



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“Suministro de agua potable mediante tecnología de purificación solar para consumo humano, en el casco urbano Primavera, Cañete, Lima, 2021”

Presentado por:

CONDORI OROSCO MAGALY MARUJA

ROL DEL AUTOR del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es PORCENTAJE DE SIMILITUD del 5% por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 04 de Octubre de 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE INVESTIGACION
Jaime Martínez Hernández
Dr. Jaime Martínez Hernández
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA



INFORME FINAL DE TESIS

**Suministro de agua potable mediante tecnología de purificación
solar para consumo humano, en el casco urbano Primavera,
Cañete, Lima, 2021**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES

PRESENTADO POR:
Bach. CONDORI OROSCO MAGALY MARUJA

ICA- PERU

2022

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

Mis padres **Clotilde y Juan**, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más e inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis **hermanas** por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, que de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a **Dios**, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

De manera especial a mi asesor de tesis **Dr. Pedro Córdoba Mendoza**, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este proyecto, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

Finalmente quiero expresar mi más grande agradecimiento a mi casa de estudios a la **Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria - Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”**.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE DE CONTENIDO	IV
INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
SUMMARY	X
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	11
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.2.1. Antecedentes internacionales	12
1.2.2. Antecedentes nacionales	13
1.3. BASES TEÓRICAS	14
1.3.1. Agua potable	14
1.3.2. Tecnología de desinfección solar	14
1.3.3. Purificador de agua solar	15
1.3.4. Consumo humano.....	15
1.4. FORMULACIÓN DE PROBLEMA	15
1.4.1. Problema principal.....	16
1.4.2. Problemas específicos.....	16
1.5. OBJETIVOS	17
1.5.1. Objetivo principal	17
1.5.2. Objetivos Específicos	17
1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6.1. Hipótesis principal	17
1.6.2. Hipótesis Específicas	17
1.7. VARIABLES	18
1.7.1. Variable independiente.....	18

1.7.2.	Variable dependiente	18
1.7.3.	Variable interviniente	18
1.7.4.	Operacionalización de variables	20
1.8.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	40
1.8.1.	Justificación	40
1.8.2.	Importancia	40
1.9.	MARCO CONCEPTUAL.....	41
1.9.1.	Aguas residuales.....	41
1.9.2.	Agua tratada.....	41
1.9.3.	Estándar de calidad ambiental (ECA)	41
1.9.4.	Cadena de custodia	42
1.9.5.	Calidad de agua.....	42
1.9.6.	Monitoreo de calidad de agua	42
1.9.7.	Muestra de agua	42
1.9.8.	Protocolo	42
1.9.9.	Punto de monitoreo.....	42
1.9.10.	Punto de control	43
II.	ESTRATEGIA METODOLOGICA	44
2.1	ÁREA DE ESTUDIO	44
2.2	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	46
2.2.1	Tipo, nivel y diseño de investigación.....	46
2.2.2	Universo y muestra	47
2.3	PROCEDIMIENTO DE LA METODOLOGÍA GENERAL	48
2.3.1.	Técnica de recolección de datos (Sonómetro)	48
2.3.2.	Instrumento de recolección de datos	49
2.3.3.	Técnicas de procesamiento de datos.....	49
2.3.4.	Análisis e interpretación de la información	50
2.4	MARCO LEGAL	50
III.	RESULTADOS.....	52
3.1.	DESCRIBIR QUE EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE MEDIANTE TECNOLOGÍA DE PURIFICACIÓN SOLAR PARA EL CONSUMO HUMANO	52
3.2.	EXPLICAR QUE EL PURIFICADOR SOLAR DE AGUA POTABLE CONTRIBUYE EN EL CONSUMO HUMANO.....	53

