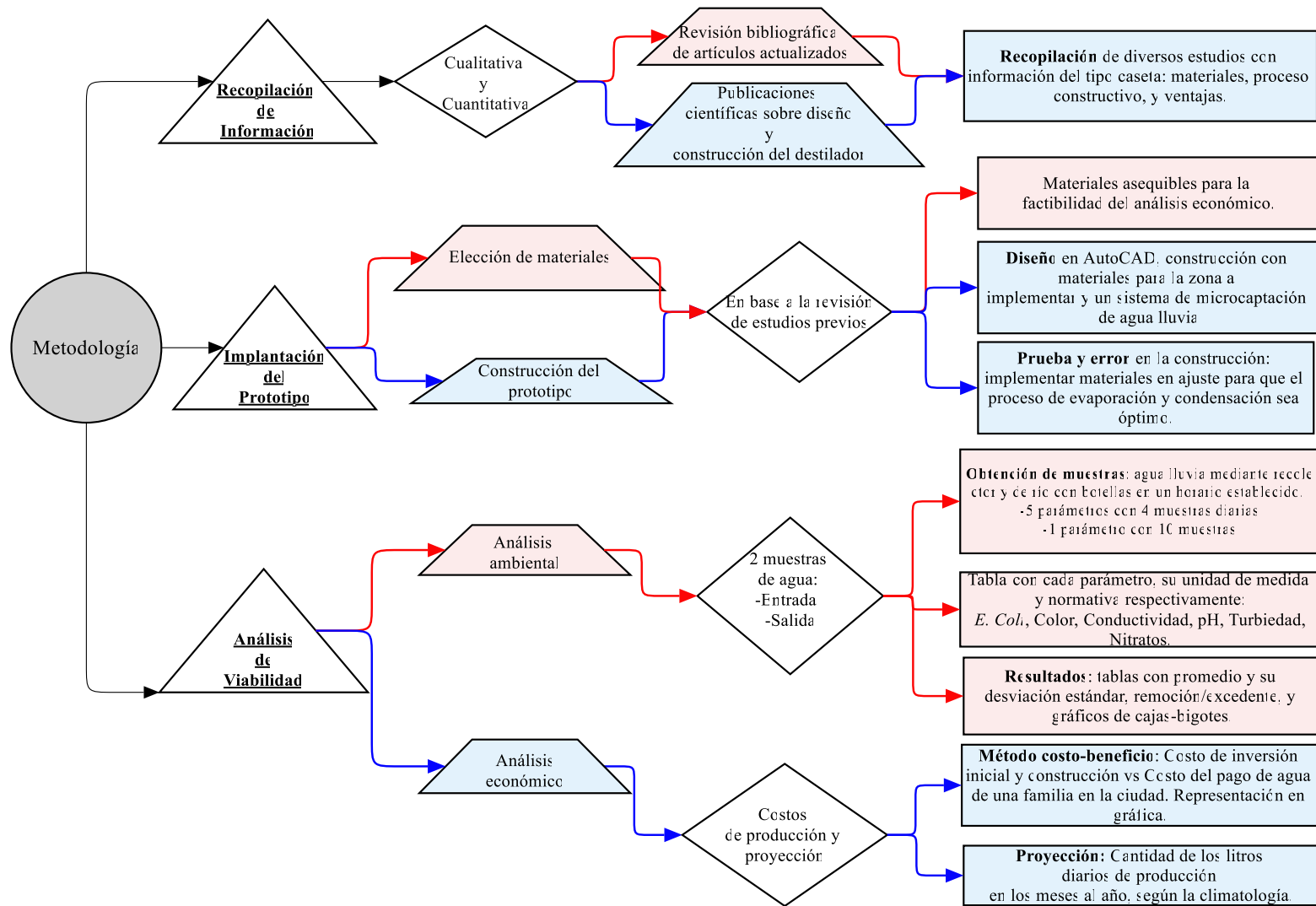


Figura 2:
Diagrama de flujo de la metodología

Fuente: Elaboración Propia.

5.1 **Recopilación de Información**

La metodología de recopilación de información ha sido de manera cualitativa y cuantitativa; con una revisión descriptiva de artículos científicos actualizados. La estrategia de búsqueda del destilador tipo caseta fue mediante la elección de autores que se basan en revisión acorde al tema propuesto, (Vera Carrasco, 2019).

En consecuencia, se ha hecho una previa revisión bibliográfica en revistas científicas, libros, o expertos en la materia con información relacionada a diseño y construcción de destiladores solares funcionales, sencillos, enfocados en materiales de bajo costo, (García Jiménez, 2020). Para poder aplicar un destilador solar de agua se ha tomado en cuenta las condiciones climatológicas de la zona a implementar. Ha sido importante verificar que sus ventajas sean mayores a cualquier sistema solar, (Guerrero Cornejo & Pisco Demera, 2020).

5.2 **Implantación del Prototipo**

5.2.1 Elección de materiales y partes del destilador solar

Por medio de una búsqueda intensiva en bibliografía científica y temática acorde al tema, se ha elegido a los materiales para construir este prototipo de manera que le permita ser apto para la zona donde se implementó. Dichos materiales se pensaron en función de un estudio de mercado de construcción disponible para la zona, que permitan un precio de construcción exequible, para su aplicación en una familia.

5.2.2 Construcción del prototipo

El diseño se implementó mediante la revisión técnica y experimental de la bibliografía pertinente, realizando los bocetos y diseño final en el software AutoCAD. Se detallaron las medidas adoptadas al método cualitativo y cuantitativo de otros autores que han diseñado y analizado su factibilidad. Por ello, con esa información previa se escogió el diseño óptimo para la

zona donde se lo implementó. Las medidas de diseño escogidas fueron en base a una comparación exhaustiva de diversos estudios, escogiendo aquella que permita una réplica adaptada a las necesidades locales de la que propone el autor escogido, (Tabuada, 2015).

5.2.2.1 Recolector de Agua Lluvia

En lo referente a la captación de agua lluvia, se implementó un sistema de microcaptación in-situ, (Vargas Pineda, González García, & Trujillo González, 2018). Esta técnica, se elaboró con 5 botellas huecas de plástico con una capacidad de almacenaje de 3 litros cada una, unidas en pila mediante silicón caliente, desarrollando así una especie de recipiente tubular (ver Anexo 2), que se encargue de recolectar el agua diariamente.

Posteriormente, las muestras se colocaron en refrigeración para analizar su potencial de cosecha. Según la metodología de (Salazar Salas, 2019), esta técnica de microcaptación; la cual está basada en un sistema donde el agua es captada en el pico de la botella, luego se filtra en una malla, posteriormente es conducida y finalmente se almacena en la parte inferior.

5.3 Análisis de Viabilidad

5.3.1 Análisis Ambiental

Para establecer la metodología de la viabilidad ambiental, se comparó dos muestras de agua en el laboratorio, con un procedimiento de muestreo en base a lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013. La primera muestra de agua fue la que ingresó previo al tratamiento (agua lluvia y río), la segunda es un patrón de agua apta para consumo humano, determinado de esta forma la eficiencia del destilador, (García Jiménez, 2020).

5.3.1.1 Toma de muestras de agua

Funcionamiento:

Para el funcionamiento del equipo se tomó las muestras del recurso hídrico en el Río Tomebamba, se extrajo mediante botellas de plástico con capacidad de 3,8 litros. Con el fin de recolectar alrededor de 40 litros que caben en el destilador.

A través del sistema de microcaptación de agua lluvia se tomó una cantidad aproximada de 3 a 4 litros. Para estas muestras, se obtuvo según el pronóstico del clima los días de lluvia abundante para retener la mayor cantidad de agua posible durante el tiempo determinado.

Se llevó lo cosechado al lugar de implantación y se colocó inmediatamente las muestras de agua con 44 litros aproximadamente en el tanque de entrada, abriendo la válvula para permitir el ingreso a la bandeja del prototipo. De modo que las muestras de entrada fueron una mezcla entre el agua lluvia y de río, las mismas que ingresaron al debido tratamiento en el destilador como lo recomienda, (García Jiménez, 2020). Se esperó una semana para extraer muestras de salida para el análisis de laboratorio.

Laboratorio:

Mediante la búsqueda de información se ha logrado determinar el análisis físico, químico y microbiológicos del agua del río y de lluvia de Cuenca. Los parámetros microbiológicos: coliformes E. coli por placas Compact Dry y parámetros para el agua potable: nitratos, color, turbiedad, olor, conductividad, pH, (Alban Ulloa, 2015). Fue transcrito en un formato de tabla según el método de Alban, 2015 para representar resultados.

Tabla 5:*Tabla metodológica para hoja de laboratorio de análisis del agua previa y posterior*

Parámetro:								
Semana	S1		S2		S3		S4	
Muestra	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
M1								
R1								
M2								
R2								
M3								

Fuente: *(Alban Ulloa, 2015).*

Acogiendo lo recomendado por (Alban Ulloa, 2015), se ingresaron al laboratorio dos muestras para cada parámetro explicado en la Tabla 5. Así mismo siguiendo lo recomendado por Yabroudi (2011), se tomaron muestras en un periodo de 4 semanas consecutivas. Es decir, cada lunes se ingresó al laboratorio con el agua de entrada y de salida, y cada martes se contabilizó las bacterias evidenciadas con el método seleccionado.

La toma de muestras tuvo un horario de 8:00am, 12:00pm, y 16:00pm; ya que según la metodología de (Yabroudi, Carmen, Aldana, Núñez, & Herrera, 2011) explica que para el análisis debe existir un periodo contiguo para evitar la alteración química del agua.

Por situaciones externas a las condiciones ambientales, en caso de que en los días de recolección de lluvia no precipitara, se tomó previamente muestras de lluvia. Las muestras de entrada para el laboratorio constaron de 3 litros de agua de río y 4 litros de agua lluvia.

Por otro lado, las muestras de salida dependieron de la función del destilador y de si estaba o no en las condiciones ambientales adecuadas (radiación solar), acorde lo consultado se esperaba que se destilen de 3 hasta 5 litros diarios, (Alban Ulloa, 2015).

Con una totalidad de 7 litros de agua cruda y 5 litros de destilada, las muestras recolectadas fueron colocadas en botellas de plástico con una capacidad de 1 litro.

Para el parámetro de bacterias, se ocuparon 5 muestras por agua cruda y 5 muestras de destilada. Cada muestra tuvo su respectiva repetición y se ocupó un volumen de 412 mililitros por muestras tanto para agua cruda como para destilada.

De esta forma, se trabajó con 5 parámetros que tuvieron 4 muestras diarias y 1 parámetro con 10 muestras diarias, cada indicador contó con una repetición a excepción de las bacterias que tuvo dos repeticiones. Con un total de 60 muestras diarias analizadas de agua de entrada y salida.

Los resultados se compararon con la Normativa de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, que se encuentra Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA, 2017) para sus límites máximos permisibles, (García Jiménez, 2020).

Tabla 6:
Unidades de Medida de los Parámetros por analizar

Parámetros	Unidades de Medida
Bacterias Coliformes	A/P (Compact Dry)
<i>E. coli</i>	
Color	UPC
Conductividad	S/m
pH	---
Turbiedad	UNT
Nitratos	1 ppm

Fuente: (Salazar Salas, 2019).

En esta fase de laboratorio, su análisis fue a través de: conductor eléctrico, pH-metro, turbidímetro, y el equipo espectrofotómetro con el que se aplicó el método ISO 7887 tipo 1. Por otra parte, el equipo personal utilizado estuvo compuesto de: guantes, mascarillas, mandil y cofia; de igual forma, se requirió de ciertos insumos de laboratorio.

Tabla 7:
Insumos para laboratorio

Materiales	Equipos	Reactivos
Vasos de precipitación 600 ml, cantidad 3	Colorímetro, cantidad 1	
Gradillas, cantidad 1	Autoclave, cantidad 1	
Varillas, cantidad 1	Potenciómetro, cantidad 1	
Puntas de pipeta cantidad caja	Contador de colonias, cantidad 1	Caja de Kit de Nitratos, cantidad 1
Micropipeta 1000 μ l, cantidad 3	Fotómetro 680, cantidad 1	
Botella agua destilada, cantidad 1	Estufa de incubación, cantidad 1	
Mechero, cantidad 1		
Caja de Celdas, cantidad 1		

Fuente: Elaboración Propia.

Para las bacterias *E. coli* se escogió la técnica de Compact Dry (ISO 9001- ISO 13485), el cual pertenece a Standar Methods en base a lo que establece la normativa técnica NTE INEN 1108, para muestras con bajo contenido de microbiota, basado en la muestra y el cultivo posterior. Se manejó este proceso por medio del método de ausencia o presencia de bacterias.

Dentro del parámetro de pH se usó el equipo pH-metro digital, y para la conductividad el potenciómetro. Se llevó a cabo en el laboratorio de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana. De esa manera los resultados que el equipo de laboratorio proporcionó fue detallado en tablas de Excel versión 2016, (Guerrero Cornejo & Pisco Demera, 2020).

5.3.1.2 Procedimiento de detección de bacterias *E. coli*

Con el método Compact Dry EC se analizaron en total 44 muestras, teniendo el siguiente procedimiento.

Procedimiento de Cultivo:

1. Dentro del laboratorio de Microbiología, se desinfectó la mesa de trabajo con alcohol utilizando el debido equipo.
2. Se colocó en autoclave envuelta en papel aluminio los materiales para poder esterilizarlos. De igual manera, se encendió el mechero durante todo el proceso de cultivo para evitar contaminación atmosférica.
3. Para la abertura de los paquetes de discos se cortó el aluminio de envoltura y se sacó las 4 placas. Se realizó la nomenclatura de entrada y salida con su respectiva numeración.
4. Se pipeteó la muestra, y desde el comienzo de la placa se colocó los 1000ul de muestra levantando la tapa ligeramente hasta que se esparza por completo en el disco.
5. Las placas se envolvieron en papel aluminio y se sellaron en una funda hermética, con el respectivo rótulo de nombre-fecha. Para la incubación, se colocó en la estufa durante 24 horas exactas, con una temperatura de $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ para el Compact Dry EC.

Procedimiento de Conteo:

1. Las muestras selladas fueron sacadas de la estufa luego de 24 horas de incubación.
2. Se desinfectó con alcohol la mesa de trabajo y se colocó cada muestra en el contador de colonias.
3. Las instrucciones de Compact Dry indican que en la parte posterior de la placa se cuantifica el número de colonias aparecidas de bacterias *E. coli* en color azul, y finalmente se procedió a desechar las muestras computadas.
4. Este método señala si son numerosas colonias deben ser diluidas apropiadamente e inoculadas de nuevo.

5.3.1.3 Procedimiento de Turbiedad y Color

Se utilizó el equipo colorímetro Smart 2 de marca LaMotte.

1. Conectado el equipo, se encendió 10 minutos antes de la práctica, para que se ajuste el sistema de medición y calibración del equipo. Se sacó un blanco antes de analizar la primera muestra usando solamente agua destilada de frasco.
2. Se homogeneizó la muestra a analizar, y se colocó en un vaso de precipitación.
3. Se trabajó siguiendo las indicaciones del fabricante haciendo una verificación antes de la primera lectura, con los estándares o patrones, para cada una de las escalas, determinando que las celdas estaban perfectamente limpias, esto se hizo para verificar que no existía una desviación considerable en las mediciones.

4. Se agitó levemente la muestra original y se llenó la celda de medición con dicha muestra. Para las mediciones, se ubicó la marcación de la celda en forma de triángulo blanco hacia el recodo de medición.
5. Las unidades del resultado fueron expresadas en FTU (Formazin Turbidity Unit) para la turbiedad y para el color no tiene unidad de medida.

5.3.1.4 Procedimiento de Nitratos

El kit de nitratos tiene una caja de indicaciones para preparar la muestra y colocarla en el fotómetro.

1. Se desinfectó la mesa a trabajar dentro del salón de trabajo, en este caso el laboratorio de Química General.
2. Se tomó celdas nuevas y blancas para que la lectura del equipo sea efectiva. La primera muestra fue el blanco para calibración, con agua destilada.
3. Dentro del proceso del kit de NO_3 con el fotómetro 680 se hizo la lectura de test, se marcó en el equipo la numeración 321 en la longitud de onda de 546nm.
4. Se agitó la botella del kit nominada NO_3 -3 vigorosamente por 1 minuto y se añadió inmediatamente 3 gotas al tubo seco.
5. Se añadió 3 gotas de NO_3 -1, y de NO_3 -2N y se mezcló. Se adicionó una jeringa completa de muestra (3,2ml) y se mezcló.
6. Se midió contra agua clara a los 5 minutos colocando dentro del fotómetro para obtener resultados.

5.3.1.5 Procedimiento de Conductividad y pH

Para la determinación de estos parámetros, se realizó la toma de lectura dos veces para cada muestra.

A continuación, se describe como se llevó a cabo el análisis de estos.

Calibración

1. Se prendió el equipo de medición METTLER TOLEDO y se seleccionó el modo pH o conductividad.
2. Se examinó el electrodo dependiendo del parámetro a analizar para comprobar que no existe defecto alguno o presencia de burbujas de aire en su interior.
3. Se limpió el electrodo exteriormente con abundante agua destilada.
4. Aplicación únicamente para pH: se sumergió el electrodo en otro vaso que contenga otra disolución tampón de pH 4 para calibrar el equipo, se esperó el equilibrio térmico durante aproximadamente 1 minuto y así se procedió con las muestras que se van a analizar.

Procedimiento

1. Se llenó un vaso de precipitación con la muestra de agua (entrada y salida) hasta la marca de 500ml.
2. Se sumergió el electrodo en el vaso con la muestra, y se aplastó el botón RED para iniciar con la lectura y mover suavemente. Se esperó a que la lectura de cada parámetro se estabilice en la pantalla del equipo.
3. Se limpió el electrodo con agua destilada, se secó bien con papel sin tocar la membrana de vidrio sensible a pH o conductividad.

4. Para volver a realizar otra medición, se pulsó una vez el botón CAL y se repitió el procedimiento.

Una vez analizadas las muestras de agua con sus debidos valores se colocó en una tabla y se procedió a comparar con las tablas de la normativa para determinar si cumple o no el criterio ambiental.

Con los resultados que se obtuvo en el laboratorio se determinó el valor promedio de entrada y salida del agua para cada parámetro y los análisis estadísticos se realizaron en el programa Excel, en cual se utilizó la fórmula de promedio (=PROMEDIO) y se consiguió el valor representativo de los valores que se promediaron. Por otro lado, la desviación estándar fue obtenida con la formula (=DESVEST.M) la cual permitió establecer un valor de referencia para estimar la variación general del proceso, (Ruiz Espejo, 2017).

Para el porcentaje de remoción y excedente se determinó por medio de una regla de tres, donde, el valor promedio de entrada fue el cien por ciento, mientras que con cantidad de salida se obtuvo el valor de la variable que se necesitaba, (Malacatus & Chamorro, 2017).