3.3. DETERMINAR QUE EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE MEDIANTE TECNOLOGÍA DE PURIFICACIÓN SOLAR CONTRIBUYE EN EL CONSUMO HUMANO.....	55
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	70
4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE MEDIANTE TECNOLOGÍA DE PURIFICACIÓN SOLAR PARA EL CONSUMO HUMANO.....	70
4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL PURIFICADOR SOLAR DE AGUA POTABLE CONTRIBUYE EN EL CONSUMO HUMANO	70
4.3. “ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN EXPLICAR QUE EL PURIFICADOR SOLAR DE AGUA POTABLE CONTRIBUYE EN EL CONSUMO HUMANO.....	71
IV. CONCLUSIONES.....	72
V. RECOMENDACIONES.....	73
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXO	80
ANEXO 1	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	20
Tabla 2 “MUESTRA DE CONTINGENCIA”	48
Tabla 3 D.S-031-2010-Sa-Minsa “Calidad De Agua Para Consumo Humano”	50
Tabla 4 COMPONENTE DE SISTEMA DE AGUA POTABLE	56
Tabla 5 VALORES DE CONDUCTIVIDAD [61].....	57
Tabla 6 VALORES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES MÁS UTILIZADOS EN LAS ESTUFAS SOLARES [67]	57
Tabla 7 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUA DE LA RED DE TUBERÍA.....	58
Tabla 8 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA GENERADA POR EL PURIFICADOR SOLAR.....	59
Tabla 9 ANÁLISIS COMPARATIVO DE AGUA	60
Tabla 10 MONITOREO DEL DIA 10 DE ABRIL, CODIGO COMM-3	60
Tabla 11 MONITOREO DEL DIA 11 DE ABRIL, CODIGO COMM-4	61
Tabla 12 MONITOREO DEL DIA 12 DE ABRIL, CODIGO COMM-5	62
Tabla 13 MONITOREO DEL DIA 13 DE ABRIL, CODIGO COMM-6	63
Tabla 14 MONITOREO DEL DIA 14 DE ABRIL, CODIGO COMM-7	64
Tabla 15 MONITOREO DEL DIA 15 DE ABRIL, CODIGO COMM-8	65
Tabla 16 VALORES DE CONDUCTIVIDAD OBTENIDOS	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Una descripción gráfica de la técnica de tratamiento de agua doméstica de desinfección solar (SODIS).....	16
Figura 2 Casco urbano Primavera, del distrito de san Vicente de Cañete en la provincia de Cañete, departamento de Lima.....	44
Figura 3 Vista panorámica de la Urb. Primavera.....	45
Figura 4 Fotografía urbanización Primavera-Cañete.....	46
Figura 5 Purificador de agua solar, muestra la trayectoria del flujo de agua.....	52
Figura 6 Purificador de agua solar de una sola unidad.....	53
Figura 7 Disposición y orientación del purificador de agua solar en el hemisferio sur.....	54
Figura 8 Operación en modo dinámico en el hemisferio sur.....	54
Figura 9 Monitoreo 10.04.2022. CODIGO COMM-3.....	61
Figura 10 Monitoreo 11.04.2022. CODIGO COMM-4.....	62
Figura 11 Monitoreo 12.04.2022. CODIGO COMM-5.....	63
Figura 12 Monitoreo 13.04.2022. CODIGO COMM-6.....	64
Figura 13 Monitoreo 14.04.2022. CODIGO COMM-7.....	65
Figura 14 Monitoreo 15.04.2022. CODIGO COMM-8.....	66

RESUMEN

Objetivo, describir que el “suministro de agua potable” mediante tecnología de purificación solar mejora para el consumo humano en el casco urbano Primavera. **Material y Métodos**, enfoque cuantitativo de tipo observacional-prospectivo-longitudinal, de nivel descriptivo y diseño no experimental. **Resultados**, Akoy y Ahmed indicaron que “las estufas solares, poseen una eficiencia del 78%, por lo cual la eficiencia el purificador solar de estudio se consideró una eficiencia del 58% y por tanto ofrece una buena opción alterna para su uso en la purificación de aguas. **Discusión**, se encontró que la aplicación de SODIS como alternativa para el abastecimiento de agua potable a gran escala, depende del diseño de sistemas de flujo continuo para purificación solar de agua”. **Conclusiones**: se consignaron datos óptimos a la salida del purificador solar de agua pura se registró un promedio de la temperatura de 110°C, permitió ser el adecuado con un tiempo de 3 a 4 horas, además está supeditado a los registros climáticos.

Palabras Claves: SODIS, agua potable, calidad del agua.

SUMMARY

Objective, to describe that the supply of drinking water through solar purification technology improves for human consumption in the Primavera urban area. **Material and Methods**, quantitative observational-prospective-longitudinal approach, descriptive level and non-experimental design. **Results**, Akoy and Ahmed indicated that "solar stoves have an efficiency of 78%, for which the efficiency of the study solar purifier was considered an efficiency of 58% and therefore offers a good alternative option for use in water purification. **Discussion**, it was found that the application of SODIS as an alternative for large-scale drinking water supply depends on the design of continuous flow systems for solar water purification. **Conclusions**, Optimal data was recorded at the outlet of the pure water solar purifier, an average temperature of 110°C was recorded, allowing it to be adequate with a time of 3 to 4 hours, it is also subject to the records.

Keywords: *SODIS, drinking water, water quality.*

I. INTRODUCCIÓN

A pesar del progreso hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio, “en junio de 2012, las Naciones Unidas informaron que el 11% de la población mundial (aproximadamente 783 millones de personas) sigue sin acceso a una fuente mejorada de agua potable y, al ritmo actual, 605 millones de personas seguirá careciendo de cobertura en 2015”[1]. Es probable que muchos cientos de millones más aún carezcan de acceso sostenible al agua potable. Incluso cuando el agua tratada por el municipio está disponible en áreas urbanas, el acceso a menudo está restringido por los gobiernos que colocan candados en las fuentes y cobran a los inquilinos una tarifa por acceder a ella.

1.1. Situación problemática

Segun, *Chaúque & Rott* , “El agua es un recurso primario y determinante para la existencia de cualquier forma de vida conocida, incluidos los humanos, la accesibilidad y la calidad del agua se destacan entre los calificadores de calidad de vida en los asentamientos humanos” [2]. Continúa *Chaúque & Rott* que, “Se ha logrado un progreso significativo en las últimas décadas, al aumentar la proporción de la población con acceso a sistemas de agua potable administrados y seguros, alrededor de 2 mil millones de personas en el mundo consumen agua contaminada” [2]. *World Health Organization*, “En consecuencia, se notifican alrededor de 40.000 muertes mensuales debido a enfermedades diarreicas prevenibles en países de ingresos bajos y medianos”[3]. Para los investigadores *Nowicki et al.*, “Los países de bajos ingresos de África y el sudeste asiático son responsables de la mayoría de estas muertes, aunque alrededor del 74% de la población mundial tiene acceso a agua potable, en África esta tasa desciende al 43%” [4]. Para, *World Health Organization*, es “Garantizar el acceso a agua segura y libre de patógenos es un tema fundamental y urgente por lo que encaja en los Objetivos de Desarrollo del Milenio y el Desarrollo Sostenible”[3]. Además, *Chaúque & Rott*, sobre “las adversidades climáticas combinadas con el crecimiento demográfico, el aumento de la densidad de los centros urbanos y el crecimiento industrial, aumentan la presión sobre los recursos hídricos limitados y sobre los

sistemas de suministro de agua potable”[2]. Contribuyen con su investigación, *Dorevitch et al* “Este hecho favorece que los recursos económicos para el agua potable se inviertan preferentemente en los grandes centros urbanos. Los sistemas de agua potable convencionales requieren una mayor inversión y también son más adecuados para asentamientos más densamente poblados, como las ciudades”[5].

1.2. Antecedentes de la investigación

1.2.1. Antecedentes internacionales

Según, *Huo et al*, “Actualmente, casi un tercio de la población mundial no tiene acceso confiable a agua limpia debido a su naturaleza finita y vulnerabilidad a la contaminación”[6]. Además, *Cantwell et al.* sobre “La situación se ha visto agravada por la rápida industrialización, el crecimiento demográfico y la urbanización, estos tres plantean una amenaza significativa de contaminación del agua en la descarga de contaminantes orgánicos, productos farmacéuticos, disruptores-endocrinos, aditivos/disolventes-químicos, desechos humanos y domésticos” [7]. *Miklos et al.*, “Estos contaminantes podrían ser no biodegradables, tóxicos y recalcitrantes en condiciones ambientales y, por lo tanto, una gran amenaza potencial para la salud pública”[8]. “Además, *Huo et al. & Wang et al.*, la contaminación del agua proporciona a los microbios patógenos condiciones favorables para la prosperidad, lo que aumenta el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, morbilidad y mortalidad” [9], [10]. *Ahmed et al.; Ahmed et al. & Huo et al.* “Otros factores que contribuyen a la escasez de agua limpia son la falta de saneamiento adecuado y escasez de suministro de energía eléctrica, se requiere para la purificación del agua; en áreas rurales y áreas desarrolladas que enfrentan pandemias/desastres (caso-COVID-19)”[11], [12], [9]. *McGuigan et al.*, “La turbidez del agua cruda juega un papel decisivo para lograr una desinfección completa dentro del tiempo de exposición predominantemente recomendado de 6 a 12 h” [1]. *Gómez-Couso et al.*, “Un nivel de turbidez superior a 30 NTU, parece ser considerado por consenso por los autores como capaz de comprometer la eficacia de SODIS” [13]. *Chaúque*

& Rott “Esto se debe principalmente que la turbidez reduce la transmitancia del agua a la radiación UV, es necesario implementar un paso de tratamiento físico para eliminar o reducir la turbidez antes de que el agua se someta a SODIS”[2].