De igual manera, se realizó dos graficas de cajas y bigotes para los parámetros de turbiedad, conductividad y color de agua de entrada y salida con los resultados de laboratorio. Se determinó el valor mínimo utilizando la formula (=MIN), cuartil uno (=CUARTIL;1), mediana o cuartil dos (=MEDIANA), cuartil tres (=CUARTIL;3) y el valor máximo (=MAX), (Flores & Flores, 2018).

5.3.2 Análisis Económico

La viabilidad ambiental en conjunto con la parte económica permitió determinar la factibilidad de la implementación del prototipo. Se comparó el consumo de agua potable en una familia con el gasto que se realizó en un destilador solar, (Tabuada, 2015).

Para realizar los cálculos se utilizó las fórmulas en el programa Excel versión 2016, y se elaboró las respectivas gráficas.

Se realizó la valoración del agua en costo-beneficio anual, de manera que permitió ocupar un análisis comparativo entre el costo anual de un destilador solar de agua en litros y el costo de los litros que brinda el servicio municipal adquirido comúnmente en la vivienda, siendo muy importante para demostrar su viabilidad y funcionalidad, (Zegarra Méndez, 2014).

Ecuación 1:

Costo Inversión Inicial

$$\frac{\text{Costo inversión}}{\text{Tiempo durabilidad}} = \text{Costo Inversión Inicial (CII)}$$

Fuente: (Zegarra Méndez, 2014).

Ecuación 2:

Costo por unidad de volumen

$$\frac{\text{CII} + \text{CO (limpieza + mano de obra + mantenimiento)}}{\text{Cantidad de Volumen Producido anual}} = \text{Costo por volumen}$$

Fuente: (Zegarra Méndez, 2014).

De esta metodología se comparó su producción, siendo CII el Costo Inversión Inicial y CO el Costo Operativo que es la sumatoria de: los productos de limpieza, mano de obra y mantenimiento. Por otro lado, es posible proyectar la producción de consumo según los datos climatológicos en la ciudad de Cuenca, como recomienda hacerlo (Huaquisto Cáceres & Chambilla Flores, 2019).

5.3.2.1 Proyección de cantidad de litros diarios según la climatología

A partir de datos oficiales descargados de la temperatura y las horas solares del año 2020 en la ciudad de Cuenca, se basó en el modelo estadístico: regresión lineal simple con sus coeficientes de regresión y varianza para proyectar la funcionalidad con base en la cantidad de litros de agua que el destilador solar produzca, (Vinuesa, 2016).

Ecuación 3:

Obtención de a_0 como coeficiente de regresión

$$a_0 = \frac{(\Sigma y * \Sigma x^2) - (\Sigma x * \Sigma xy)}{n\Sigma x^2 - (\Sigma Ex)^2}$$

Fuente: (Vinuesa, 2016)

Ecuación 4:

Obtención de a_1 como coeficiente de regresión

$$a_1 = \frac{(n\Sigma xy) - (\Sigma x * \Sigma y)}{n\Sigma x^2 - (\Sigma Ex)^2}$$

Fuente: (Vinuesa, 2016)

Como se observa en la ecuación 3 y 4, se obtuvo los coeficientes de regresión para la fórmula de $y=a_0 + (a_1*x)$; de esta forma se despejó para obtener "y", así remplazar el valor con la diferencia de los datos que se quieran proyectar, (Vinuesa, 2016).

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Información detallada sobre un prototipo de Destilador Solar tipo Caseta

6.1.1 Funcionamiento del destilador

Para destacar el aporte de este destilador a la solución del problema ambiental, se ha realizado una tabla recopilando diversos estudios de Destiladores Solares de agua que resaltan su valor y contribución al tratamiento de agua potable y la de falta de acceso a agua, evitando el uso excesivo de otros recursos.

Tabla 8:

Recopilación de estudios previos de Destiladores Solares

Titulo	Investigación-Methodología	Fuente de la Investigación	Resultados	Análisis del estudio
<p>“Destilador Solar para Potabilizar el Agua para una Familia de 3 a 4 Personas en el Sitio Bajo Alto, Cantón el Guabo, Provincia de el Oro”.</p>	<p>Destilador solar tipo Techo pendiente (caseta), basada en norma ecuatoriana INEN y realizado en un instituto de Ingeniería y Ciencias analiza diferentes tipos de destiladores solares. Analiza los resultados por medio de un estudio en el laboratorio.</p>	<p>(Alban Ulloa, 2015)</p>	<p>Realizando un destilador solar con materiales de bajo costo y buena calidad, definiendo que fue sencillo y por día determina 3 litros diarios con día soleado y realiza cantidades mínimas para una familia de 3 personas. Obteniendo datos satisfactorios que cumplen con la normativa.</p>	<p>Un estudio que, al ser realizado en Ecuador, especifica más la metodología y el enfoque que se debe tener en el presente estudio comparando sus objetivos.</p>
<p>“Herramienta para la simulación del comportamiento térmico y la</p>	<p>Elaborando a partir del software SoftDest el modelamiento del destilador solar donde purifique agua con</p>	<p>(Fonseca, Fuentes, Rosales, & Miranda, 2017)</p>	<p>Tiene una concordancia de solución analítica que describe el adecuado</p>	<p>Al simular el destilador solar tipo invernadero o caseta, se parte de un balance energético que</p>

productividad de destiladores solares de tipo invernadero”. de contaminantes que permite el cálculo de elementos climatológicos y de esta forma caracterizando su adecuado funcionamiento y rendimiento dinámico.

“Eficiencia de un Destilador Solar, Adaptando Colector y Reflector Solar”. Un estudio que permite evaluar la eficiencia del destilador solar adaptándole un colector y reflector solar para la destilación de agua salina en una zona costera del Ecuador. Según legislación del TULSMA que monitorea el proceso por 30 días.

(Guerrero
Cornejo & Pisco
Demera, 2020)

funcionamiento del destilador solar.

del permite resolver las necesidades de una comunidad sin abastecimiento de agua.

Se determinó que los procesos sirven para reducir parámetros que la normativa indica, y que se encuentra en límites máximos permisible en aguas de consumo humano y doméstico.

Este informe permite de cierta manera explicar que la razón de abastecer agua con un recurso natural es eficiente; sin embargo, con eficiencia promedio del 25% a la problemática. Lo cual no sería conveniente aplicar la misma metodología.

<p>“Diseño y Construcción de un Sistema de Destilación Solar Tipo Cascada para la obtención de 180 ml/día de Agua Destilada Tipo IV”.</p>	<p>Diseño y construcción de un sistema de destilador solar tipo cascada, donde con pruebas de funcionamiento en radiación solar a partir de fórmulas permite obtener eficiencias.</p>	<p>(Luna Peñafiel & Ruiz Antamba, 2017)</p>	<p>La eficiencia de rendimiento con un 61% logrando que la absorción del calor sea inmediata en el proceso de destilación.</p>	<p>Se obtuvo características importantes a nivel de construcción y ensamblaje de los destiladores. Sin embargo, construyen un tipo de destilador más costoso.</p>
--	---	---	--	---

<p>“Diseño y Construcción de un Destilador de Agua Salada Alimentado por Medio de Energías Renovables”.</p>	<p>Diseño y construcción de un destilador de agua salada mediante el uso de energías renovables en Colombia, adaptando las características de una vivienda y considerando un prototipo funcional.</p>	<p>(Luque Di Ruggerio & Romero, 2017)</p>	<p>Satisface las necesidades de una vivienda de 4 habitantes donde permite adaptar un sistema asequible para esta familia.</p>	<p>Entre las características que permiten extraer de este informe es lasa características de diseño. No obstante, el diseño es en otra zona diferente al oriente y el costo del diseño del destilador de agua es una limitación.</p>
--	---	---	--	--

“Diseño y Construcción de un Destilador Solar para agua de una capacidad de 200 ml/día para los laboratorios del CIVABI”.

Diseño y construcción de un destilador solar para agua de una capacidad de 200 ml/día para los laboratorios del CIVABI

(Tabuada, 2015)

El destilador solar tipo caseta utiliza el 50% de la energía emitida por el sol y alcanza una eficiencia del 35% la cual se encuentra dentro de los estándares para destiladores solares.

Con el diseño y posterior construcción del destilador solar tipo caseta se logrará cubrir las necesidades básicas de agua destilada de los estudiantes del CIVABI y se colaborará con la investigación de energías alternativas como la solar y su aplicación en el proceso de destilación.

Fuente: Elaboración Propia.

Con base en la búsqueda bibliográfica presente en la tabla 8, se logró identificar un total de seis estudios específicos de la temática a nivel nacional e internacional.

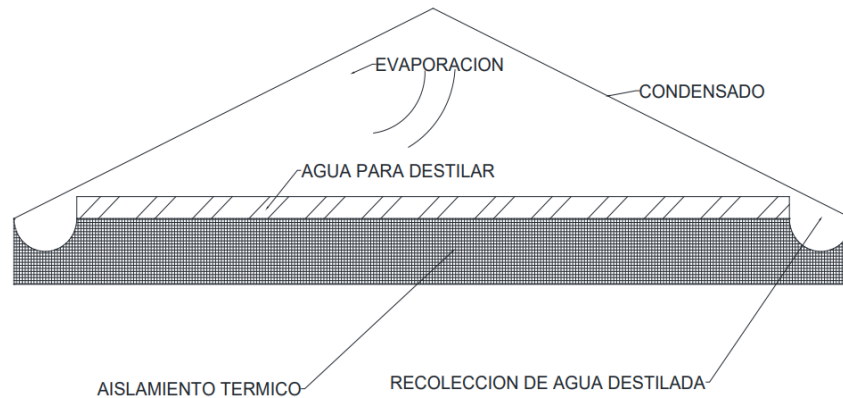


Figura 3:
Procesos funcionales del destilador

Fuente: (Tabuada, 2015)

En la Figura 3 (Tabuada, 2015), se indica que en el interior del destilador incide la radiación solar provocando que la temperatura del agua aumente. Estas altas temperaturas contribuyen al proceso de evaporación y hacen que la atmósfera en el interior del destilador se torne húmeda. Se pudo identificar en el diseño del autor un destilador de dos vertientes tipo caseta, no obstante, en el prototipo de este estudio se escogió de una sola vertiente.

Una de las recomendaciones de (Alban Ulloa, 2015), es que el destilador solar al ser utilizado principalmente por la energía solar sea de un porcentaje de producción alrededor de 25 al 50%. Adicionando esa información, (Tabuada, 2015) puso en contexto que la saturación de humedad provoca que el agua evaporada se condense en el vidrio, así las gotas de condensación se acumulan y empiezan a deslizarse hacia la parte inferior del mismo.

6.1.2 Recopilación de información sobre la construcción del destilador

(Pellón, 2020) mencionó que un destilador solar tipo caseta se caracteriza por la sencillez y la facilidad que tiene para su construcción, a pesar de no ser el más eficiente en comparación con otros destiladores.

Los materiales más apropiados para la fabricación de las partes de un destilador solar tipo caseta, indica (Luna, 2018) van a depender de dos factores principalmente: La función que cada elemento va a realizar dentro del destilador, y el recurso económico y tecnológico que se disponga para la elaboración. Por lo tanto, la teoría que recomendó (Alban Ulloa, 2015) fue abarcar materiales como: placa de vidrio, pintura acrílica negra (para beneficiar la absorción solar), silicón, recipientes para recibir agua lluvia y de río, y distribuir el agua destilada (apta para consumo humano).

Con ello se tuvo claro que, para considerar como una alternativa tecnológica adecuada, el diseño es fundamental para el destilador solar, ya que debe contar con los recursos necesarios para su uso y mantenimiento, (Hermosillo, 2016). En la misma idea (Luque Di Ruggerio & Romero, 2017) señalan que el destilador en el fondo y las paredes de la caseta o bandeja deben estar contruidos con metal como el aluminio (evita la contaminación del agua destilada) y en el fondo lleva el colector-evaporador el mismo que puede ser construido con diversos materiales que sean resistentes al agua y a temperaturas altas (< 80°C).

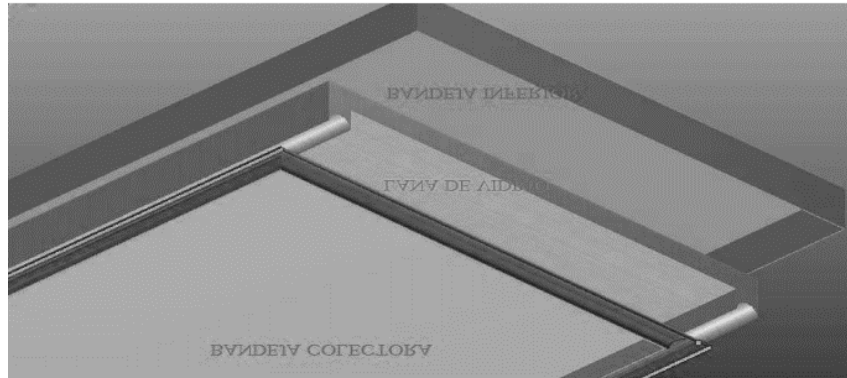


Figura 4:
Aislante térmico en la bandeja del destilador solar

Fuente: (Tabuada, 2015).

Con la Figura 4 se observa la implementación de esta técnica, la cual recomienda (Hermosillo, 2016) donde se construyen estos colectores- evaporadores con láminas de hierro, reforzado con lana de vidrio. Para tener una mayor eficiencia como conductor de la condensación del agua se implementa la bandeja colectora debajo de ella colocando un aislante térmico (lana de vidrio) y al final la bandeja inferior.

El material que es utilizado para el transporte (ductos) del destilado hacia un lugar en donde se va a almacenar, según (Fernández Zayas & Chargoy del Valle, 2018) debe ser tubería de cobre o manguera de plástico, pero algunos plásticos no son convenientes por la poca resistencia que presentan en la construcción (ver Anexo 3), (Luna Peñafiel & Ruiz Antamba, 2017).

Para el diseño de este tipo de destilador lo ideal del vidrio es que sea transparente a la luz visible, opaco al infrarrojo y sobre todo que sea un buen conductor de calor, ya que esto permite que el calor que cede el vapor al momento que se condensa salga sin dificultad, tal como indica (Hermosillo, 2016). Con lo que respecta a las dimensiones del destilador solar junto con sus materiales, donde indica en base a la normativa mexicana las medidas (ver Anexo 4), (Rojas, 2015).

Los parámetros para la construcción del destilador solar caseta inicia con la inclinación del condensador, para saber la inclinación correcta se toma en cuenta dos factores que recalcan los autores (Fonseca, Brito, Perdomo, Andi3n, & Fernandez, 2012), por un lado, la cantidad de aire debe ser mínima y este se obtenga condensación óptima, y al mismo tiempo que se encuentre cercano a la superficie de evaporación para que no exista una pérdida de energía. Con los diversos parámetros establecidos, se fijó los valores para la construcción del prototipo experimental.

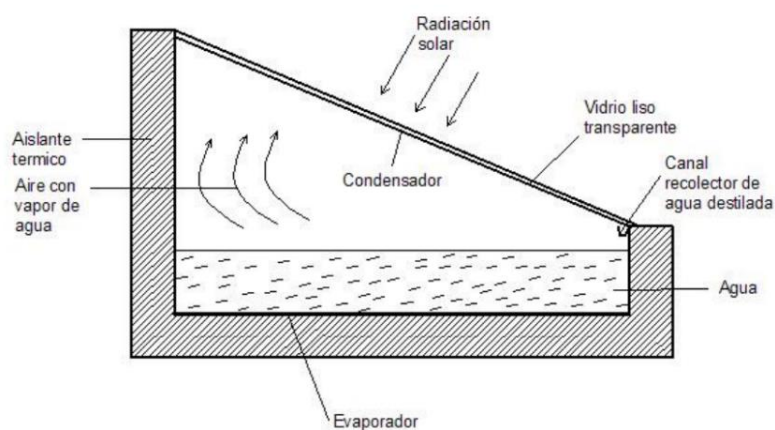


Figura 5:
Diseño del destilador tipo caseta con una vertiente

Fuente: (Santín Luna, 2014)

En la Figura 5, se detalla el proceso que tiene el agua dentro del diseño tipo caseta con una vertiente, con el procedimiento de (Santín Luna, 2014). En lo correspondiente a la condensación, se indica que la distancia que hay entre la base y la cubierta debe ser mínima para que así se dé un proceso rápido y sobre todo que el vapor se dirija hacia la zona donde se condensara, (Guerrero Cornejo & Pisco Demera, 2020).

Al momento que se condensa el agua y para que esta no vuelva a caer sobre la parte evaporada, lo óptimo fue tener una buena inclinación. Algunos autores señalan, y en especial (Santos, 2019), que esta inclinación deberá estar en un rango de 20° a 30° con respecto a la horizontal. Asimismo,

esta inclinación permite un correcto deslizamiento del agua destilada por la superficie interna del vidrio hasta la canal de recolección, (Fonseca, Brito, Perdomo, Andi3n, & Fernandez, 2012).

(Hermosillo, 2016) indica que es conveniente que el agua cruda no est3 demasiado contaminada, el destilador de caseta no es para realizar un mantenimiento intensivo ya que existen otros para dicha actividad. En d3as soleados la funcionalidad del destilador fue entre 3 a 5 litros al d3a, dentro del estudio de (Santos, 2019).

Por ello es importante realizar el dise1o y la construcci3n sin que se presenten aberturas en el destilador que produzcan goteos, escurrimientos o salpicaduras ya que estos causan contaminaci3n al producto destilado, (Hermosillo, 2016). Una alternativa propuesta por los autores (Luque Di Ruggerio & Romero, 2017) es que el destilado este a una altura mayor a la que est3 el agua contaminada, para que la gravedad no intervenga y mezcle. Cabe recalcar que esta alternativa no es factible para todos los dise1os.

Para obtener agua potable, a trav3s del destilador solar el sabor que se genera es bueno, esto debido a que la destilaci3n se lleva a cabo en presencia del aire disuelto, (Hermosillo, 2016).

6.1.3 Ventajas y Desventajas del Destilador

1. El autor (Tabuada, 2015) indica que el destilador solar tipo caseta presenta como ventaja principalmente ser el m3s sencillo para su construcci3n y operaci3n.
2. En el mismo sentido, (Guerrero Cornejo & Pisco Demera, 2020) se1alan que es 3ptimo para suministrar vol3menes peque1os de agua destilada y por lo general se lo realiza para grupos familiares. Por otra parte, a1aden que, a pesar de que los destiladores solares tipo caseta no presentan desventajas, se puede se1alar como una: No tener una productividad diaria muy alta.

3. (Alban Ulloa, 2015) señala varias ventajas: El equipo permite obtener agua para satisfacer las necesidades básicas de las personas, evitando que se consuma agua no potable. La elaboración de este prototipo se lo realiza con materiales disponibles para los beneficiarios lo que brinda un ahorro de los ingresos dentro del hogar. el dispositivo evita la contaminación o alteración de la naturaleza.