1.2.2. Antecedentes nacionales

Según **Soto**, “Usó la metodología sistema de información regional en agua y saneamiento (SIRAS) para evaluar la sostenibilidad de cada elemento que interviene en el sistema de agua potable con formatos (SIRAS), evaluación del sistema físico, operación, mantenimiento y gestión del sistema”[14]. Continúa **Soto**, “Concluyó que el sistema se encuentra en mal estado, con grave proceso de deterioro, requiere mejora inmediata por parte de la entidad a cargo del manejo del agua, para brindar cantidad, calidad y continuidad y así satisfacer la demanda poblacional”[14]. **Moran-Atao**, “Analizó la problemática del sistema de agua potable en la ciudad de Chongoyape con la finalidad de proponer soluciones integrales encaminadas hacia el bienestar comunal, realizó el control de calidad del agua mediante el análisis físico-químico y bacteriológico[15]”. **Vásquez Caballero**, “El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental, evaluaron las características fisicoquímicas de la calidad del agua del manantial La Shita-Cajabamba-Cajamarca”[16], considero “el protocolo estandarizado nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales 2016 - ANA (R.J N°010 2016 – ANA) y según metodología internacional validada Estandar methods for the examination of water and wastewater 22ND – 2016” [16], luego “realizó el análisis descriptivo basado en la observación de los indicadores y gráficos para determinar los objetivos, concluyendo con la normativa ECA–D.S.N°015–2015–MINAM Categoría 1, así como el D.S.N°031–2010 MINSA”[16], presentan “valores similares de los parámetros conductividad eléctrica, color, pH, sólidos disueltos totales, turbiedad, dureza, nitratos, nitritos (E.C) y sulfatos” [16].

1.3. Bases teóricas

1.3.1. “Agua potable”

“El suministro de agua potable segura y aceptable está garantizado ahora en la mayoría de los países mediante normas obligatorias o directrices de asesoramiento, existen diferencias tanto en el mecanismo que produce los estándares como en la filosofía de aplicación”[17]. Existen “pautas internacionales, como las establecidas por World Organización de la Salud (OMS), los estándares específicos nacionales son establecidos por muchas agencias ambientales y autoridades locales” [17]. “Los valores de referencia de la (OMS) representan la concentración de un componente que no genera ningún riesgo significativo para la salud de un consumidor, generalmente durante toda la vida de consumo” [17]. “Estos lineamientos para la calidad del agua potable han sido utilizados por diferentes países como base para el desarrollo de sus propios estándares nacionales”[17].

1.3.2. Tecnología de desinfección solar

“La tecnología de desinfección solar de agua ‘SODIS’ se basa en la exposición al sol por algunas horas de botellas de plástico conteniendo el agua contaminada a potabilizar”[18]. “Los rayos solares actúan contribuyendo con la radiación UV-A (310 – 400 nm), para la cual el agua es completamente transparente mientras que es muy absorbente de la radiación infrarroja”[18]. “La desinfección solar del agua (SODIS) es un método económico que ha demostrado su eficacia en la inactivación de patógenos transmitidos por el agua que pertenecen a todos los ámbitos de interés sanitario”[19], incluidos “los microorganismos resistentes al cloro, por ejemplo, *Cryptosporidium spp. oquistes*, *Acanthamoeba spp. quistes* y *esporas de Bacillus subtilis*”[19]. “La adopción de SODIS por parte de las comunidades se ha visto implicada en el fortalecimiento de la inmunidad y en la reducción de la prevalencia de diarrea en niños menores de 5 años hasta en un 50%”[2].

1.3.3. Purificador de agua solar

Ward, “la conversión de agua de mar disponible en agua potable se definió como cualquier dispositivo resultante debería ser portátil, liviano, barato de fabricar, fácil de operar, tener un gran rendimiento y adecuado para uso familiar e individual en cualquier país soleado del mundo”[20]. Por supuesto, sería particularmente útil en los países del Tercer Mundo y el dispositivo resultante se conoció como purificador de agua solar”[20].

1.3.4. Consumo humano

“La potabilidad del agua solo puede determinar por medio de las pruebas físicas, químicas y bacteriológicas de la misma”[21]. “El termino calidad de agua está vinculado con aquellas características físicas, químicas y biológicas, por medio de las cuales pueden determinarse si el agua es adecuada para el uso o consumo humano” [21]. Además, “por muy bajo que sea el grado de claridad o turbiedad, de dureza o suavidad; ningún agua que haya sido contaminada por aguas residuales o materias fecales podrá considerarse como de buena calidad” [21].

1.4. Formulación de problema

Clasen et al., “Además de la ebullición, la cloración y la filtración, otro tratamiento doméstico del agua que ha ganado popularidad en los últimos 10 años es la desinfección solar (SODIS)”[22].

Dunlop et al., “La técnica básica de SODIS se muestra en la Fig. 2. Los recipientes transparentes se llenan con agua contaminada y se colocan bajo la luz solar directa durante al menos 6 h, después de lo cual es seguro beber”[23]. *Walker et al.*, “Los contenedores de desinfección solar (reactores) pueden ser de vidrio o plástico (generalmente tereftalato de polietileno - P.E.T.), incluso se han utilizado bolsas de plástico”.