Por lo que, el prototipo siendo renovable se realiza en cualquier área donde exista presencia de sol teniendo una producción de agua alrededor de 3 a 5 l/m² al día, inclusive en lugares donde la radiación es elevada su cantidad es mayor a los 5 litros. Por último, si bien se puede ubicar en cualquier zona al destilador solar, las zonas frías o con gran cantidad de humedad no son óptimas en comparación con las zonas con clima cálido.

4. Dentro del estudio de (Lucio, 2015), como ventaja señala que las dimensiones usadas en este destilador permiten que el proceso se lleve de una manera rápida y eficiente.

Mediante la información de ventajas y desventajas del diseño tipo caseta, se pudo conocer que es efectivo y económico, ideal para una familia estándar de cuatro integrantes. Concluida la revisión bibliográfica se procedió a la construcción de este prototipo.

6.2 Implantación del Prototipo de Destilador Solar tipo caseta

6.2.1 Lugar de Implantación

El prototipo fue instalado en una vivienda conformada por cuatro personas, ubicada en la parroquia El Batán perteneciente a la ciudad de Cuenca en la provincia del Azuay. El establecimiento tiene las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: -2.889930° y Longitud: -79.025344° (ver Anexo 5).

Para el funcionamiento del destilador, fue importante determinar el lugar específico, que cumpla con los requisitos adecuados por lo que se escogió un espacio cerrado que cuenta con techo

de vidrio. Siendo la lavandería el sitio ideal el cual tiene una temperatura promedio de 20°C, facilitando de esta manera la evaporación, debido a que se conserva más el calor en ese sitio.

6.2.2 Materiales

A partir de la metodología que fue detallada, se enlista los materiales con su unidad/medida, cantidad y precio para la fabricación del destilador solar.

Tabla 9

Materiales utilizados en la construcción del destilador solar

Material	Especificación	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Vidrio negro	4 mm en 60x60m ²	1	\$7,00	\$7,00
Plancha de tol galvanizado	0,70 mm	1	\$15,00	\$15,00
Plancha acero inoxidable	0,70 mm	1	\$35,00	\$35,00
Tubo de hierro	3/4 x 3/4 x 1,5 mm	1	\$8,00	\$8,00
Recipientes Recolectores de Plástico	11,35 litros c/u	2	\$3,55	\$7,10
Válvulas	½	3	\$5,00	\$15,00
Tubo de agua	12,7 mm	1	\$5,00	\$5,00
Angulo	3/4 x 2 mm	1	\$7,00	\$7,00
Acoples (codos, neplos, teflón)	12,7 mm	3	\$1,00	\$3,00

Caña	76,2 mm x 6 mm	1	\$3,00	\$3,00
Malla antimosquitos	300 mm	2	\$2,00	\$4,00
Cinta Doble Faz	rollo	1	\$0,68	\$0,68
Suelda 6011 empaque	350 mm	1	\$3,00	\$3,00
Silicón de Tubería	tubo	1	\$2,25	\$2,25
Ruedas		4	\$3,00	\$12,00
Pintura negra anticorrosiva	3 L	1	\$5,00	\$5,00
Mano de Obra /persona / día		1	\$37,97	\$37,97
Subtotal				\$170,00
Ajuste de Construcción al Prototipo				
Plancha de acero inoxidable	0,60 mm	1	\$30,00	\$30,00
Plancha de aluminio	75cm largo x 8cm ancho (25cm largo x 3 tiras)	1	\$4,00	\$4,00
Mano de Obra /persona		1	\$20,00	\$20,00
TOTAL				\$224,00

Fuente: Elaboración Propia.

Se detalló en la tabla 9, la construcción del destilador y así se obtuvo un presupuesto de 170 dólares americanos; y posteriormente a los ajustes que se utilizó un total de 224 dólares americanos.

6.2.3 Diseño del Prototipo

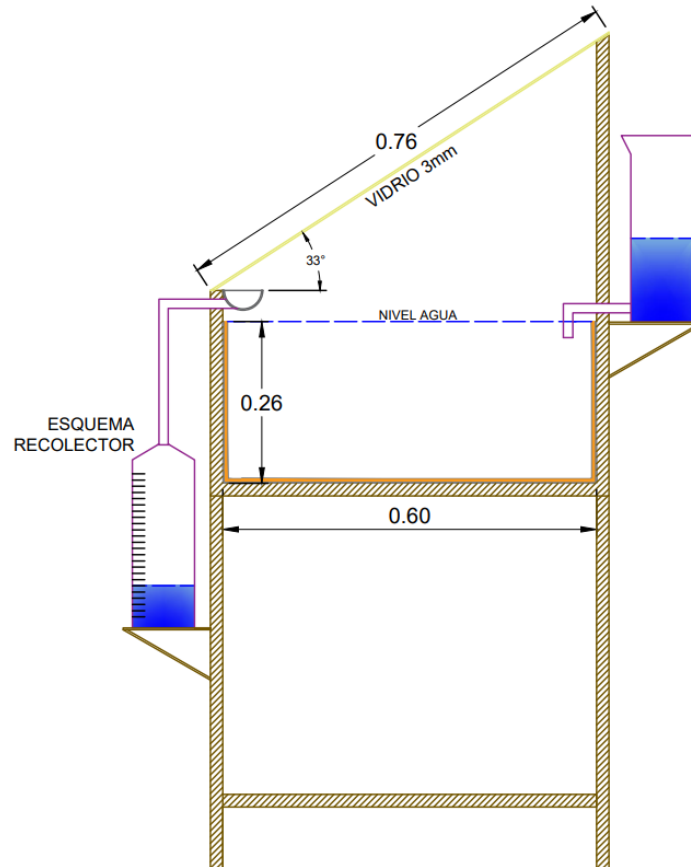


Figura 6:
Prototipo Destilador solar en AutoCAD

Fuente: Elaboración Propia.

Mediante la utilización del software AutoCAD se procedió a elaborar el plano de la Figura 6 y la simulación de construcción del destilador, la misma que cuenta con la vista lateral, sección transversal, planta y vista frontal (ver Anexo 6). Así, se inició con el diseño de la base del prototipo, este soporte tiene la forma de mesa con un dimensionamiento de 0,60 mm de altura y un ancho de 0,60 mm para que pueda sostener la bandeja.

Posteriormente se incorporó la bandeja de 0,26 mm de alto para el nivel del agua, las paredes tanto exterior como interior de la bandeja estuvieron formadas por una lámina de tol galvanizado para la protección. Entre estas paredes, se colocó en la mitad una lana de vidrio como aislante térmico con el objetivo de una mayor concentración de calor.

Una vez que se realiza la estructura de la superficie para el vidrio negro, en la parte inferior se añadió una canaleta. Esto permitió que la recolección del agua potable tenga una mejor fluidez luego de condensar y recopilar, y ser transportada hacia el tanque de salida.

6.2.4 Proceso de Construcción

Se implementó el recolector de agua lluvia con 5 botellas con una altura de 1,04 metros, el cual estuvo ubicado en un lugar libre de superficies externas y sin contacto a cualquier cuerpo que altere física o químicamente el agua. Por ello, se colocó lateralmente a una barra y así permaneció a una altura de 0,97 metros del suelo, (ver Anexo 2). Debido a la variación del clima en la ciudad y que corresponde a una microcaptación, se colocó otro sistema directo a nivel del suelo; fue un tanque abierto con capacidad de hasta 10 litros con malla en la superficie para evitar entrada de cualquier agente (ver Anexo 7).

Al momento que finalizó el proceso de precipitación, se procedió a colocar el agua en recipientes desinfectados con una capacidad de almacenamiento de 3,8 litros y se lo refrigeró cubriendo la tapa con papel aluminio para poder llevar al laboratorio.

A continuación, se describe el proceso de construcción, el cual fue supervisada por las autoras en todo momento (ver Anexo 8):

1. Como primer paso para la construcción del destilador, se cortó y dobló la plancha de tol galvanizada dando un cuadro de 0,60 cm ancho x 0,60 cm largo y 0,30 cm con

profundidad a un lado y al otro de 0,60 cm para la bandeja. Se cortó y dobló la plancha de acero inoxidable de 0,59 cm ancho x 0,59 cm largo y 0,29 alto con un espacio de 0,01 cm para la fibra de vidrio que se colocó entre las dos paredes de protección.

2. Una vez que se armó el primer recipiente de la bandeja de acero inoxidable se procedió a forrar con fibra de vidrio, realizado dicho proceso se recubrió con la plancha de tol galvanizada anteriormente ya cortada y doblada. Se formó una sola estructura sólida y de doble plancha con los dos recipientes, en la parte superior se hizo un ángulo para que así este inmóvil el recipiente de la bandeja, se dejó secar la estructura y en las esquinas se colocó tornillos pasantes inoxidables.
3. Para la mesa en la que se asentó la bandeja, se utilizaron tubos de hierro de $3/4 \times 3/4 \times 1,5$; la base tiene medidas de 0,60 cm x 0,60 cm de ancho y largo y 0,80 cm de alto.
4. La instalación de la cubierta de vidrio negro en el destilador fue con una pendiente de 45° de caída y el vidrio fue diseñado en de forma de tapa desmontable con un pedazo de metal para que se pueda levantar, de manera que pudiera permitir la limpieza interna.
5. Los recolectores de plástico fueron colocados a una altura adecuada para que el agua entre y salga con fluidez. El tanque de entrada estuvo asentado en un soporte nivelado evitando el movimiento, también se agregó una válvula de control del agua para evitar que se llene el destilador y que caiga el exceso. Para el tanque de salida se adicionó un tubo, el cual permite que el agua que se destila en la canaleta sea conducida.
6. Por último, en la parte inferior de la bandeja se colocó una válvula de desfogue y un conducto para limpieza del destilador, porque al ingresar el primer proceso de agua se quedan sólidos y así se evita que en la bandeja se acumulen estos materiales.

7. Se procedió a hacer las instalaciones de tubería dentro del tanque, se instaló una media caña como un sistema de recolección del agua evaporada, la misma que pasa al recipiente de salida instalado en la parte de abajo del destilador. Se añadió dos soportes para los recipientes recolectores de entrada y salida del agua.
8. En la parte inferior de toda la estructura del destilador se instaló cuatro ruedas para facilitar su movilidad.

6.2.5 Funcionamiento del Prototipo

Se colocó el destilador en el lugar asignado, es decir, la lavandería donde existía mayor concentración de temperatura desde los 18°C hasta 22°C y contaba con la ventaja de mantener el calor a lo largo del día (ver Anexo 9).

Se procedió a adicionar el agua de río y/o lluvia en el tanque de entrada por medio de la tubería instalada, este desfoga hacia la bandeja, llenándose hasta que el agua contenida alcance la altura y sea capaz de calentarse y evaporar. La cantidad de agua de entrada semanalmente fue de 44 litros, ingresó paulatinamente al tanque conforme se abría la válvula hasta llenar por completo la bandeja (ver Anexo 10).

El agua evaporada entraba en contacto con la superficie del vidrio formando una capa de agua condensada y con el transcurrir del tiempo iniciaba la formación de pequeñas gotas (ver Anexo 11). Las mismas que se unían entre sí, y comenzaba con el recorrido por la superficie de vidrio hasta llegar al canal de recolección principal. Luego de caer a los canales de recolección, el agua fue transportada hacia el tanque recolector para ser posteriormente llevado al laboratorio para el análisis de los parámetros respectivos (ver Anexo 12).

En un principio no se obtenía una cantidad de agua representativa para el destilador y para el análisis de laboratorio posterior. Como en todo equipo se requirió de ajustes para optimizar el funcionamiento, aspectos que deben ser tomados en cuenta en futuros proyectos de esta índole. Se tomó en cuenta en cada momento, que se aplique el principio de la mejora continua, para alcanzar un rendimiento superior en el funcionamiento de este.

Por ello, se reforzó en la parte donde se asentó el vidrio con cinta doble faz que de forma simultánea funciona como aislante térmico, evitando que el agua evaporada se fugue en dichas hendiduras.

Para el proceso de condensación se observó que la mayoría de las gotas de agua destilada se quedaban en las paredes superiores a la bandeja y no en el vidrio para su posterior descenso hacia la canaleta. Se colocó una nueva base en esa parte de acero inoxidable para que el proceso sea más rápido, se agregó a dicha base unas pequeñas canaletas que dirigen el agua destilada hacia la canaleta principal.

Al no tener resultados muy satisfactorios con los cambios que se realizaron por la baja cantidad de condensación, se implementó tres barras de aluminio en el interior del vidrio, debido a que el aluminio posee una mayor conductividad térmica. Finalmente, se fortificó con silicón las uniones de la estructura del destilador para evitar fugas de agua y a su vez se realizó la limpieza interna del vidrio para deslizamiento eficaz de las gotas formadas.

Tabla 10:
Medidas finales del Destilador Solar de Agua

Parte del Destilador	Medida en cm
Largo y ancho de vidrio	65,50 x 57,5
Estructura base del vidrio	66,50
Bandeja principal	28
Mesa de soporte	85
Profundidad del destilador	61
Ancho del destilador	59,5
Altura de bandeja y paredes superiores	58
Altura de tanque de entrada	41
Altura tanque de salida	27
Canaleta	6
Largo del tubo de salida	59
Ancho del soporte de bandeja de entrada	26
Ancho del soporte de bandeja de salida	31
Largo y ancho de tiras de aluminio	25x3
Grosor del vidrio	3 mm

Fuente: Elaboración Propia.

Al momento de contar con los acabados debidos, se midió de forma real el destilador, como resultado teniendo en la tabla 10 todas las medidas en centímetros, exceptuando el grosor del vidrio. Cabe recalcar que las medidas que se muestran en la figura 6 del prototipo realizado en AutoCAD se encuentran en milímetros.

Finalmente se obtuvo un diseño tipo caseta donde, el exterior contiene paredes pintadas de negro de acero galvanizado, lana de vidrio al medio, y como última capa en el interior acero inoxidable, las canaletas en el interior están ubicadas a 28cm desde la parte superior (la canaleta principal recoge el agua para llevar al tanque recolector de salida), los tanques de entrada y salida son de plástico y consta con válvulas de control, una en la entrada y otro en el desfogue para el control del volumen de agua.



Figura 7:
Vista lateral derecha del destilador solar

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 8:
Vista lateral izquierda del destilador solar

Fuente: Elaboración Propia.

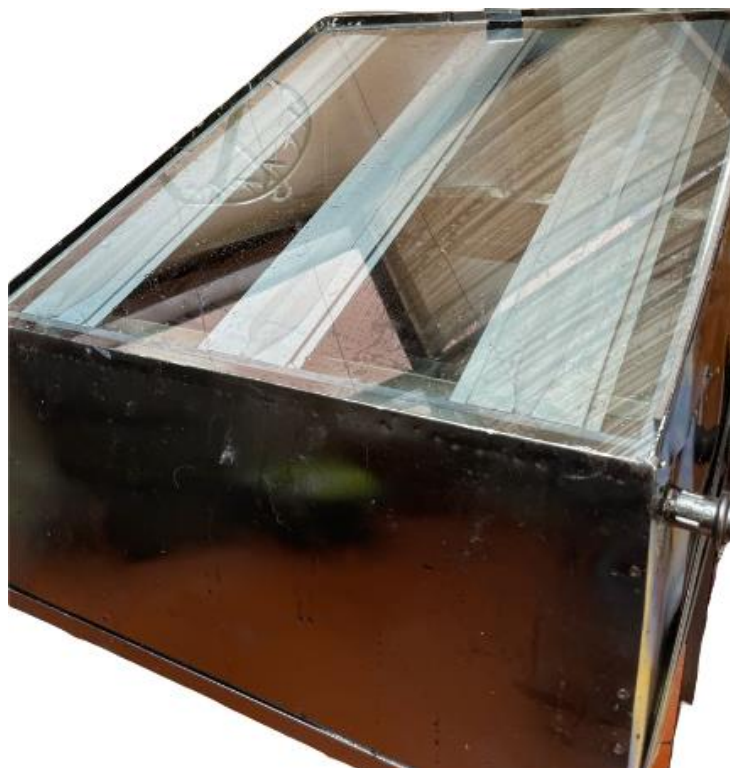


Figura 9:
Vista frontal del destilador solar

Fuente: Elaboración Propia.

El diseño final del destilador (Figuras 7, 8 y 9) con los nuevos cambios que se realizó genera mejores resultados durante todo el proceso.

Al haber realizado los ajustes con las pruebas de acierto y error en el destilador ayudaron a que el resultado sea optimo, obteniendo finalmente 1,5 litros de agua destilada (apta para el consumo humano) al día, siendo una cantidad con la que se pudo analizar en el laboratorio; sin embargo, no cumplió con el objetivo planteado para abastecer a una familia de 4 personas.

6.3 **Análisis de Viabilidad**

6.3.1 Análisis Ambiental

Se ha recogido muestras de salida de igual manera que las de entrada, una vez por semana. Debido a la poca cantidad de agua que se obtuvo, se extrajo con espátulas las gotas de agua que se encontraban en las paredes del destilador, ajustando así la cantidad necesaria para los parámetros.

Para el laboratorio se adquirieron los materiales e insumos necesarios para el análisis, con ello se elaboró una tabla detallando cada gasto (ver Anexo 13). Las muestras previas al laboratorio se refrigeraron para conservar las características fisicoquímicas, y posteriormente se realizó su análisis. Se elaboró una tabla general con los resultados promedio a partir de las muestras y sus repeticiones (ver Anexo 14-20).

Tabla 11:
Resultados generales de laboratorio

Parámetro	Unidad Medida	Entrada	Normativa *Agua dulce	Salida	Normativa **Consumo humano	% Remoción / Excedente
<i>E. coli</i>	A/P (Compact Dry)	42,40 ± 16,94	2000	0,00 ± 0,00	1000	100
Color	----	37,38 ± 19,66	Inapreciable en dilución: 1/20	15,88 ± 9,17	75	42,47
Turbiedad	FTU	5,38 ± 1,41	50	2,75 ± 2,66	100	51,16
Nitratos	ppm	0,69 ± 0,43	13	0,40 ± 0,32	50	58,18
pH	----	7,35 ± 0,42	6,5-9	8,27 ± 0,66	6 - 9	-----
Conductividad	uS/cm a 25 °C	70,58 ± 7,35	250	123,35 ± 2,90	250	174,78

Se encuentra en el presente documento lo siguiente:

***Agua dulce:** Tabla 3: Criterios de Calidad Admisibles para preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios, (TULSMA Libro VI- Anexo I, 2015).

****Consumo humano:** Tabla 2: Criterios de Calidad de Aguas para Consumo Humano y Doméstico por Tratamiento Convencional, (TULSMA Libro VI- Anexo I, 2015).

Fuente: Elaboración Propia.

En función de los resultados promedio tanto de entrada como de salida expresados en la tabla 11, se pudo verificar que los valores de análisis de calidad de agua en las muestras de salida se encuentran en el rango permisible de la normativa. Por tal motivo, se describió el análisis obtenido de la tabla a partir del rótulo 6.3.1.1.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de gráficos entre los parámetros con rangos similares para verificar su variabilidad y examinar entre ese conjunto de datos; por ende, se escogió la Turbiedad, Conductividad y Color para representar en un diagrama de cajas y bigotes a continuación:

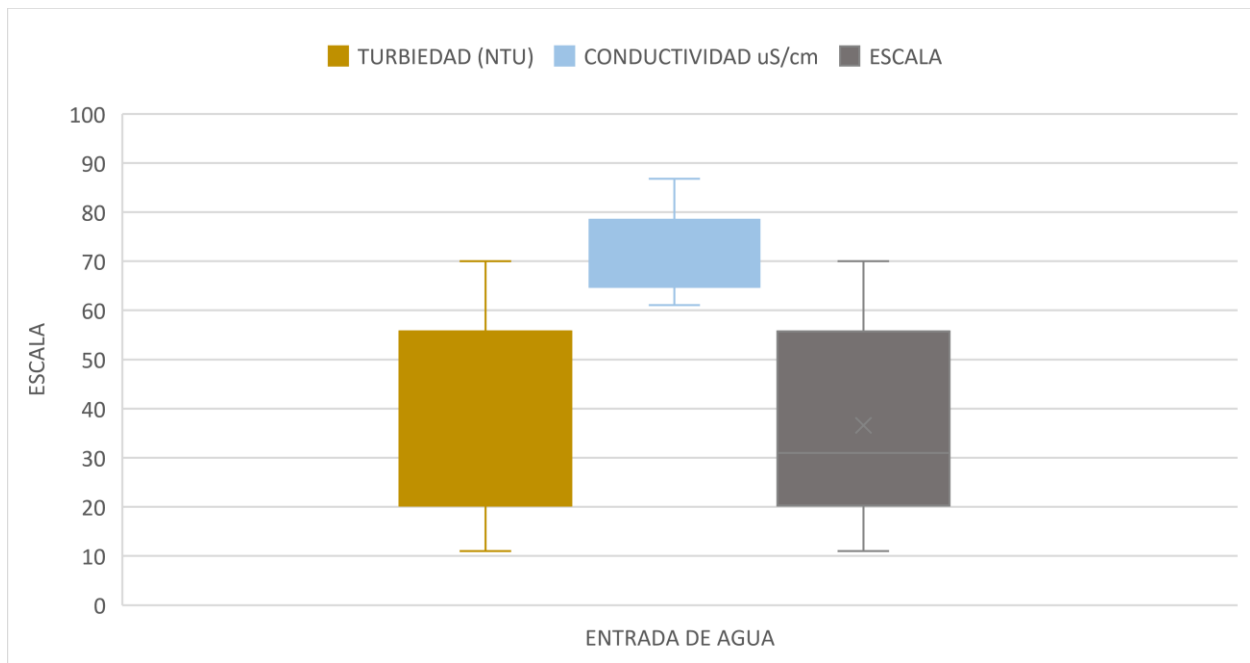


Figura 10:
Diagrama de caja y bigotes de agua de entrada

Fuente: Elaboración Propia.

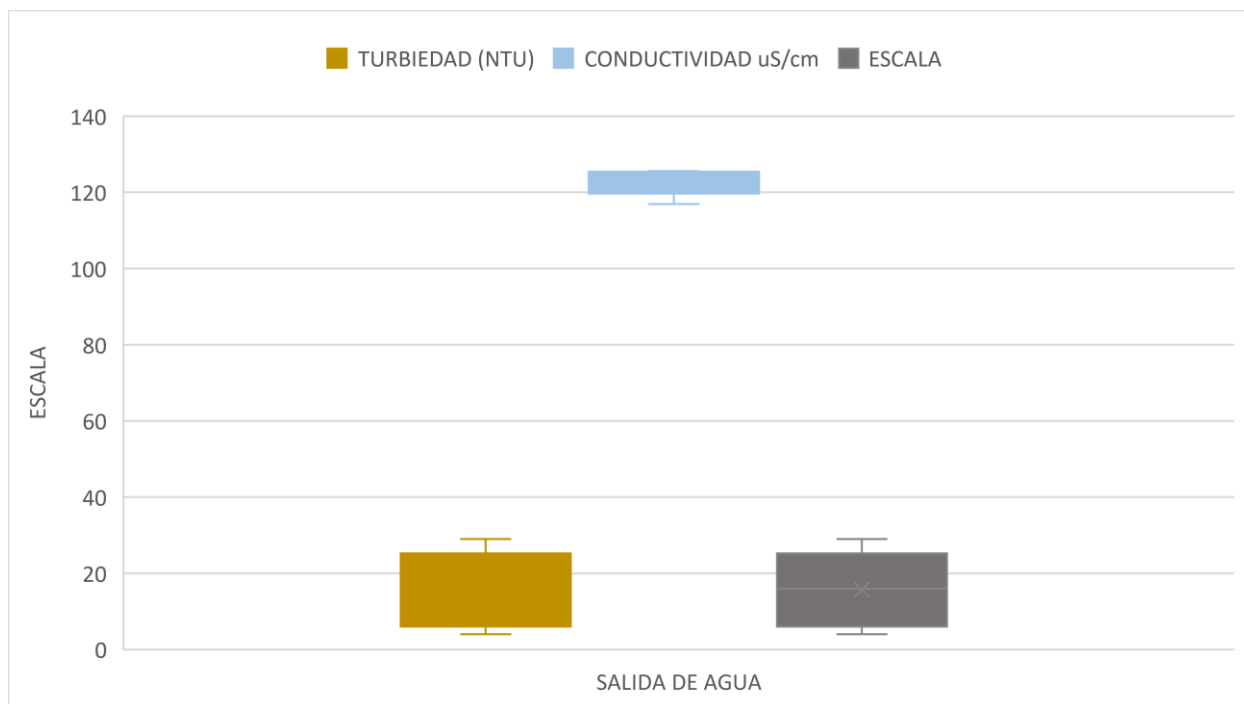


Figura 11:
Diagrama de caja y bigotes de agua de salida

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de la distribución de cajas y bigotes en la figura 10, se halló que en las muestras de entrada al destilador: la turbiedad y el color se encuentran en un rango de datos semejantes entre 20 y 60 (FTU y unidad de color respectivamente) y se encuentra con facilidad el valor medio de 35 aproximadamente. Al contrario, en el parámetro de conductividad la distribución sus valores incrementan entre 60 a 90 con un promedio alrededor de 70; sin embargo, la figura permitió identificar que los datos se agruparon ampliamente y sesgados entre valores de 10 a 90 unidades de medida.

Entre la figura 10 y la 11 existe una diferencia notable, se determinó con los resultados de salida a partir de la figura 11 de cajas y bigotes que el conjunto de datos estaba estrechamente relacionado entre sí y disminuyeron en la escala representada en comparación de la figura 10. Se identificó con eficacia que si existe remoción de esos parámetros ya que en turbiedad y color los

rangos están entre 10 y 30; a pesar de eso en la conductividad aumentó de 115 a 130 alcanzando al cuartil superior, lo que me indica que el proceso en ese parámetro no fue suficiente.

A continuación, se presentan las discusiones de cada parámetro que fue evaluado:

6.3.1.1 Resultados de laboratorio de Color en las muestras de agua:

Los resultados finales del parámetro color en las muestras de agua presentes en la tabla 11, indicó que el agua de entrada tuvo un valor promedio de $37,38 \pm 19,66$. Para el agua de salida se observó un valor promedio de $15,88 \pm 9,17$ que está dentro de su límite en el TULSMA- Libro VI Anexo 1. De igual manera, existió una remoción del 42,47%. Estos valores obtenidos se observan detalladamente en el Anexo 15 en el que se encuentra las concentraciones por semana y muestra.

6.3.1.2 Resultados de laboratorio de Turbiedad en las muestras de agua:

Con respecto al valor de turbiedad en la tabla 11, el valor promedio para agua de entrada fue de $5,38 \pm 1,41$ FTU y en el agua de salida de $2,75 \pm 2,66$ FTU, por lo cual se pudo confirmar que el valor obtenido se encuentra dentro de los parámetros de la normativa establecida TULSMA- Libro VI Anexo 1. En el Anexo 16 se observó los resultados que se obtuvieron durante el tiempo de investigación y en cada muestra. Asimismo, existió una remoción del 51,16%.

6.3.1.3 Resultados de laboratorio de Nitratos en las muestras de agua:

En cuanto a la detección de nitratos en las muestras de agua de entrada y salida como se mostró en la tabla 11, los valores obtenidos cumplen con los valores máximos aceptables establecidos por las normativas para agua dulce y de uso doméstico TULSMA- Libro VI Anexo 1. Para el agua de entrada el valor promedio fue de $0,69 \pm 0,43$ ppm, mientras que el agua destilada tuvo un valor promedio de $0,40 \pm 0,32$ ppm. Por otro parte la remoción en este parámetro fue de 58,18%. En el Anexo 17 se observa de manera clara los resultados de cada valor en la muestra y a la semana que corresponde.

6.3.1.4 *Resultados de laboratorio de pH en las muestras de agua:*

De acuerdo con la tabla 11, para el agua de entrada su valor promedio fue de $7,35 \pm 0,42$ y para el agua de salida un valor promedio de $8,27 \pm 0,66$, lo que indica que el agua es óptima para su consumo y esto en comparación con la normativa utilizada en este estudio TULSMA- Libro VI Anexo 1, se encuentran dentro del rango establecido. Sin embargo, el agua de salida a pesar de que cumple con el valor permisible tiene un pH más elevado que el agua de entrada y con la desviación llega hasta el límite máximo de 9 en la normativa para consumo de agua potable.

Para los datos completos con sus repeticiones ver Anexo 18.

6.3.1.5 *Resultados de laboratorio de Conductividad en las muestras de agua:*

Los valores presentes en la tabla 11 indicaron que el valor de la conductividad establecido por la OMS y la Unión Europea se encuentra dentro de su estándar establecido; no obstante, existió excedencia del 75% aproximadamente. Con el valor de agua de entrada promedio de $70,58 \pm 7,35$ $\mu\text{s}/\text{cm}$ y para el agua producto un aumento notable del valor promedio de $123,35 \pm 2,90$ $\mu\text{s}/\text{cm}$, debido a una posible contaminación posterior a la muestra, por descalibración del equipo utilizado.

Para las repeticiones y valores en las semanas ver Anexo 19.

6.3.1.6 *Resultados de laboratorio de Bacteria E. coli en las muestras de agua:*

En la tabla 11, la presencia de la bacteria solo se encontró en el agua de entrada con un valor promedio de $42,40 \pm 16,94$ A/P (Compact Dry), mientras que, el agua de salida al no tener presencia de bacterias en el transcurso del análisis se interpreta que es apta para el consumo humano, según la normativa del TULSMA- Libro VI Anexo 1. (ver Anexo 20). De la misma forma el valor de remoción en las bacterias *E. coli* es del 100 %.



Figura 12:
Placas con muestras de agua de entrada y salida previa a incubación

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 12 se observa las placas con muestras y sus debidas repeticiones con agua de entrada y salida para previa incubación, así luego del tiempo establecido (24 horas) se obtuvo un resultado con la presencia o usencia de bacterias *E. coli* y se realizó su conteo respectivo.



Figura 13:
Placas con muestras de agua de entrada y salida posterior a 24 horas de incubación

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 13 se tiene el resultado de las placas con sus muestras luego de las 24 horas de incubación. En la parte izquierda de la imagen se encuentra el agua de entrada con presencia de bacterias *E. coli*, mientras que, en la parte derecha el agua de salida producto del destilador no tuvo presencia de ningún tipo de bacteria.

Tabla 12:
Resultados de detección de bacteria E. coli en agua de entrada

Parámetro: Bacterias <i>E. coli</i>	
Muestra	Entrada
Lluvia	0
R Lluvia	0
Río	78
R Río	62

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de los resultados que se obtuvieron en el laboratorio, se realizó con las muestras de agua de entrada un análisis para ver en qué tipo de agua existe más presencia de bacterias *E. coli*. Como se observó en la tabla 12, el agua lluvia no presenta esta bacteria, y solo contenía la bacteria *E. aerogénes* (ver Anexo 14, figura 47), mientras que el agua río presenta varias unidades de colonias de *E. coli*.

6.3.2 Análisis Económico

Con respecto al análisis comparativo entre el costo del destilador solar de agua y el costo del agua brindada en la ciudad de Cuenca, se hizo la comparación del Costo Actual por litro anual con el Costo que establece ETAPA EP (servicio municipal de la ciudad) por litro al año.

Tabla 13:
Costo del litro brindado por ETAPA

TARIFA ETAPA	
Consumo/mes	Costo /m3
1-20 m3	\$ 0,20
20-40 m3	\$ 0,41
> 40 m3	\$ 0,65
m3	l
\$ 0,65	\$ 0,00065

Fuente: (ETAPA EP, 2021).

Con la tabla 13, se pudo ver que (ETAPA EP, 2021) da un valor de costo de 0,00065 dólares americanos en litros anuales. El valor común está anexado como tarifa diferenciada de una casa donde consumen normalmente de 20-40m³ mensual (ver Anexo 21). No obstante, el valor que se tomó de la tarifa fue el más elevado, donde el consumo mensual es superior a los 40m³ con 0,65 dólares, debido a que las otras tarifas no son reales al ser subsidiadas por ETAPA.

Tabla 14:
Costo del litro brindado por el destilador solar de agua

Costos	Valores
Costo Inversión Inicial	\$ 224,00
Tiempo de Durabilidad del Destilador (años)	10
Inversión anual (Cos/t)	\$ 22,40
Productos Limpieza	\$ 8,53
Costo Operativo	
Mano de Obra Limpieza	\$ 20,00
Mantenimiento	\$ 7,93
TOTAL	\$ 58,86
Cantidad de Volumen Producido (l/diario)	1,5000
Cantidad de Volumen Producido (l/anual)	547,50
Costo Actual/litro	\$ 0,10751

Fuente: Elaboración Propia.

Con la metodología respectiva se realizó los cálculos con los valores finales, observando en la tabla 14. El costo de inversión inicial se demuestra en la tabla 9 de materiales, y se calculó según la durabilidad de los productos que el tiempo estimado de función del destilador es de 10 años, obteniendo así su costo de inversión inicial al año; para el debido proceso de los valores de costo operativo se anexó tablas (ver Anexo 21) brindando así su sumatoria total.

La cantidad de volumen producida diaria fue de 1,5 litros, lo que determinó un valor bajo. Obteniendo finalmente el costo de litro anual brindado por el destilador solar de 0,11 dólares americanos anuales (\$0,10751). El destilador en definitiva fue 0,10686 dólares americanos más caro que el costo de ETAPA.

Debido a la irregularidad con el destilador solar se proyectó lo siguiente, con valores óptimos:

Tabla 15:
Costo por litro con valores ÓPTIMOS del destilador solar

Cantidad de Volumen Óptimo (l/diario)	44
Cantidad de Volumen Óptimo (l/año)	16060,00
Costo óptimo/litro	\$ 0,00367

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 15, representó hipotéticamente si la ciudad de Cuenca tendría mayores temperaturas, el equipo con la capacidad completa de destilar, se destilaría 44 litros diarios debido a que esa es la cantidad de entrada (entre agua río y lluvia) que se colocó todo el tiempo de estudio. De esta forma, el resultado es de 0,00367 dólares americanos de costo óptimo anual por litro.

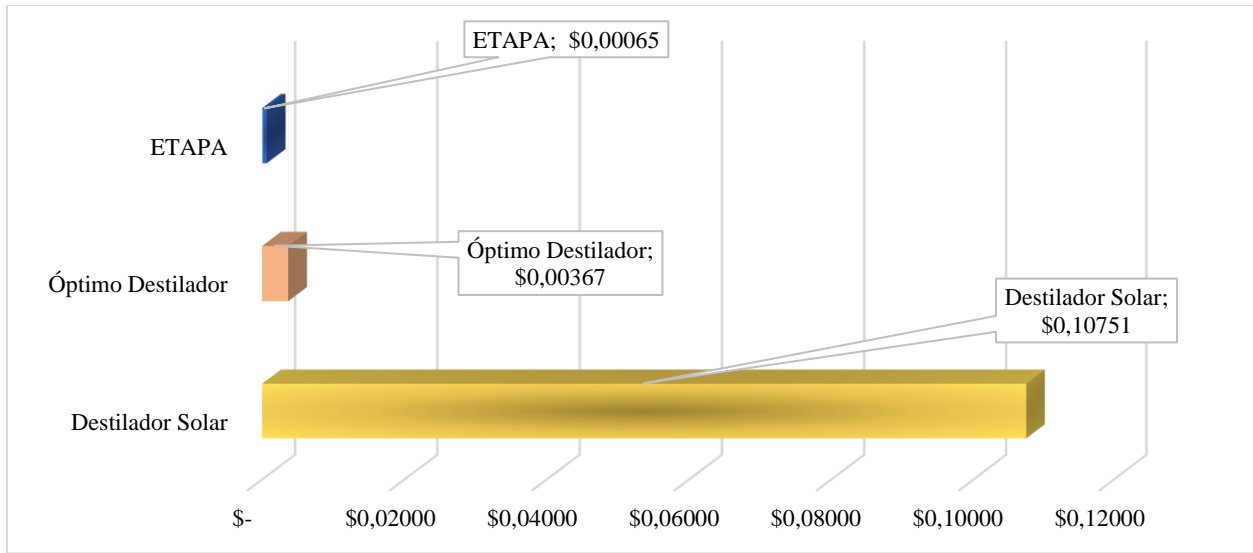


Figura 14:
Comparación con valores sobre el costo por litro

Fuente: Elaboración Propia.

Si la cantidad de volumen producida diaria por el destilador sería de 44 litros alcanzando un valor de 0,00367 dólares americanos representado en la figura 14, siendo más económico que el valor normal del destilador cuando produce 1,5 litros diarios. Bajando el costo entre ETAPA y el destilador con 0,00302 dólares de diferencia, y así el valor óptimo sería eficiente para implementar.

6.3.2.1 Producción de litros diarios según la climatología

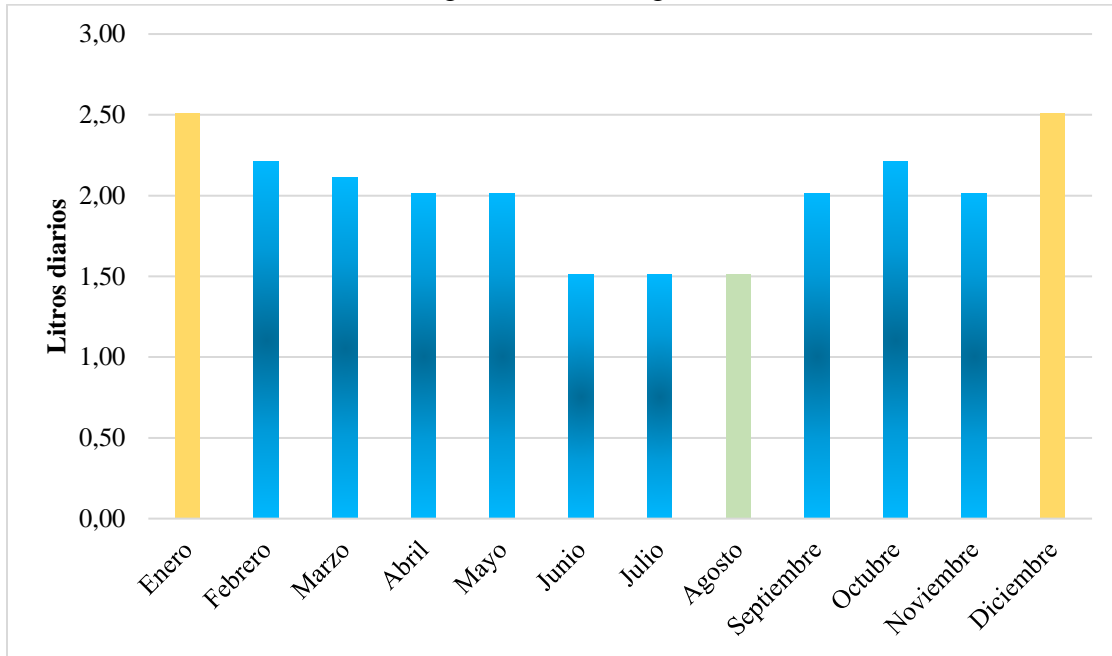


Figura 15:
Cantidad de litros diarios producidos por el destilador (c/mes)

Fuente: Elaboración Propia.