Las botellas de plástico son más resistentes que las de vidrio, ya que pocas sobreviven a un viaje fuera de la carretera en la parte trasera de un vehículo con tracción en las

cuatro ruedas a una caída desde el techo. Se recomienda que el agua desinfectada con energía solar se consuma dentro de las 24 h para evitar la posibilidad de que vuelva a crecer después de la exposición.



Figura 1 Una descripción gráfica de la técnica de tratamiento de agua doméstica de desinfección solar (SODIS)

Fuente: file:///D:/00_Mis_Borrador%20Tesis_FIAS-UNICA-2022/Borrador%20Tesis13_2022_FIAS_Condori%20Orosco%20Magly%20Maruja/Articulos%20cientificos/mcguigan2012.pdf

Las botellas de plástico son más resistentes que las de vidrio, ya que pocas sobreviven a un viaje fuera de la carretera en la parte trasera de un vehículo con tracción en las cuatro ruedas a una caída desde el techo. Se recomienda que el agua desinfectada con energía solar se consuma dentro de las 24 h para evitar la posibilidad de que vuelva a crecer después de la exposición.

1.4.1. Problema principal

¿Como el suministro de agua potable mediante tecnología de purificación solar mejora significativamente “para el consumo humano en el casco urbano” Primavera, Cañete, Lima, 2021?

1.4.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cómo el purificador solar de agua potable contribuye eficientemente en el consumo humano en el casco urbano Primavera, Cañete, Lima, 2021?

PE2: ¿Como el suministro de agua potable mediante tecnología de purificación solar contribuye en la calidad del agua para el consumo humano en el casco urbano Primavera, Cañete, Lima, 2021?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo principal

Describir que el suministro de agua potable mediante tecnología de purificación solar mejora significativamente para el consumo humano en el casco urbano Primavera, Cañete, Lima, 2021.

1.5.2. Objetivos Específicos

OE1: Explicar que el purificador solar de agua potable contribuye eficientemente en el consumo humano en el casco urbano Primavera, Cañete, Lima, 2021

OE2: Verificar que el suministro de agua potable mediante tecnología de purificación solar contribuye en la calidad del agua para el consumo humano en el casco urbano Primavera, Cañete, Lima, 2021.

1.6. Hipótesis de la investigación

1.6.1. Hipótesis principal

El suministro de agua potable mediante tecnología de purificación solar mejora significativamente para el consumo humano en el casco urbano Primavera, Cañete, Lima, 2021.

1.6.2. Hipótesis Específicas

HE1: El purificador solar de agua potable contribuye eficientemente en el consumo humano en el casco urbano Primavera, Cañete, Lima, 2021.

HE2: El suministro de agua potable mediante tecnología de purificación solar contribuye en la calidad del agua para el consumo humano en el casco urbano Primavera, Cañete, Lima, 2021.

1.7. Variables

1.7.1. Variable independiente

Agua potable.- “El agua juega un papel vital en la supervivencia de la vida en la Tierra, la necesidad de beber o preparar alimentos, sectores económicos dependen de los recursos hídricos, la agricultura, la ganadería, la pesca y actividades industriales, entre otras”[24]. Sin embargo, “estas actividades han desencadenado un grave problema de contaminación, que ha ido deteriorando la calidad de las aguas superficiales y subterráneas y, en consecuencia, reduciendo su disponibilidad”[25]. Por lo tanto, “con una mayor conciencia sobre la calidad del agua potable (para la salud pública) y el agua cruda (para la vida acuática y el riego), es importante evaluar las propiedades del agua superficial”[26].

1.7.2. Variable dependiente

Consumo humano.- “El agua libre de microorganismos patógenos y sustancias químicas perjudiciales para la salud se denomina potable o apta para consumo humano” [21]. “La calidad del agua para consumo humano es la caracterización física y química de sus muestras, comparándola con normas y estándares de calidad (ONU, 2016) que permiten su consumo de manera segura”[27]. “La calidad del agua para consumo humano puede evaluarse mediante una amplia variedad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos” [28].

1.7.3. Variable interviniente

Tecnología de purificación solar. – “Es un método de tratamiento para eliminar los patógenos causantes de enfermedades hídricas, ideal para

desinfectar pequeñas cantidades de agua para el consumo doméstico, dependiente únicamente de la energía solar”[29].