A través de la temperatura, y sobre todo las horas luz (obtenido de INHAMI), en Cuenca, permitió tener el resultado de la proyección en cantidades por litro en todos los meses del año 2021.

Como se pudo observar en la figura 15: junio, julio y agosto tienen una cantidad de 1,51 litros al día; de esta forma, coincide con el resultado inicial del volumen sacado en tiempo real del mes de agosto, (ver Anexo 22). Cabe recalcar que el mes de agosto, representado de color verde tiene el valor con el que se ponderó. Se pudo identificar las horas luz obtenidas del INHAMI que concuerda con estos resultados, de esta forma los meses de color amarillo podrían ser los óptimos para implementar el destilador en Cuenca.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.1 Conclusiones

La recopilación exhaustiva de información sobre prototipos de destilador solar de agua permite tomar en cuenta los puntos principales a tratar de este prototipo. La identificación del diseño tipo solar caseta, conlleva ventajas siendo el más económico, sencillo, y sobre todo evita la contaminación de la naturaleza al reducir el uso de materiales, así mismo es evidente el ahorro respecto a uso de espacio

Un hallazgo muy relevante fue el impacto del uso de la fibra de vidrio en el prototipo, pues la lana de vidrio acelera la condensación a través de las paredes, similar conclusión puede tenerse con la implementación de la pintura negra, pues esta captura más radiación solar que cualquier otro color.

Otro aspecto dentro de la información obtenida se puede concluir que en el Ecuador existen pocos estudios sobre este destilador; sin embargo, no existe alguna aplicación en una vivienda o un lugar que del uso aprovechable del equipo. En efecto, los estudios encontrados por revisiones bibliográficas apuntan al uso de este tratamiento no convencional en las zonas cálidas, más no en la sierra, como en este caso la ciudad de Cuenca.

Respecto a la implantación del prototipo, las medidas para la construcción se basan netamente en bibliografías recopiladas así que por ello directamente se procede a diseñar el boceto en AutoCAD, de igual forma la adquisición de los materiales fue a través de la investigación.

La ejecución del proyecto requiere la fase de prueba-error en la construcción, de tal manera que pueda mejorarse y adaptarse a las condiciones del territorio, tanto en su fase de diseño y construcción de manera que pueda modificarse, cambiar materiales, dimensiones y hacer reestructuraciones en su implantación.

Una parte novedosa del diseño ingeniada por las presentes autoras es agregar un desfogue colocado debajo de la bandeja para permitir limpieza total, válvulas de control, tiras de aluminio para acelerar el proceso de condensación y ruedas al prototipo para facilitar su movimiento.

Las medidas finales del equipo son de: 143 cm de altura, y 59,5cm de ancho, el vidrio negro con 65,5cm de largo y 57,5 cm de ancho (grosor de 3mm) a los 45° de inclinación.

A pesar de que el lugar donde se instaló el prototipo (lavandería) tuvo una concentración de calor alta (temperatura máxima de 22°C), en comparación con otros lugares de una casa, la producción final de agua fue un volumen de 1,5 litros diarios, muy distante los estudios donde se obtienen hasta 5 litros por día.

En cuanto al análisis de viabilidad ambiental, los resultados obtenidos para los parámetros fueron los siguientes: 0,00 A/P (Compact Dry) cantidad de bacterias *E. coli*, un valor promedio de 15,88 \pm 9,17 en el color, en turbiedad con un promedio de 2,75 \pm 2,66 FTU, en nitratos con promedio de 0,40 \pm 0,32 ppm, un pH promedio de 8,27 \pm 0,66, y un promedio de conductividad 123,35 \pm 2,90 uS/cm a 25°C, estos parámetros cumplieron con el objetivo planteado e indican que la calidad de agua es consumible según la norma establecida en el Libro TULSMA Anexo VI Libro 1 y OMS, salvo para el parámetro de conductividad en el cual existe un excedente del 75% respectivamente, y podría estar relacionado a la contaminación posterior que tuvo el agua en el dispositivo.

En lo que respecta al análisis económico, el estudio comparativo entre el destilador solar y un tratamiento convencional no es viable debido a que en ETAPA EP tiene un valor de \$0,00065 por litro y el prototipo con \$0,11 litros. A pesar de la diferencia es pequeña, no cumple con el objetivo de que sea más económico frente a un sistema de tratamiento de agua potable. Debido a esta inviabilidad, se sugiere realizar la comparación tomando en cuenta el valor óptimo real (valor sin

subsidio) pues en contraste, el valor arrojado por el dispositivo sí permite la factibilidad económica, alcanzando el costo similar al agua brindada por el servicio público.

Dentro de este aspecto económico, también se analiza la producción de volumen del destilador con el valor real obtenido de 1,5 l/d en agosto, teniendo una proyección climática que en el mes de enero y diciembre según el clima tendrían 2,5 litros diarios cada uno (Más producción debido a la temperatura que se alcanzan en esos meses).

El costo del equipo se calcula según la calidad de materiales y tomando en cuenta un tiempo de durabilidad de diez años. Con un presupuesto de estudio total de 405,60 dólares americanos (incluye gastos de materiales de laboratorio para el análisis y de construcción del equipo).

Todo lo anterior establece una conclusión lógica: El destilador solar de agua produce agua que es apta para consumo humano, los parámetros de laboratorio establecidos por la norma nacional para agua potable; sin embargo, debido al clima en la ciudad de Cuenca, no es factible implementar para una familia de 4, ya que no se destila la cantidad suficiente. Hecho que no lo descarta como una alternativa de tratamiento de agua potable que puede aportar a la universalización del acceso a agua potable.

7.1.2 Recomendaciones

Con los hallazgos encontrados se recomienda que:

- Durante el proceso de construcción, al momento de la implantación, se aplique el vidrio negro polarizado; en lugar del vidrio negro común, y que se aplique las tiras de aluminio en el vidrio para acelerar la evaporación y la condensación de gotas por mantener un gradiente térmico diferente al vidrio, lo cual permite un enfriamiento y así las gotas caigan con mayor rapidez a la canaleta.

- Se considere a la región costa y región oriente Ecuador, para la implantación del destilador solar puesto que en zonas cálidas donde la temperatura es elevada la evapotranspiración es mayor que en sitios fríos como la sierra. Revisar siempre la normativa ambiental vigente para aplicar este tipo de proyectos que involucren el uso, tratamiento o implementación agua apta para el consumo humano, ya que el agua de salida debe cumplir con los límites establecidos.
- Para el análisis de laboratorio, tener las muestras permanentemente en refrigeración para evitar alteraciones físicas o químicas, así mismo, durante el traslado, tapar con plástico film para evitar contaminaciones.
- La técnica de filtración por membrana permite detección de bacterias como *E. coli*. Este estudio eligió la metodología de Compact Dry, similar a Petri Film ya que permite un conteo rápido para pequeñas cantidades, por lo que es altamente recomendable.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Alban Ulloa, J. A. (2015). *DESTILADOR SOLAR PARA POTABILIZAR EL AGUA PARA UNA FAMILIA DE 3 A 4 PERSONAS EN EL SITIO BAJO ALTO, CANTÓN EL GUABO, PROVINCIA DE EL ORO*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Aldana Tique, A. J., & Pérez Rojas, R. A. (2017). *Propuesta para el tratamiento y aprovechamiento de lodos en una PTAP convencional. Caso de estudio : planta de tratamiento de agua potable de El Espinal - Tolima*. Bogotá: Universidad de la Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/702/
- Alfaro Arrieta, J. E. (2019). *Caracterización de la calidad del agua superficial en las subcuencas Quebrada Honda y Chiz-Maravilla, Cartago Costa Rica*. Cartago: Universidad Nacional. Obtenido de <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18785/TFG%20JORGE%20ERNES%20ALFARO%20ARRIETA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Apella, M., & Araujo, P. (2018). *Microbiología de agua*. Buenos Aires. Obtenido de https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf
- Ballesteros, V. A., & Gallego, A. P. (Julio-septiembre de 2019). Modelo de educación en energías renovables desde el compromiso público y la actitud energética. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(52), 27-42. Obtenido de <https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n52.2019.9652>
- Barreto Sáenz, P., & Espinoza López, G. (2019). *PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL*. UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”. Obtenido de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/PROCEDIMIENTO_DE_MUESTREO_DE_AGUA_SUPERFICIAL.pdf
- Benavides Ballesteros, H. O. (2018). Radiación Solar. IDEAM. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>
- Benavides Ortiz, C. A. (2020). *“Diseño y construcción de un destilador solar con sistema de lente Fresnel destinado a la desalinización de agua de mar”*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Bodí, M., & Garnacho, J. (15 de marzo de 2016). Pseudomonas aeruginosa: tratamiento combinado frente a monoterapia. *Medintensiva*, 1-16. Obtenido de <https://www.medintensiva.org/es-pseudomonas-aeruginosa-tratamiento-combinado-frente-articulo-13101464>
- Bohorquez Colombo, A. (2013). *La Energía Solar Térmica*. IDB. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-energ%C3%ADa-solar-t%C3%A9rmica-%C2%A1Deja-que-entre-el-sol!-Un-recurso-renovable-para-los-procesos-industriales.pdf>

- Bolaños Alfaro, J. D., Cordero Castro, G., & Segura Araya, G. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por potable como indicadores de contaminación ocasionada por*. Alajuela: Universidad de Costa Rica. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Calderón López, C. C., & Orellana Yáñez, V. E. (2015). *CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE QUE SE DISTRIBUYE EN LOS CAMPUS: CENTRAL, HOSPITALIDAD, BALZAY, PARAÍSO, YANUNCAY Y LAS GRANJAS DE IRQUIS Y ROMERAL PERTENECIENTES A LA UNIVERSIDAD DE CUENCA*. Cuenca: Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22285/1/Tesis.pdf>
- Campoblanco, H., & Gomero, J. (2000). IMPORTANCIA DE LOS RÍOS EN EL ENTORNO AMBIENTAL. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*. Obtenido de Revista : https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v03_n5/imp_rios.htm
- Ceuta Trace. (2015). *Linea verde CeutaTrace*. Obtenido de BUENAS PRÁCTICA SOBRE LA ENERGÍA: <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/guias-buenas-practicas-ambientales/energia/cuales-son-las-consecuencias-del-malgasto-de-energia.asp#>
- Chira Rodríguez, Alonso; Cárdenas Correa, César; Ma San Gómez, Fernando; Seminario Gastelo, Javier; Luna Seminario, Victor. (2020). *Comparativa entre sistemas de captación solar para el diseño y análisis de un sistema de acondicionamiento para un piso de oficinas*. Piura: Universidad de Piura. Obtenido de <http://purl.org/pe-repo/renati/type#trabajoDeInvestigacion>. Sustentada en septiembre del 2020
- COA, Art. 209. (12 de abril de 2017). CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. *Ley 0- Registro Oficial Suplemento 983* . Ecuador. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- COA, Art. 30. (12 de abril de 2017). CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. *Ley 0- Registro Oficial Suplemento 983*. Ecuador. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Colunga Mendoza, A., Olguin Granados, V., & Varela Tovar, O. (2020). *Mecanismos de transferencia de calor*. Escuela Superior Tepeji del Río. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/5589/7292>
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de octubre de 2008). *Constitución República del Ecuador*. Obtenido de Decreto Legislativo 0- Registro Oficial 449: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>

- Constitución de la República del Ecuador, Art. 12. (20 de octubre de 2008). Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador, Art. 14. (20 de octubre de 2008). Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador, Art. 411. (20 de octubre de 2008). Quito, Ecuador. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Cubecino, J. J. (2019). *DISEÑO E IMPLMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DESTILACIÓN SOLAR PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA POTABLE*. Reconsquita Santa Fe: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. Obtenido de <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/4137?show=full>
- Díaz Gutiérrez, S. (2021). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN DE AGUA APROVECHANDO LA HUMEDAD PRESENTE EN EL AIRE DEL MUNICIPIO DE URIBIA, LA GUAJIRA*. Bogotá D.C: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. Obtenido de <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/8441/1/4142858-2021-1-IM.pdf>
- DUQUE SARANGO, P. (2012). Estudio de la influencia de la adición de cloruro férrico en la sedimentabilidad de los fangos activados.
- Duque-Sarango, P. J., & Chinchay Rojas, L. V. (2008). Caracterización de residuos sólidos, efluentes residuales y evaluación de impactos ambientales en tres mataderos de ganado en la provincia de Loja-Ecuador. *In III Congreso Interamericano de Salud Ambiental Ecuador*.
- Duque-Sarango, P., Patiño, D. M., & López, X. E. (2019). Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical. *Información tecnológica*, 30(6), 351-362.
- EPA. (2018). *United States Environmental Protection Agency*. Obtenido de Energy and the Environment: <https://www.epa.gov/energy/clean-energy-programs>
- ETAPA EP. (2021). Planilla de Agua Potable en una vivienda. Cuenca, Ecuador.
- Fernández Zayas, J. L., & Chargoy del Valle, N. (enero de 2018). Destilador solar para agua. *Gaceta Instituto de Ingeniería, UNAM*, 1(129), 4-5. Obtenido de <http://gacetaii.iingen.unam.mx/GacetaII/index.php/gii/article/view/2440>
- Flores Valencia , M. A. (2021). “Análisis numérico de un destilador solar tipo caseta”. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Obtenido de <https://thesiscommons.org/ne8gz/>
- Flores, J., & Flores, R. (2018). La Enseñanza del Diagrama de Caja y Bigotes para Mejorar su Interpretación. *Revista Bases de la Ciencia - ISSN 2588-0764*, 3, 69-75. Obtenido de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/1107/1102>

- Fonseca, S., Brito, A., Perdomo, E., Andi3n, R., & Fernandez, M. (2012). *AN3LISIS EXERG3TICO DEL DESTILADOR SOLAR DE BANDEJA DE FIBRA DE VIDRIO*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852012000200006
- Fonseca, S., Fuentes, O., Rosales, J., & Miranda, E. (2017). Herramienta para la simulaci3n del comportamiento t3rmico y la productividad de destiladores solares de tipo invernadero. *Scielo*, 305-322.
- Forero Buitrago, G. A., Ram3rez Barreto, J. C., & Ram3rez Feo, G. A. (2020). Propuesta de almacenamiento de agua lluvia para suministrarla al municipio de Alb3n utilizando HEC-GeoHMS. *Avances: Investigaci3n En Ingenier3a*, 17(1), 1-25. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/6031/5779>
- Franek, A., Koncagul, E., Connor, R., & Hunziker, D. (2015). *AGUA PARA UN MUNDO SOSTENIBLE: Datos y Cifras*. Unesco. Obtenido de http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf
- Galv3n Mar3n, R. (2015). *CARACTER3STICAS F3SICAS, QU3MICAS Y BIOL3GICAS DE LAS AGUAS*. Obtenido de <https://static.eoi.es/savia/documents/componente48099.pdf>
- Garc3a Blanes, L. (2020). *Medida de la conductividad en l3quidos con procesamiento en microcontrolador*. Universidad de Almer3a. Obtenido de <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/9923/GARCIA%20BLANES%2c%20L AURA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garc3a Jim3nez, K. (2020). *PURIFICACI3N DE AGUA LOCAL PARA CONSUMO HUMANO CON UN DESTILADOR SOLAR DE ALTA EFICIENCIA PARA ENTORNOS DOM3STICOS RURALES 3RIDOS*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7113/1/PC-001031.pdf>
- Garc3a, J. (2019). *Simulaci3n y caracterizaci3n del da3o por radiaci3n*. San Mart3n: UNIVERSIDAD NACIONAL DE GENERAL SAN MARTIN. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Javier_Garcia15/publication/336471459_Simulacion_y_caracterizacion_del_dano_por_radiacion_en_celdas_solares/links/5da1e2bb92851c6b4bd0e7d8/Simulacion-y-caracterizacion-del-dano-por-radiacion-en-celdas-solares.pdf
- Genera Barreto, J. D., & Mora G3mez, M. V. (2017). *EVALUACI3N DE PARAMETROS FISICOQU3MICOS EN AGUA LLUVIA DE ESCORRENTIA EN TRES PUNTOS CON TIPOS DE SUELO INDUSTRIAL, RESIDENCIAL Y VEHICULAR EN BOGOT3 CON PROYECCI3N A SISTEMA URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE*. Bogot3 D.C: UNIVERSIDAD SANTO TOM3S DE AQUINO. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9236/2017juangerena.pdf?sequence=4>

- Gómez Duarte, O. G. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista de la Facultad de Medicina*, 6(1), 7-8. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00112018000100007
- Gonzales Bedoya, M. A. (2015). *ESTANDARIZACION DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE PH, ALCALINIDAD Y TURBIDEZ EN MUESTRAS DE AGUA POTABLE EN EL LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN MUNICIPAL DE ACUEDUCTOS COMUNITARIOS DE DOSQUEBRADAS (AMAC)*. Pereira: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71398369.pdf>
- González Cobo, X. E. (2020). *ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA OBTENIDA A PARTIR DE UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN DE LA HUMEDAD DEL AIRE*. Guayaquil: UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GONZALEZ%20COBO%20XAVIER%20ERNESTO.pdf>
- Grande Verdugo , J. C., & Ortiz Blanco , S. (2019). *DESTILACION SIMPLE Y FRACCIONADA: METODO DE PURIFICACION DE LIQUIDOS*. Bucaramanga: Industrial de Santander, Facultad de Ciencias. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60871656/INFORME_1_DESTILACION20191011-99877-kv8gr1-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1623443269&Signature=S~6-7p-Ug-NPwbJaTS-fyc4n9Z5iiPCetc-x6DIG1IE3DkKCbCr4H4~H~Niltuspz7sMcyGIvQL7R2KKq21GKazKrAHvZ2egp~UB8SOruGNYNx2rn
- Guerrero Cornejo, N. M., & Pisco Demera, V. G. (2020). *EFICIENCIA DE UN DESTILADOR SOLAR, ADAPTANDO COLECTOR Y REFLECTOR SOLAR*. Calceta: ESPAMMFL. Obtenido de <http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/1329/1/TTMA10D.pdf>
- Harvey , J., & Camacho , I. (2020). *Nitratos en Agua Potable*. Oregon: Department of Environmental Quality. Obtenido de <https://www.oregon.gov/deq/FilterDocs/NitrateSpanishVersion.pdf>
- Hermosillo, J. J. (2016). *Destilación Solar*. Guadalajara: ITESO. Obtenido de [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Destilaci%C3%B3n%20Solar%20\(Huella%2016\).pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Destilaci%C3%B3n%20Solar%20(Huella%2016).pdf)
- Hernández González, S. I. (2015). *Evaluación de la calidad físico-química y bacteriológica del arroyo Coyopolan del municipio de Ixhuacán de los Reyes., Veracruz*. Xalapa: Universidad de Veracruzana. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/42105/HernandezGonzalezSandra.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Huaquisto Cáceres, S., & Chambilla Flores, I. G. (2019). ANÁLISIS DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE SALCEDO, PUNO. *Investigación*