1.7.4. Operacionalización de variables

Tabla 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Conceptualización	Dimensiones	Técnicas de muestreo	Instrumento de recojo de datos
VI: Agua potable mediante tecnología de purificación solar	“Dispositivo propuesto, para desinfección de agua las cuales a altas temperaturas tienen un marcado efecto sobre todas las clases de microorganismos presentes”[30].	D_{I,1}: Purificador solar del agua	Temperatura	Técnica de análisis de documental
VD: Consumo humano	“El agua libre de microorganismos patógenos y sustancias químicas perjudiciales para la salud se denomina potable o apta para consumo humano” [21]. “La calidad del agua para consumo humano es la caracterización física y química de sus muestras, comparándola con normas y estándares de calidad (ONU, 2016) que permiten su consumo de manera segura”[27]. “La calidad del agua para consumo humano puede evaluarse mediante una amplia variedad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos” [28].	D_{D1}: Calidad de agua	“Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales R.J. N°010-2016-ANA” Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S. N°031 – 2010 MINSA.	Técnica de análisis de documental

1.8. Justificación e Importancia

1.8.1. Justificación

En el Perú, la cobertura del servicio de agua potable aún es insuficiente en muchas regiones del país, por lo que, una alternativa de bajo costo y ambientalmente sostenible, es la desinfección solar del agua, específicamente para el tratamiento de agua para consumo de la población, que no estaría expuesta a consumir agua no apta para su consumo. Esta tecnología, destruye los microorganismos patógenos que son vulnerables a los efectos de la luz solar (radiación en el espectro de Luz UV-A) y al calor (incremento de la temperatura). Según el Censo Nacional [31]:

“El 69% de viviendas de la Provincia de Cañete cuenta con agua para consumo conectada de la red pública, el resto consume agua de río o acequias, camión cisterna, pozo o de pilón.” (p.)

En la provincia de Cañete, específicamente en la zona rural aproximadamente el 39% de la población, no tiene acceso al servicio de agua potable, el 56% se abastece mediante la red pública y el 5% por pilones, por lo tanto, la cobertura es deficiente. Asimismo, el acceso al consumo de agua de calidad es un derecho ya que la Constitución Política del Perú lo establece. Por lo tanto, deben aplicarse sistemas alternativos como la tecnología de desinfección solar que permita la disminución de la afectación de la salud de la población por el consumo de agua contaminada, pero además es importante que se tenga en cuenta a las particularidades de la población y su capacidad de pago por estos servicios.

1.8.2. Importancia

Los sistemas de abastecimiento con tratamientos convencionales con frecuencia están afectados por operaciones no confiable (operadores no capacitados), no existe una revisión y mantenimiento de equipos, asimismo, el agua en las diferentes etapas de recolección, el transporte o el almacenamiento, está expuesta a ser contaminada lo que afecta su la calidad

y genera riesgos de diferentes enfermedades transmitidas por el agua. La provincia de Cañete, tiene un clima templado, desértico; donde la media anual de temperatura máxima y mínima es de 24,5°C y 16,4°C, por lo que potabilizar el agua con energía solar es una alternativa que la población de la zona rural debería implementar y aplicar a sistemas pequeños donde se aprovecharía los cambios de temperatura para eliminar los patógenos y contaminantes. Por lo tanto, la investigación evaluará la tecnología de desinfección solar, que permitirá ayudar a mejorar la calidad de vida de la población del Casco Urbano Primavera, Cañete-Lima, para que tenga acceso al agua potable de calidad.

1.9. Marco conceptual

1.9.1. Aguas residuales

MINAM, “Para la Autoridad Nacional del Agua, se define al agua residual como aquella cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas”[32].

1.9.2. Agua tratada

MINAM, “Para la dirección General de Salud ambiental, el agua tratada es toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano” [32].

1.9.3. Estándar de calidad ambiental (ECA)

ANA, “es la medida de la concentración o de grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente”[33].

1.9.4. Cadena de custodia

ANA, “es un documento fundamental en el monitoreo de la calidad del agua que permite garantizar las condiciones de identidad, registro, seguimiento y control de los resultados del análisis del laboratorio” [33].

1.9.5. Calidad de agua

ANA, es el estudio que “permite conocer la calidad natural y actual del agua, determinar la capacidad de dilución de contaminantes y clasificar los cuerpos naturales del agua. Esta clasificación permitirá identificar las aguas de calidad aptas para usos prioritarios y para la protección o conservación” [33].

1.9.6. Monitoreo de calidad de agua

ANA, “es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad del agua, con el objetivo de realizar el seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación” [33]..

1.9.7. Muestra de agua

ANA, “es una herramienta del monitoreo. Su función básica es la extracción de una parte del cuerpo de agua para determinar sus características y condiciones actuales” [33].

1.9.8. Protocolo

ANA, “es un documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica” [33].

1.9.9. Punto de monitoreo

ANA, “es la ubicación geográfica de un punto, donde se realiza la evaluación de la calidad y cantidad en un cuerpo natural de agua en forma periódica, en el marco de las actividades de vigilancia”[33].

1.9.10. Punto de control

ANA, “aquel lugar previamente establecido en un cuerpo de agua para llevar a cabo la evaluación de su calidad y cantidad, como parte de las actividades de fiscalización de vertimientos autorizados y/o reúsos” [\[33\]](#).

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

La estrategia metodológica nos ayudará a determinar las técnicas, métodos y procedimientos para dar solución a la problemática, objetivos e hipótesis planteados en la presente investigación.

2.1 Área de estudio



Fig. 2 Casco urbano Primavera, del distrito de san Vicente de Cañete en la provincia de Cañete, departamento de Lima

“El área de estudio se encuentra ubicado en el departamento de Lima, provincia de Cañete y distrito de San Vicente de Cañete, entre las coordenadas geográficas de Este 350781.85 y Norte 8554044.2 y una altitud de 55 msnm”[34].

Está enmarcado por:

Por el norte: Viviendas de zona urbana del Distrito de San Vicente

Por el sur : Viviendas de zona urbana del Distrito de San Vicente y zona agrícola

Por el este : Viviendas de zona urbana del Distrito de San Vicente

Por el oeste: Viviendas de zona urbana de la Urb. San isidro

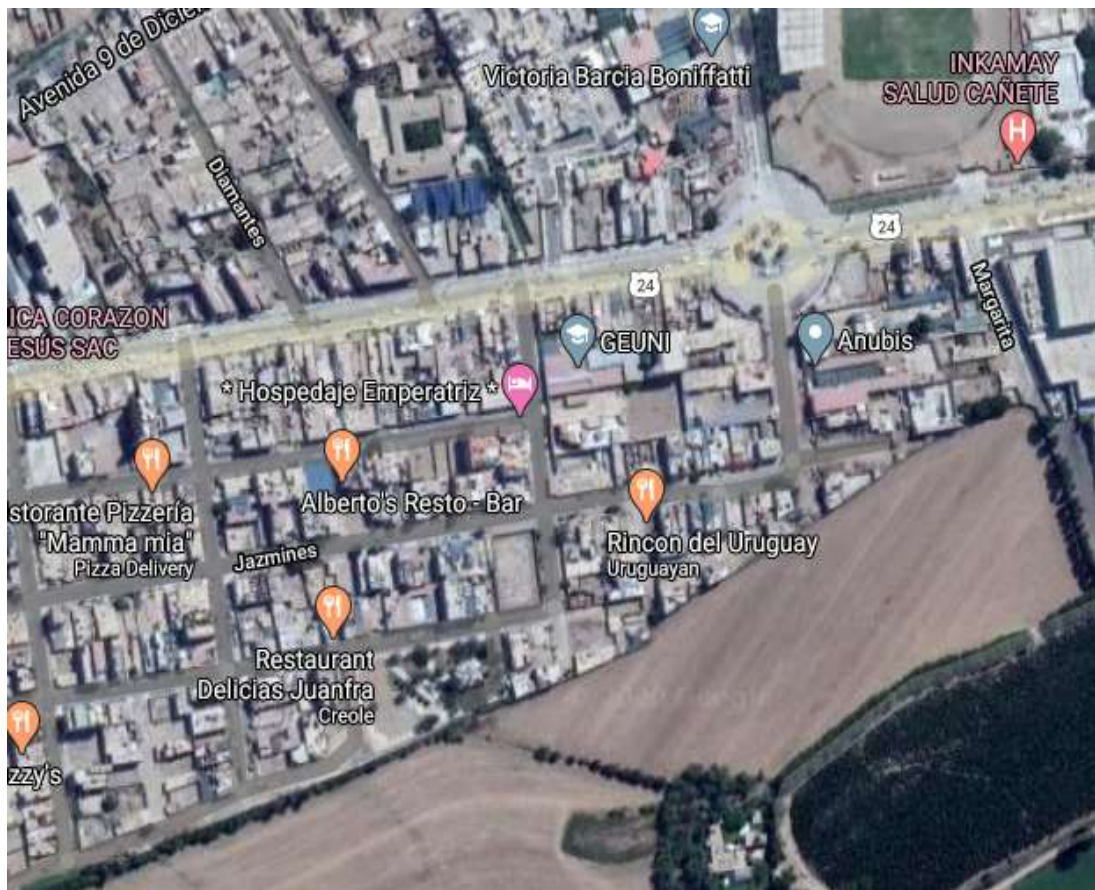


Fig. 3 Vista panorámica de la Urb. Primavera



Fig. 4 Fotografía urbanización Primavera-Cañete

2.2 Metodología de investigación

2.2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación

Tipo

Hernández et al., “El tipo de estudio de la investigación es aplicada, ya que se aplicó conocimientos ya existentes en la solución de problemas prácticos, el estudio es experimental, ya que existe manipulación en una de las variables de estudio. Tipo observacional-retrospectivo-longitudinal”[35].