- y *Desarrollo*, 19(1), 133-144. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v19n1/v19n1_a10.pdf
- Ibarrarán, M. E., Mendoza, A., Pastrana, C., & Manzanilla, E. J. (2017). Determinantes socioeconómicos de la calidad del agua superficial en México. *Región y Sociedad*, 69, 89- 120. Obtenido de <https://regionysociedad.colson.edu.mx:8086/index.php/rys/article/view/325/1051>
- Idrovo, C. (2010). *OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE UCHUPUCUN*. Cuenca: Univesidad de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2426/1/tq1066.pdf>
- INHAMI. (2021). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <https://inamhi.wixsite.com/inamhi/novedades>
- Intriago Basurto, J. K., & Zambrano Solórzano, D. (2017). *REPOTENCIACIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR PARA AGUA SALINA POR MEDIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA*. Calceta: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ. Obtenido de <http://repositorio.esпам.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/628/TMA146.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lenntech. (1998). *Estándares de calidad del agua potable*. Países Bajos. Obtenido de <https://www.lenntech.es/tabla-comparativa-estandares-oms-ue.htm>
- Lopardo, H., Predari, S., & Vay, C. (2016). *Manual de microbiología clínica de la Asociación Argentina de Microbiología: enterobacterias*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Asociación Argentina de Microbiología. Obtenido de <https://www.aam.org.ar/descarga-archivos/Parte21Enterobacterias.pdf>
- López Merodio, I. (Junio de 2019). La energía renovable: Importancia de su implantación y desarrollo. (F. d. Empresariales, Ed.) Madrid: ICADE. Obtenido de <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/28331/TFG.%20LApez%20Merodio%2c%20Iker.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- LORHA, Art. 71. (06 de agosto de 2014). LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. *Ley 0- Registro Oficial Suplemento 305*. Ecuador. Obtenido de <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Lucio, Á. (4 de Diciembre de 2015). *Diseño de un destilador solar destinado a la potabilización de agua de lluvia*. Obtenido de [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/TESIS%20DESTILADOR%20SOLAR%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/TESIS%20DESTILADOR%20SOLAR%20(2).pdf)
- Luna Peñafiel, J. F., & Ruiz Antamba, L. A. (2017). *Diseño y construcción de un sistema de destilación solar tipo cascada para la obtención de 180 ml/día de agua destilada tipo IV*.

- Quito: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14493/4/UPS-KT01415.pdf>
- Luna, C. E. (2018). *Modelación y Simulación Dinamica para el Diseño de un Destilador Solar*. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/16572/1/Sant%C3%ADn%20Luna%2C%20C%C3%A9sar%20Eduardo.pdf>
- Luque Di Ruggerio, F., & Romero, M. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DESTILADOR DE AGUA SALADA ALIMENTADO POR MEDIO DE ENERGÍAS RENOVABLES*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Malacatus, P., & Chamorro, E. (2017). Análisis de eficiencia de remoción de contaminantes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en extracción de aceite de palma. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 2(7), 61-68.
- Martínez, M., & Osorio, A. (2018). *VALIDACIÓN DE UN MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE COLOR REAL EN AGUA*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rfc/article/view/68086/64645>
- Mendoza, L., Rosas, D., Zamar, S., & Nickisch, M. B. (2011). *Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego)*. Red de INTA de Laboratorios de Suelo, Agua y Materia Vegetal. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-protocolo_de_muestreo_de_aguas_inta.pdf
- Microplanet Laboratorios, SL. (2019). *MicroPlanet*. Obtenido de Compact Dry placas de cultivo microbiológico: https://jornades.uab.cat/workshopmrama/sites/jornades.uab.cat.workshopmrama/files/compact_dry.pdf
- Molina, E., Quesada, F., Calle, A., Ortiz, J., & Orellana, D. (2018). CONSUMO SUSTENTABLE DE AGUA EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE CUENCA. (UPS, Ed.) *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-860X2018000200028
- Montalvan-Ochoa, F., Robles-Bykbaev, V., Duque-Sarango, P., & González-Arias, K. (2020). An educational rule-based expert system to determine water quality for environmental engineering and biotechnology students. *In 2020 IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE)*, (pp,1-6). IEEE.
- Navas, M., Ortega, F., & Sanchez, G. (Febrero de 2017). *Normas de Calidad*. Obtenido de Guia del joven profesional: <https://cpcesj.org.ar/web/files/item/img/76/Normas%20de%20Calidad.pdf>
- Nissui Pharmaceutical CO., LTD. (2021). *Compact Dry Nissui EC For Coliform and E. Coli*. Nissui Pharmaceutical .

- NTE INEN 1108. Literal: 7. (enero de 2014). Norma Técnica Ecuatoriana. *Instituto Ecuatoriano de Normalización 1108*. Ecuador. Obtenido de <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>
- NTE INEN 2169:2013. Literal 4. (junio de 2013). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Ecuador. Obtenido de https://gestionambiental.pastaza.gob.ec/biblioteca/legislacion-ambiental/patrimonio_natural/nte_inen_2169_1_agua_calidad_agua_muestreo_manejo_conservacion_muestras.pdf
- NTE INEN 2169:2013. Literal 5. (junio de 2013). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Ecuador. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf?x42051>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Agua potable salubre y saneamiento básico en pro de la salud. *Agua, saneamiento y salud (ASS)*. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/
- Pellón, D. (2020). Simulación dinámica y propuesta de mejora de un destilador solar de tipo caseta. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/41214/TFG-I-1509.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perdomo Villamil, M. A. (2017). *Importancia de la implementación de la regulación para el uso de energías renovables en Colombia*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14994>
- Pérez López, E. (2016). *Quality control of water for human consumption in the region of the West in Costa Rica*. Costa Rica: Revista Tecnológica en Marcha. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000300003
- Pérez Peláez, J. (2019). *Producción de energía térmica para procesos industriales mediante energía solar fotovoltaica*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/94607>
- Perez, A., Delgado, L., Escobar, J., Cruz, C., & Torres, P. (Febrero de 2018). *ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL EN PLANTAS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO DE AGUA*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Torres-Lozada-2/publication/323799954_Hazard_analysis_and_critical_control_points_in_conventional_water_treatment_plants/links/5b3d3143a6fdcc8506f56ab4/Hazard-analysis-and-critical-control-points-in-convention

- Pérez, J., & Tenze, A. (2018). La participación ciudadana en la Gestión del Patrimonio Urbano de la ciudad de Cuenca (Ecuador). *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 7, 129-141. Obtenido de <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/view/2173>
- Pinzón, J. A. (2018). *Prototipo generador de agua a partir de condensación del aire*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13459>
- Quiroz Fernández, L. S., Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental- La Habana*, 38(3).
- Ramírez Mejía, N. E. (2017). *Comparación de métodos Compact Dry y 3MTM Petrifilm™ con el método estándar INEN ISO 21149:2006 para el recuento de bacterias aerobias mesófilas en una crema cosmética*. . Ciencias Biológicas y Ambientales. Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13313/1/T-UCE-0016-016.pdf>
- Ramos Ortega, L., Vidal, L., Vilardy, S., & Saavedra Díaz, L. (2008). ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA (COLIFORMES TOTALES Y FECALES) EN LA BAHÍA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO. *Acta Biológica de Colombia*, 13(3), 87-98. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>
- Ramos, P. (19 de diciembre de 2017). *Inta.gob*. Obtenido de Destilador solar de agua: una tecnología potencial en el Nordeste: <https://inta.gob.ar/noticias/destilador-solar-de-agua-una-tecnologia-con-potencial-en-el-nordeste>
- Rios Tabón, S., Agudelo Cadavid, R., & Gutiérrez Builes, L. (2017). *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano*. Universidad de Antioquia. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>
- Rivas Cárdenas, D. (2018). *El clima, caracteres, causas, clasificación, fenómenos y alteraciones climáticas. Aplicación didáctica*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMAN Y VALLE. Obtenido de <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/4103/EI%20clima%2C%20caracteres%2C%20causas%2C%20clasificaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas Arias, L. D. (2020). *SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA EN ACTIVIDADES INDUSTRIALES*. Villavicencio: Universidad Santo Tomás. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30472/2020laurarojas?sequence=9&isAllowed=y>

- Rojas, A. L. (Diciembre de 2015). *Diseño de un Destilador Solar Destinado a la Potabilización de Agua de Lluvia*. México, D.F.: Intituto Politécnica Nacional . Obtenido de https://estliveupsedu-my.sharepoint.com/personal/dfernandezd1_est_ups_edu_ec/Documents/1.%20Universidad%20Politecnica%20Salesiana/10mo%20TRABAJO%20DE%20TITULACION%20C3%93N/Investigacion/TESIS%20DESTILADOR%20SOLAR%20LUCIO%20ROJAS.pdf?CT=1621279811747&OR=ItemsV
- Romero-Martínez, L., Duque Sarango, P., Acevedo-Merino, A., & Nebot, E. (2019). Comparing the inactivating efficacy of enteric bacteria in seawater treated with different configurations of continuous flow-through ultraviolet devices: single-pass and recirculation. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 94(9), 2980-2989.
- Rossel Benerdo, L. J., Rossel Benerdo, A., Mayhua, F., Ferro Gonzales, A., & Zapana Quispe, R. (2020). Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1), 68-77. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572020000100068&script=sci_arttext&lng=en
- Ruiz Espejo, M. (2017). Estimación de la desviación estándar. (U. C. Murcia, Ed.) *Estadística Española*, 59(192), 37-44.
- Salas Rodríguez, J. J., Pidre Bocado, J. R., & Fernández, I. (2016). *Manual de Tecnologías No Convencionales para la depuración de aguas residuales* (Vol. 1 y 2). Sevilla: Instituto del Agua de Andalucía. Obtenido de <https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/tecnologias-no-convencionales-de-tratamiento-de-aguas-diseno-y-mantenimiento>
- Salazar Salas, L. A. (2019). *Implementación de un sistema de captación y filtración de agua lluvia en la vereda Verdín del Socorro, Santander*. Manizales: Universidad de Manizales. Obtenido de http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4357/Alexandra_InformeFinal_.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Santillán Gutierrez, K. M. (2020). *Eficiencia del carbón activado obtenido del endocarpo de coco (Cocos nucífera), para la reducción de color y turbiedad en el agua de escorrentía del sector San Lorenzo*. Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3942/ING.%20SANITARIA%20-%20Karla%20Milagros%20Santill%C3%A1n%20Gutierrez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santín Luna, C. E. (2014). *Modelación y Simulación Dinámica para el diseño de un destilador solar*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Santos, A. (2019). DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR DE CASETA. Obtenido de

<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8073/Dise%C3%B1o%20de%20construcci%C3%B3n%20y%20caracterizaci%C3%B3n%20de%20un%20destilador%20solar%20de%20caseta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Secretaria del Agua. (marzo de 2016). MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA SOLICITUD DE AUTORIZACION DEL uso Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA Y DEMAs ACTOS ADMINISTRATIVOS AFINES. Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec/files/Manual%20aprobado%20autorizaci%C3%B3n%20del%20uso%20y%20aprovechamiento%20del%20agua.pdf>

Sierra Ramírez, C. A. (2011). Calidad del agua- Evaluación y diagnóstico-. Medellín: Universidad de Medellín. Obtenido de file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Calidad_del_agua_evaluacion_y_diagnostic.pdf

Silva Vidal, Y. (07 de marzo de 2015). La radiación solar y su relación con el calentamiento global. Lima: PUCP. Obtenido de PUCP: <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/la-radiacion-solar-y-su-relacion-con-el-calentamiento-global/>

Solís Castro, Y., Zúñiga Zúñiga, L. A., & Mora Alvarado, D. (2018). *La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica*. Costa Rica. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>

Spiegel, C., & Cifuentes, J. I. (2016). *DEFINICION E INFORMACION DE ENERGIAS RENOVABLES*. San Carlos: USAC. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4455/1/DEFINICION%20E%20INFORMACION%20DE%20ENERGIAS%20RENOVABLES.pdf>

Sucozhañay Calle, A. E. (2015). *ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIO TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CIUDAD DE CUENCA DURANTE EL PERÍODO FEBRERO – JULIO DE 2014*. Cuenca: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21687/1/TESIS.pdf>

Tabuada, B. (Marzo de 2015). *Diseño y Construcción de un Destilador Solar para agua de una capacidad de 200 ml/día para los laboratorios del CIVABI*. Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8615/6/UPS-KT01071.pdf>

Torres Hugues, R. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental- La Habana*, 40(2), 125-139. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000200125

Torres Silva, S., Tapia Calvopiña, I., Goetschel Gomez, L., & Pazmiño Salazar, E. (2020). *Análisis físico - químico e influencia de los minerales disueltos en el sabor del agua potable, de las principales plantas de tratamiento de Quito*. Quito: Universidad UTE. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422020000400057

- TULSMA. (29 de marzo de 2017). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA*. Obtenido de TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE- LIBRO VI ANEXO 1: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- TULSMA- LIBRO VI. (04 de noviembre de 2015). REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2, 31/03/2003. *Acuerdo Ministerial 97- Registro Oficial Edición Especial 387*. Ecuador. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- TULSMA Libro VI- Anexo I. (04 de noviembre de 2015). REVISION DEL ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA. *Acuerdo Ministerial 97- Registro Oficial Edición Especial 387*. Ecuador. Obtenido de <https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf>
- Valle Mendoza, W. L., & Méndez Suazo, H. A. (2015). *El Medio Ambiente y los Recursos Naturales*. Juigalpa: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN- FAREM-CHONTALES "Cornelio Silva Arguello". Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/1745/1/10389.pdf>
- Vanegas Chaverra, E. D. (2020). *Efecto del agua destilada y agua lluvia en la respuesta físico mecánica de un suelo residual originado de rocas ígneas*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78450/1044101307.2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Vargas Pineda, O. I., González García, N., & Trujillo González, J. M. (2018). ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA LLUVIA A PEQUEÑA ESCALA CON FINALIDAD PECUARIA. *Revista Luna Azul*, 46, 20-32. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Juan-Trujillo-Gonzalez-2/publication/325229481_Analisis_de_un_Sistema_de_cosecha_de_agua_lluvia_a_pequeña_escala_con_finalidad_pecuaria/links/5aff372aaca2720ba095e557/Analisis-de-un-Sistema-de-cosecha-de-agua-lluvia-a-
- Vásquez Contreras, E., & Rojas Pérez, T. G. (2016). *pH: Teoría y 232 problemas*. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana. Obtenido de <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>
- Vera Carrasco, O. (2019). CÓMO ESCRIBIR ARTÍCULOS DE REVISIÓN. *Med. La Paz*, 15. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1726-89582009000100010&script=sci_arttext
- Vera, C., & Camilloni, I. (2018). *Explora las Ciencias en el Mundo Contemporáneo*. Obtenido de El Ciclo del Agua: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002315.pdf>

- Villanueva Montealegre, M. Á., & Avila Rojas, J. D. (2019). *ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA (TURBIEDAD Y COLOR) DE UN SISTEMA DE FILTRACIÓN DE FLUJO ASCENDENTE CONSTRUIDO CON MATERIALES GRANULARES PARA BAJANTES DE AGUA LLUVIA*. Bogotá D.C: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24923/1/AN%C3%81LISIS%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20FILTRACI%C3%93N%20DE%20FLUJO%20ASCENDENTE%20PARA%20BAJANTES%20DE%20AGU.pdf>
- Viloria Avila, T., Pesantez, A., Vázquez Silva, E., Delgado, E., Duque, P., & Sajo-Bohus, L. (2020). Niveles de radio 226 en la Trucha Arcoíris, macroinvertebrados-sustratos y agua adyacente a la concesión minera Loma Larga, Azuay, Ecuador. *Earth Sciences Research Journal*, 24(1), 29-34.
- Vinuesa, P. (2016). *Regresión lineal simple y polinomial: teoría y práctica*. UNAM. Obtenido de https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema9_regresion.html
- Yabroudi, S., Carmen, C., Aldana, L., Núñez, J., & Herrera, L. (octubre de 2011). Desalinización de agua empleando un destilador solar tubular. *Interciencia*, 36(10), 731-737. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33921449004.pdf>
- Yunus, A., & Afshin, J. (2011). *Transferencia de Calor y Masa*. Mexico D.F: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Zegarra Méndez, E. (2014). *Economía del agua*. Lima: GRADE- Grupo de Análisis para el Desarrollo. Obtenido de <http://www.grade.org.pe/novedades/economia-del-agua/>

9 ANEXOS

9.1 Anexo 1

Tabla 16:

Técnicas generales para la conservación de muestras – análisis fisicoquímico

TABLA 1. Técnicas generales para la conservación de muestras - análisis físico-químico.

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
Color	P o V	500	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C	5 días	Mantener muestras almacenadas en la oscuridad. En caso de las aguas subterráneas, ricas en hierro (II), el análisis debe llevarse a cabo in situ, dentro de 5 min de recogida de muestras	970
Nitrato	P o V	250	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	24 h		975 995
	P o V	250	Acidificar entre pH 1 a 2 con HCl	7 días		
	P	250	Congelar a - 20 °C.	1 mes		
pH	P o V Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	100	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	6 h	La prueba debe llevarse a cabo tan pronto como sea posible y, preferentemente, inmediatamente en el lugar después del muestreo.	973
Turbiedad	P o V	100	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C. Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	24 h	Preferiblemente llevar a cabo en el campo.	

Fuente: (NTE INEN 2169:2013. Literal 5, 2013)

Tabla 17:*Distribución de los parámetros de análisis según el tipo de conservación usado***TABLA 2. Distribución de los parámetros de análisis según el tipo de conservación usado
(Anexo a la tabla 1)**

Conservación por	Recomendado para	No recomendado para
Acidificación a pH < 2	Metales alcalinos Aluminio Amonio (pero no si se requiere por separado el amonio libre y el total) Arsénico Metales alcalinotérreos Nitrito Dureza total Fósforo total Metales pesados	Cianuros Sulfuros Carbonatos, bicarbonatos, dióxido de carbono Sulfitos, dióxido de azufre Tiosulfatos Nitritos Fosfonatos (si la técnica indica) Surfactantes y ésteres Hexametileno tetramina No usar ácido sulfúrico para Calcio, Estroncio, Bario, Radio y Plomo No usar ácido clorhídrico para Plata, Talio, Plomo, Bismuto, Mercurio(II) y Antimonio No usar ácido nítrico para estaño
Refrigeración de 2°C a 5°C	Acidez, alcalinidad Amonio Bromo y sus compuestos Clorofila Ioduros Nitrógeno (kjeldahl) Conductividad Nitrito Nitrito Olor Ortofosfatos Fósforo Sulfatos Surfactantes catiónicos Residuo seco Sólidos totales Bioensayos	

Fuente: (NTE INEN 2169:2013. Literal 5, 2013).

9.2 Anexo 2



Figura 16:

Recolector de agua lluvia

Fuente: Elaboración Propia.

9.3 Anexo 3

Tabla 18:

Verificación de materiales óptimos para construcción

Uso en el destilador	Tipo de material	Características del material
Material para la cubierta	Plástico	Alta resistencia a la intemperie
	Polimetilmetacrilato	Alto índice de refracción Transparencia comprendida entre el 85 y el 92%, por lo que deja pasar casi todos los rayos UV Difusión casi nula
	Vidrio	Resistente a los agentes químicos No contamina el agua destilada
Material para tuberías de transporte	Cobre	Conductividad térmica elevada Elevado costo
	Aluminio	Alta conductividad Baja densidad Estable al aire y resistente a la corrosión por el agua
	PVC	Resistente y ligero Alto aislamiento térmico No presenta corrosión
Material para estructura de soporte	ACERO inoxidable	No presenta corrosión Resistente a la intemperie
	Hierro	Bajo costo Fácilmente oxidable.
Material para aislamiento térmica	Fibra de vidrio	Soporta altas temperaturas Buen aislante térmico Bajo costo
	Durapax	Alto aislamiento térmico Baja densidad Bajo costo

Fuente: (Luna Peñafiel & Ruiz Antamba, 2017).

9.4 Anexo 4

Tabla 19:

Información sobre dimensiones de materiales en el destilador

Parte del destilador	Material	Norma	Dimensiones (mm.)
Estructura base	Tubo cuadrado de hierro	SAE 1010	38 x 2
Estructura soporte	Ángulo de hierro	SAE 1010	20 x 2
	Platina de hierro	SAE 1010	25 x 3
	Placa de vidrio		3
Canaleta recolectora	Angulo de acero	AISI 304	25 x 3
Bandeja colectora	Plancha de acero	AISI 304	1
Tol de soporte	Plancha tol	SAE 1010	1.4
Seguros de cierre	Acero al carbono	SAE 1018	15
Soporte cubierta-	Platina	SAE 1010	30 x 3

Fuente: (Rojas, 2015).

9.5 Anexo 5

MAPA DE UBICACIÓN DEL DESTILADOR SOLAR PARA OBTENCIÓN DE AGUA

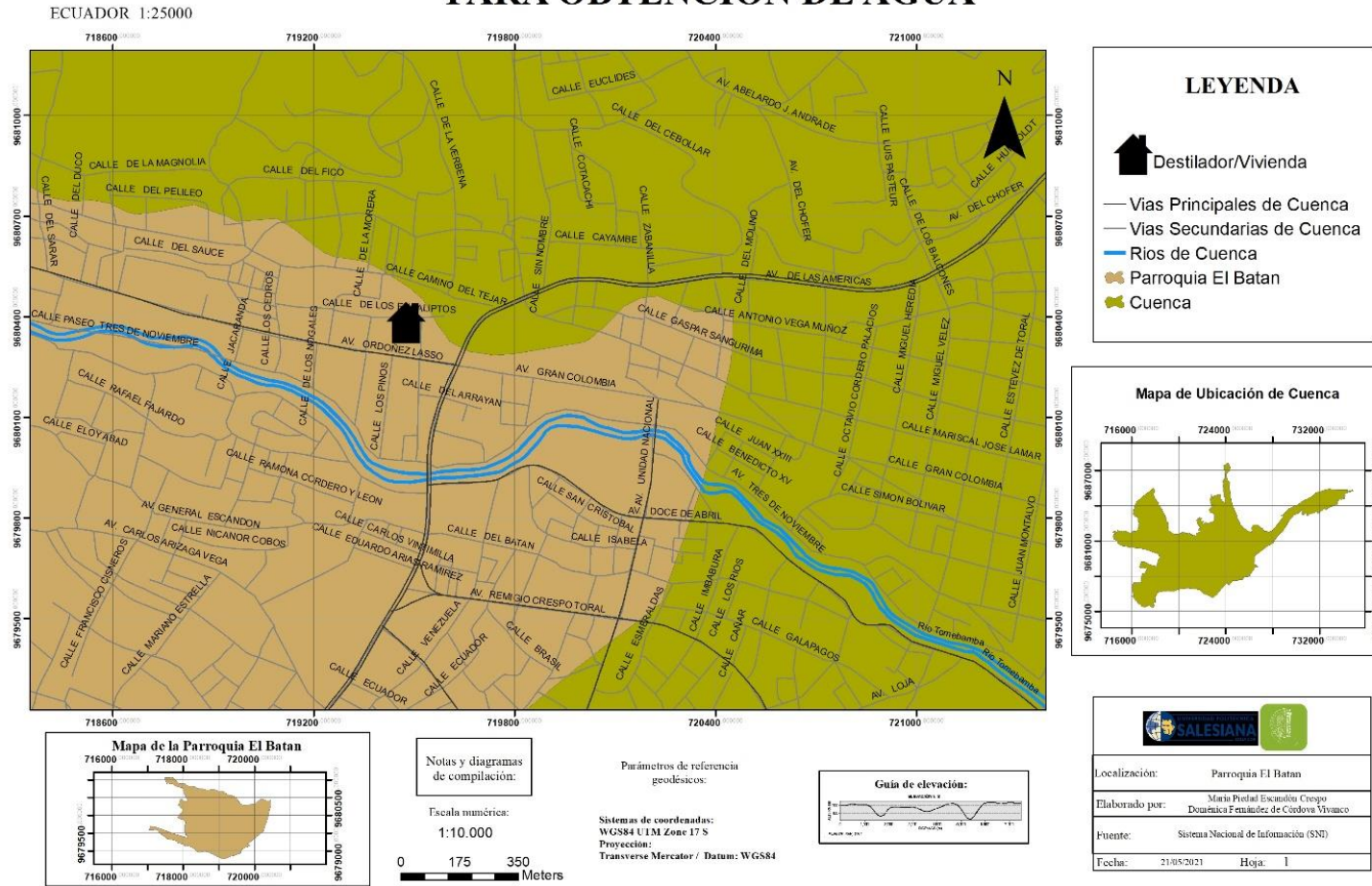


Figura 17:
Mapa Específico de Ubicación del Destilador Solar dentro de la ciudad

Fuente: Elaboración Propia.

9.6 Anexo 6

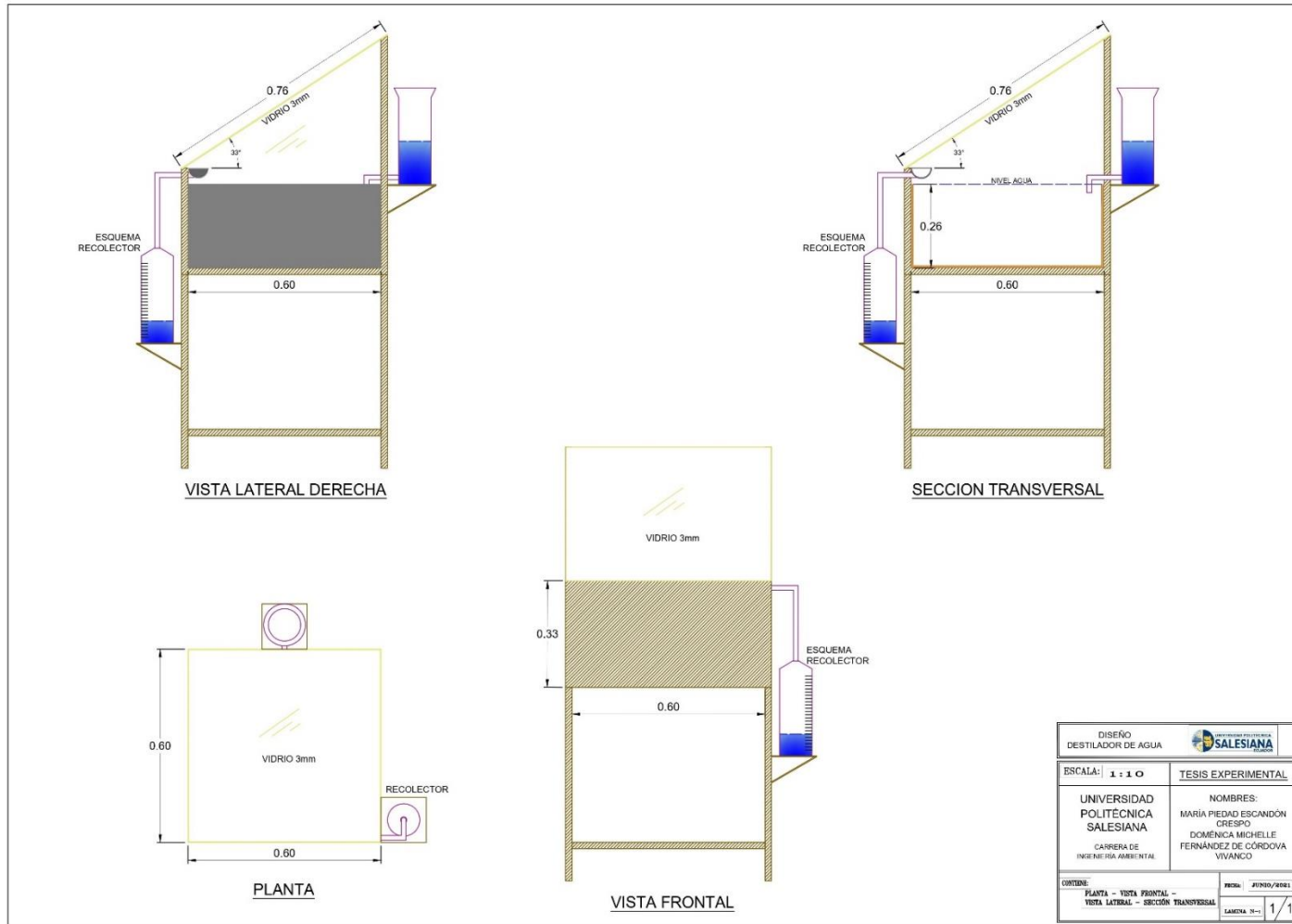


Figura 18:
Plano del Destilador con dimensiones

Fuente: Elaboración Propia.

9.7 Anexo 7



Figura 19:
Tanque recolector de agua lluvia

Fuente: Elaboración Propia.

9.8 Anexo 8



Figura 20:
Plancha de acero inoxidable

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 21:
Dobles de la plancha de acero inoxidable

Fuente: Elaboración Propia.

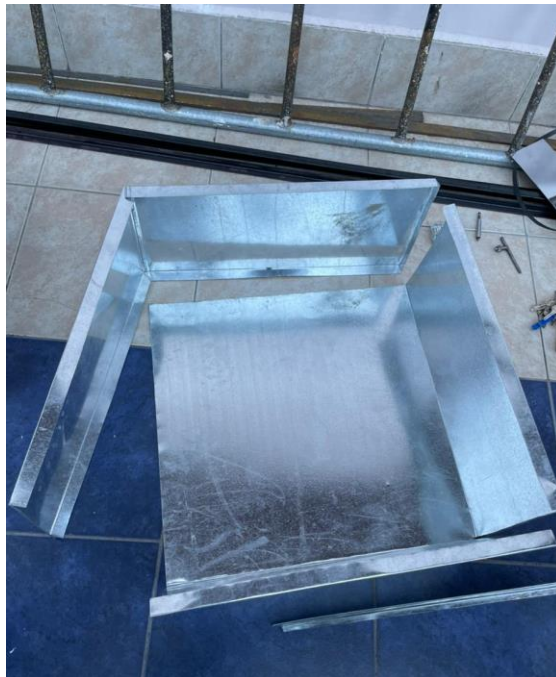


Figura 22:
Elaboración de la bandeja parte exterior con tol galvanizado

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 23:
Dobles de las paredes superiores del destilador con acero inoxidable

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 24:
Encaje de la bandeja y las paredes superiores del destilador con acero inoxidable y tol galvanizado

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 25:
Lana de vidrio como aislante térmico

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 26:
Implementación de mesa de soporte

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 27:
Pintura negra para las paredes exteriores del destilador

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 28:
Válvula de ingreso de agua

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 29:
Válvula de desfogue de agua para limpieza

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 30:
Canaleta principal de recolección de agua destilada

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 31:
Prototipo final del destilador sin ajustes

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 32:
Implantación del ajuste de acero inoxidable a parte superior de las paredes

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 33:
Implementación de tiras de aluminio al vidrio

Fuente: Elaboración Propia.

9.9 Anexo 9



Figura 34:
Lavandería lugar de implantación

Fuente: Elaboración Propia.

9.10 Anexo 10



Figura 35:
Recolección de muestras de agua rio

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 36:
Ingreso de agua de rio al destilador

Fuente: Elaboración Propia.

9.11 Anexo 11



Figura 37:
Pequeñas gotas de agua destilada en la canaleta principal

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 38:
Gotas de agua destilada en el vidrio

Fuente: Elaboración Propia.

9.12 Anexo 12



Figura 39:
Tanque recolector de agua destilada

Fuente: Elaboración Propia.

9.13 Anexo 13

Tabla 20:

Presupuesto de material de laboratorio

Material- Insumo	Cantidad	Costo USD
Caja de Mascarillas	1 caja (50 unid)	\$2,15
Caja de Guantes talla pequeña	1 caja (100 unid)	\$12,62
Fundas herméticas con cierre	2 cajas (25 unid c/u)	\$2,94
Cloro	1 botella (1 litro)	\$0,74
Sellos de colores para nomenclatura de materiales	1 paquete	\$0,68
Papel aluminio	1 paquete (w-12")	\$0,93
Alcohol Antiséptico Dispensador	1 botella	\$2,18
Paquete de Placas Compact Dry Ec	11 paquetes (4 unid c/u)	\$151,66
Cofia	1 caja (10 unid)	\$1,00
Mandil de laboratorio	2/persona	---
Ajuste de pago de materiales al uso de laboratorio		
Kit de nitratos	4 veces de uso	\$5,00
Puntas de pipeta	17 (1000ul c/u)	\$1,70
TOTAL		\$181,60

Fuente: Elaboración Propia.

9.14 Anexo 14



Figura 40:
Material de laboratorio

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 41:
Equipo autoclave para esterilizar los materiales

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 42:
Muestras para el análisis de agua lluvia y río

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 43:
Colocación de las muestras en los vasos de precipitación para su análisis

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 44:
Mezcla de las muestras de agua río y lluvia

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 45:
Agua de entrada y salida para análisis

Fuente: Elaboración Propia.

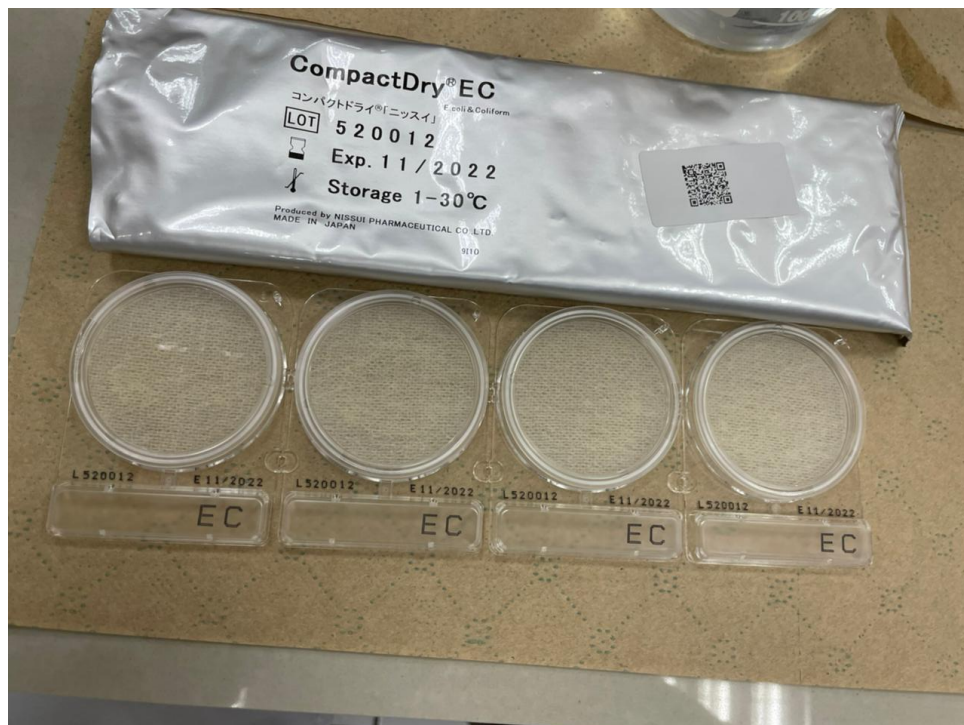
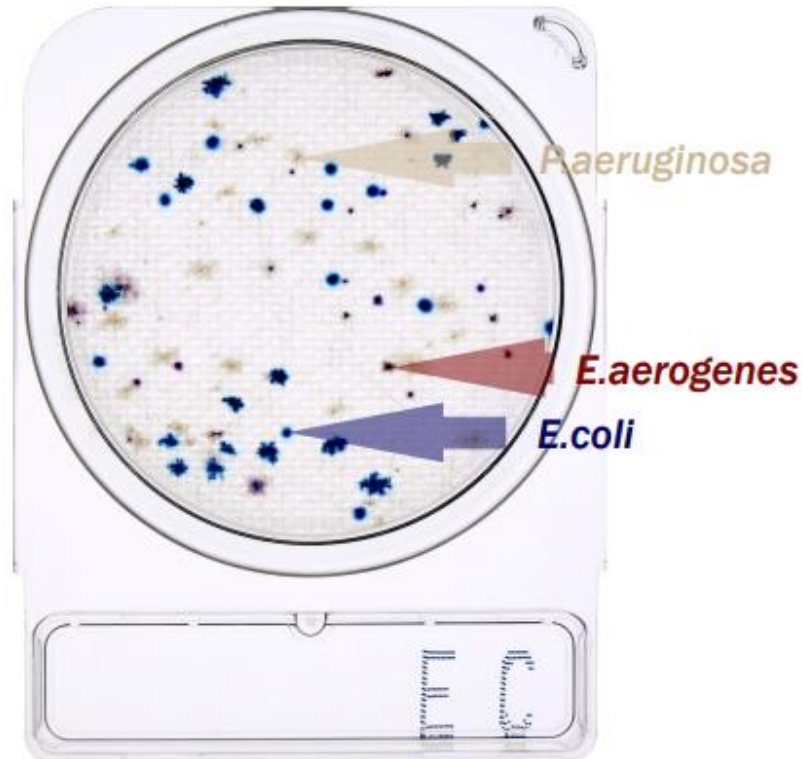


Figura 46:
Placas para el análisis de bacterias E. coli

Fuente: Elaboración Propia.

Compact Dry "Nissui" EC For Coliform and *E.coli*

USER'S MANUAL
1



► Medium contains 2 kinds of chromogenic enzyme substrates that develop red/pink color for coliform and white blue/blue color for *E.coli*.

► Incubate for 24 hours at $35 \pm 2^\circ\text{C}$.

Main component : Chromogenic enzyme substrates Magenta-GAL and X-GLUC

Certificates : AOAC (PTM), MicroVal

Storage : Keep at room temperature (1°C - 30°C)

Shelf life : 18 months after manufacturing

Package : Compact Dry "Nissui" EC 40 plates (Code: 06742)

: Compact Dry "Nissui" EC 240 plates (Code: 06743)

- Compact Dry is manufactured based on Nissui's original patented technology. -

 NISSUI PHARMACEUTICAL CO., LTD.

3000BEC-ECIL-MN-V1

Figura 47:

Manual de placas Compact Dry Nissui

Fuente: (Nissui Pharmaceutical CO., LTD, 2021).

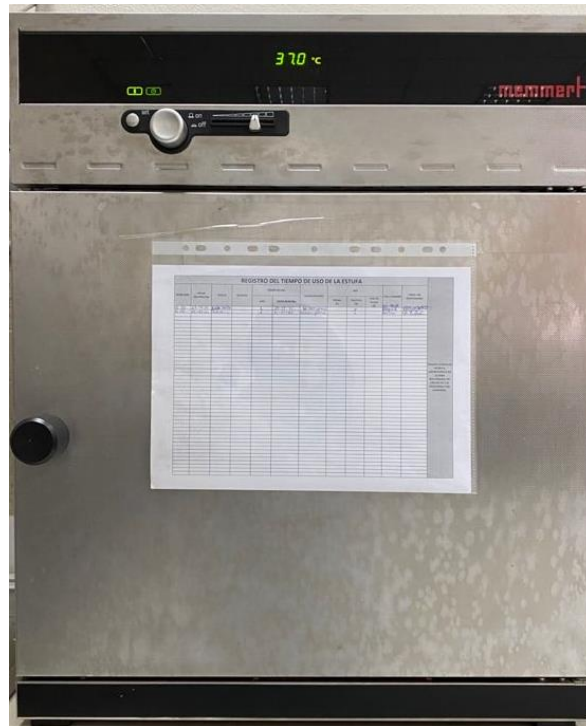


Figura 48:
Equipo mufla

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 49:
Muestras de bacterias en la mufla

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 50:
Contador de bacterias

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 51:
Determinación de parámetros físicos

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 54:
Placa con bacterias E. coli (azules)

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 55:
Resultado color

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 56:
Resultado de conductividad

Fuente: Elaboración Propia.

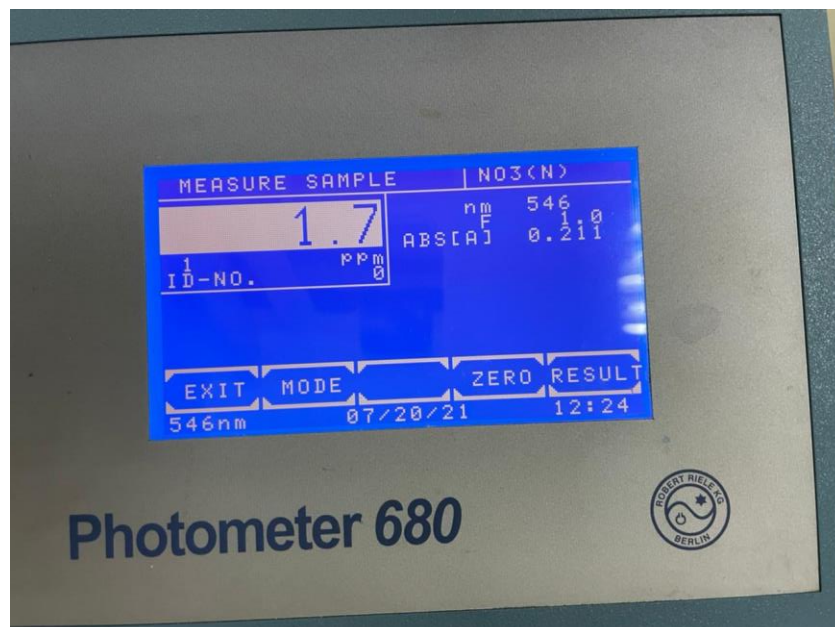


Figura 57:
Resultado de nitratos

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 58:
Resultado de pH

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 59:
Resultado de turbiedad

Fuente: Elaboración Propia.

9.15 Anexo 15

Tabla 21:

Resultados Laboratorio Color

Parámetro: Color- Unidad Medida: ---								
Semana	S1		S2		S3		S4	
Muestra	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
M1	64	8						
R1	70	29						
M2			34	20				
R2			30	20				
M3					28	12		
R3					11	4		
M4							30	8
R4							32	26

Fuente: Elaboración Propia.

Para el parámetro organoléptico color se realizó cuatro muestras con su repetición como se lo muestra en la tabla 21, los valores expresados no presentan mucha diferencia entre la muestra inicial y su réplica. Además, se observa que en el agua de entrada los valores son un poco altos en comparación con los de salida, debido a que el agua fue muestreada en la orilla del río donde existe una contaminación representativa, pero los de salida presentan un valor bajo, ya que es el producto del destilador solar. Por lo tanto, de acuerdo con la normativa estos valores se encuentran dentro

del rango permisible, indicando que la calidad del agua de consumo humano es buena y no hay presencia de factores de riesgo.

9.16 Anexo 16

Tabla 22:
Resultados Laboratorio Turbiedad

Parámetro: Turbiedad- Unidad Medida: FTU									
Semana	S1		S2		S3		S4		
Muestra	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	
M1	5	4							
R1	5	3							
M2			7	1					
R2			4	2					
M3					4	1			
R3					5	1			
M4							8	3	
R4							5	2	

Fuente: Elaboración Propia.

Según la tabla 22 en la medición de turbiedad todas las muestras de salida presentaron valores dentro del límite estipulado en la normativa, por lo tanto, es un indicativo de una menor probabilidad de contaminación microbiológica y presencia de compuestos tóxicos. También se indica que el agua de salida tiene una desinfección efectiva por eso tiene valores bajos, mientras

que el agua de entrada ciertos valores son sobre el límite permisible como son las muestras M2 y M4 esto debido a que en el lugar donde se realiza la recolección de agua en esas semanas se encuentra con contaminación de fundas de detergente. Asimismo, se menciona que el agua de entrada y salida visualmente no presenta ningún color alertador.

9.17 Anexo 17

Tabla 23:

Resultados Laboratorio Nitratos

Parámetro: Nitratos- Unidad Medida: ppm								
Semana	S1		S2		S3		S4	
Muestra	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
M1	1,7	0,9						
R1	0,4	0,9						
M2			0,6	0,2				
R2			0,4	0,2				
M3					0,7	0,4		
R3					0,6	0,1		
M4							0,4	0,2
R4							0,7	0,3

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos en el análisis de la concentración de nitrato presente en la tabla 23 es baja, con excepción de la muestra M1 de entrada en la primera semana que tiene un valor alto, esto

se puede atribuir a una lectura fallida del equipo, pero con el resto de las semanas los valores están por debajo del rango permisible, con lo que se indica que son normales, y la presencia a de agentes contaminantes en las muestras no es alarmante. En áreas con agua pura, como ser agua dulce y que no están afectadas por las actividades humanas severas, las concentraciones son usualmente menores, y como se puede observar en la tabla los resultados obtenidos cumple con esto.

9.18 Anexo 18

Tabla 24:
Resultados Laboratorio pH

Parámetro: pH- Unidad Medida: ----								
Semana	S1		S2		S3		S4	
Muestra	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
M1	7,37	7,75						
R1	7,43	7,78						
M2			7,48	7,80				
R2			7,46	7,85				
M3					7,79	9,30		
R3					7,80	9,30		
M4							6,64	8,29
R4							6,79	8,08

Fuente: Elaboración Propia.

La concentración de pH en el agua es de importancia debido a que permite saber si el recurso es ácido o básico, de este modo, con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento el agua se hace más básica. Con ello, los resultados que indica la tabla 24 realizados durante el tiempo establecido con las muestras y sus repeticiones se encuentra entre el rango permisible de 6 a 9 como lo indica la normativa vigente del país, de esta forma, el pH de del agua es apta para el consumo humano.

9.19 Anexo 19

Tabla 25:

Resultados Laboratorio Conductividad

Parámetro: Conductividad- Unidad Medida: uS/cm a 20 °C								
Semana	S1		S2		S3		S4	
Muestra	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
M1	68,49	125,60						
R1	68,50	125,20						
M2			61,10	116,90				
R2			68,80	122,50				
M3					68,63	125,50		
R3					69,08	124,40		
M4							73,20	122,30
R4							86,80	124,40

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores que se encuentran en la tabla 25 de conductividad del agua proporciona una evaluación de la concentración total de iones disueltos en la misma. Por lo tanto, los resultados obtenidos durante las cuatro semanas de investigación indican que las muestras de entrada y salida tienen valores que según la OMS y sus estándares manifiesta que están dentro del límite, es decir, se encuentra dentro de lo normal.

9.20 Anexo 20

Tabla 26:
Resultados Laboratorio Bacterias E. coli

Parámetro: Bacterias E. coli- Unidad Medida: # (cantidad)								
Semana	S1		S2		S3		S4	
Muestra	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
M1	#1	#0						
R1	#3	#0						
M2			#45	#0				
R2			#43	#0				
M3			#50	#0				
R3			#68	#0				
M4			#62	#0				
R4			#48	#0				
M5					#53	#0		

R5	#57	#0	
M6	#50	#0	
R6	#51	#0	
M7	#48	#0	
R7	#52	#0	
M8		#45	#0
R8		#34	#0
M9		#28	#0
R9		#43	#0
M10		#37	#0
R10		#30	#0

Fuente: Elaboración Propia.

Como indicó la tabla 26 se realiza un total de diez muestras de bacterias con su repetición respectivamente para agua de entrada y salida. El primer resultado de detección de bacterias salió mínimo (hasta 3), debido a que se aplica la metodología prueba-error y, por ello, las cajas no se rompen individualmente y se les coloca una sola en la funda hermética. A diferencia de las siguientes semanas se coloca una caja encima de otra para que la funda hermética selle completamente; así los resultados de estas semanas tienen mayor cantidad de bacterias *E. coli*.

Se pudo observar la presencia de bacterias *E. coli* en las muestras de agua de entrada con un número ascendente en algunas semanas de análisis, mientras que en el análisis para el agua de

salida (agua destilada) del destilador no presenta ningún tipo de bacterias, es decir, es apta para el consumo humano.

9.21 Anexo 21

Tabla 27:

Costo de Productos de Limpieza Anual

Productos Limpieza 1 vez al año		
Cloro 1 L	\$	0,74
Alcohol Antiséptico 1 L	\$	2,18
Trapo	\$	0,68
Guantes	\$	3,15
Cepillo	\$	1,78
TOTAL	\$	8,53

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28:

Costo de mantenimiento anual

Mantenimiento 1 vez al año		
Silicon de Tubería	\$	2,25
Pintura Negra anticorrosiva	\$	5,00
Cinta Doble Faz	\$	0,68
TOTAL	\$	7,93

Fuente: Elaboración Propia.



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES,
 AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE
 CUENCA - ETAPA EP

Dir Matriz: BENIGNO MALO 7-78 Y MARISCAL SUCRE

Contribuyente Especial Nro.: 3257

Obligado a llevar contabilidad: SI

Razón social/Nombres y apellidos: CRESPO VASQUEZ EULALIA DE LOURDES

Fecha de emisión: 12/08/2021

Código principal	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio unitario	Descuento	Precio total
2003	8,000000	MT3	CONSUMO RESIDENCIAL	0,416250	0,00	3,33
2023	1,000000	%	ALCANTARILLADO Y DEPURACION	3,240000	0,00	3,24
2153	1,000000	U	CARGO DISPONIBILIDAD RESIDENCIAL	3,140000	0,00	3,14

Figura 60:
Factura de consumo de agua potable brindado por ETAPA EP

Fuente: (ETAPA EP, 2021).

9.22 Anexo 22

Tabla 29:

Temperaturas máximas y mínimas en Cuenca año 2021

Mes	Temperatura	
	Máxima(°C)	Mínima(°C)
Enero	23	11
Febrero	23	12
Marzo	22	12
Abril	22	11
Mayo	22	11
Junio	21	10
Julio	20	10
Agosto	21	9
Septiembre	22	10
Octubre	23	10
Noviembre	24	10
Diciembre	23	11

Fuente: Elaboración Propia.

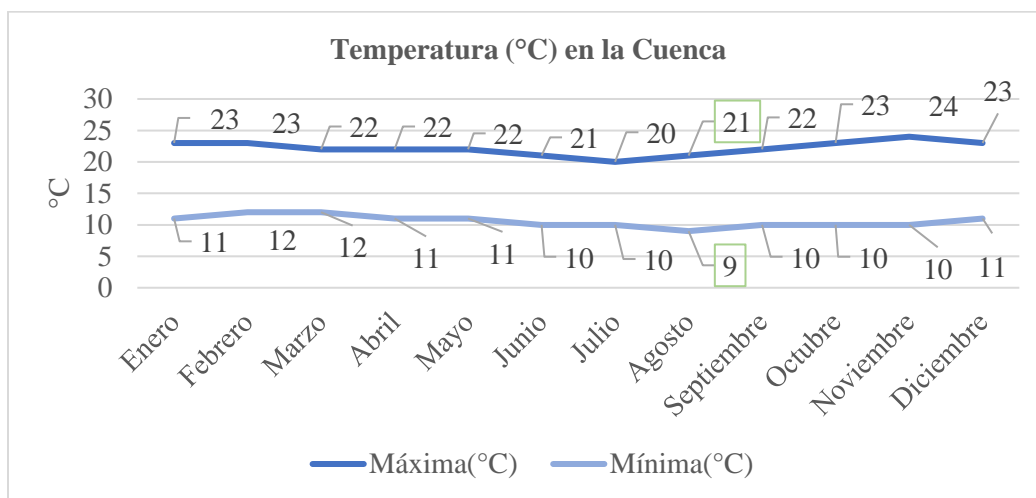


Figura 61:

Temperaturas en la ciudad de Cuenca (°C)

Fuente: Elaboración Propia-Datos: (INHAMI, 2021).

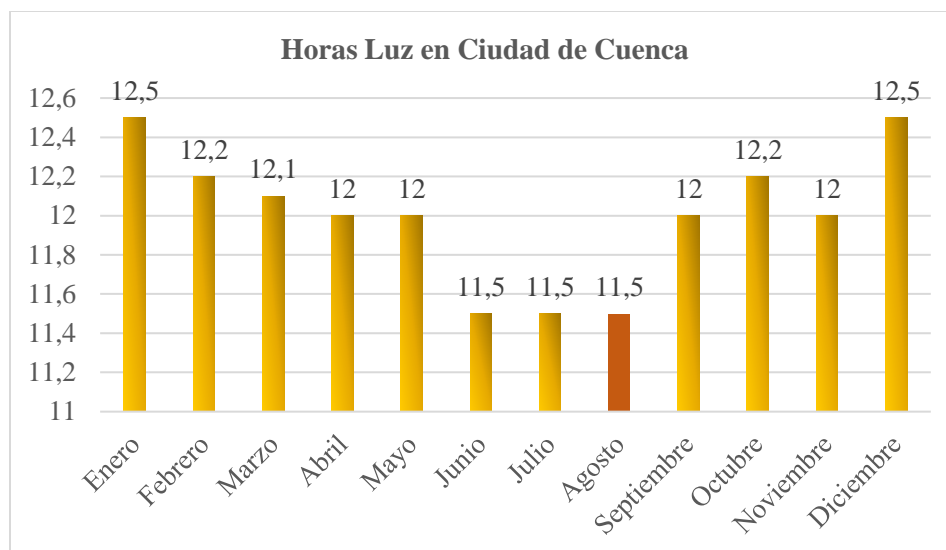


Figura 62:
Horas luz al mes en Cuenca

Fuente: Elaboración Propia-Datos: (INHAMI, 2021).

La temperatura máxima y mínima, con las horas luz en Cuenca (figura 61 y 62) permiten tener una referencia del clima para poder determinar la cantidad que el destilador solar de agua puede producir.

Tabla 30:
Regresión lineal

Mes	Y	X	XY	y ²	x ²
Enero	12,5	1	12,5	156,25	1
Febrero	12,2	2	24,4	148,84	4
Marzo	12,1	3	36,3	146,41	9
Abril	12	4	48	144	16
Mayo	12	5	60	144	25
Junio	11,5	6	69	132,25	36
Julio	11,5	7	80,5	132,25	49
Agosto	11,5	8	92	132,25	64
Septiembre	12	9	108	144	81
Octubre	12,2	10	122	148,84	100
Noviembre	12	11	132	144	121
Diciembre	12,5	12	150	156,25	144
TOTALES	144	78	934,7	1729,34	650

Fuente: Elaboración Propia.

Con la metodología explicada en el literal 5.3.2.1 de proyección, se aplica el método por Excel y se determina los valores necesarios de la tabla 30, para poder aplicar las ecuaciones.

Tabla 31:
Aplicación de ecuaciones de regresión lineal

Fórmula: $y = 12,00606 - 0,00734x$		y=	11,48657
12,5	1,013429		
12,2	0,713429	1,5	litros/d
12,1	0,613429		
12	0,513429		
12	0,513429		
11,5	0,013429		
11,5	0,013429		
11,5	0,013429		
12	0,513429		
12,2	0,713429		
12	0,513429		
12,5	1,013429		

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 31 está representado la fórmula que conllevan las ecuaciones 3 y 4 explicadas en el método estadístico, lo que permite obtener y, de esa manera se reemplaza los valores con la fórmula.

Tabla 32:*Producción del destilador en volumen (litro/diario) por cada mes*

Mes	l/diario
Enero	2,51
Febrero	2,21
Marzo	2,11
Abril	2,01
Mayo	2,01
Junio	1,51
Julio	1,51
Agosto	1,51
Septiembre	2,01
Octubre	2,21
Noviembre	2,01
Diciembre	2,51

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la tabla 32, representa la diferencia de los valores de la fórmula, con el valor fijo de 1,5 litros diarios que produce el destilador. Así se puede observar en cada mes que cantidad se puede obtener según la condición climática.