Supo, “El estudio es de enfoque cuantitativo, se encuentra basado en la medición cuantitativa del agua potable mediante tecnología de purificación solar para consumo humano; sustentándose en la revisión de los antecedentes y bases teóricas”[36], “en el uso de la estadística inferencial para poner a prueba o contrastar la hipótesis de investigación formulada previamente, que permitirá confirmar o profundizar las teorías existentes que se tienen respecto a la problemática estudiada”[36].

Nivel o alcance

Tamayo, indica que: “El Estudio descriptivo comprende la descripción, registros, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos y relaciona los procesos”[37].

Diseño

Hernández et al, “El estudio como diseño, es cuasi experimental” [38].

2.2.2 Universo y muestra

Universo

La población estará conformada por todas las viviendas (223 viviendas) que se busca “suministrar agua potable para consumo humano mediante la tecnología de purificación solar en el casco urbano Primavera, del distrito de san Vicente de Cañete en la provincia de Cañete, departamento de Lima”[38].

Muestra

Se determinó mediante el muestreo probabilístico se basa en el principio de equiprobabilidad, es decir, todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra; se realizó la estimación para una población conocida.

“La muestra está determinada, teniendo en cuenta la formula siguiente de Ecuación de Murray & Larry (n)” [39]

$$n = \frac{Z^2 * N * P * Q}{(N - 1) * E^2 + Z^2 * P * Q} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

N = Tamaño de la población en estudio (223 viviendas)

Z = Valor de la distribución normal estandarizada de acuerdo al grado de confianza 95% (1,96)

P = Distribución en la variable (0,5) (éxitos)

$Q = 1 - P(0,5)$ (fracaso)

E = Error muestral máximo que el investigador está en condiciones de aceptar para su estudio muestral 0.25 %.

Reemplazando los datos en la ec. (1)

$$n = \frac{(1.96)^2(223)(0.5)(0.5)}{(223-1)(0.25)^2 + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$n = 15$ viviendas

TABLA 2

“MUESTRA DE CONTINGENCIA”

10%	15%
1.3	2.0
13	30

“La muestra de contingencia puede variar de 10% a 30%”[30].

2.3 Procedimiento de la metodología general

2.3.1. Técnica de recolección de datos (Sonómetro)

Muestreo del agua

“Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales R.J. N°010-2016-ANA”[40].

“Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S. N°031-2010-S.A.” [41].

“Ficha de análisis”

“Consta de las siguientes partes: título de la investigación, información específica sobre el llenado (instrucciones), datos generales sobre el punto de monitoreo (ubicación, coordenadas, nombre de la fuente, numero de muestra, fecha y hora), resultados de laboratorio del análisis microbiológico (Coliformes totales y termorresistentes) y el resultado de la calidad de agua”

2.3.2. Instrumento de recolección de datos

“Equipos

- GPS

Formatos

- Fichas de laboratorio
- Libreta de campo
- Material de escritorio

Preparación de materiales y equipos

Para la ejecución del monitoreo de manera efectiva, se preparó anticipadamente los materiales de trabajo (equipos de muestreo operativos debidamente calibrados)”[42].

Materiales

Frascos esterilizados y guantes descartables.

2.3.3. Técnicas de procesamiento de datos

Para determinar los parámetros de campo como organolépticos: color, se realizó mediante percepciones sensoriales directamente de la red de agua de EMAPA-Cañete S.A. es la Empresa Prestadora del Servicio de Saneamiento, encargada de administrar y operar los servicios de agua potable y alcantarillado, en la mayoría de los distritos de la provincia de Cañete motivo del estudio. Los valores de los parámetros fisicoquímicos de campo, se obtuvo haciendo uso del equipo Multiparámetro para calidad de agua (pH, Conductividad Eléctrica y Temperatura); el Turbidímetro, para los valores de turbiedad.

Las muestras se tomaron de la urbanización Primavera, siguiendo el protocolo de muestreo y los análisis se realizaron en el Laboratorio NKAP, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA con registro N° LE 026. Se utilizó una codificación sencilla para cada

muestra indicando parámetro, código del punto de muestreo, fecha y hora de la toma de muestra y el tipo de preservante usado, todas las mediciones y observaciones se registraron en cuaderno de campo y en la ficha de registro diseñada

2.3.4. Análisis e interpretación de la información

Hernández, “El estadístico que se utilizará para encontrar la efectividad del purificador solar en el suministro de agua potable para consumo humano será la prueba de t-Student, con una significancia del $<0.05\%$ ”[43].

2.4 Marco legal

Decreto Supremo N°031-2010-SA-MINSA

“La Dirección General de Salud Ambiental elaboró el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, donde se establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano”[41], “con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población”[41]. “El conjunto de acciones técnico administrativas u operativas, que tienen la finalidad de lograr que la calidad del agua para consumo de la población cumpla con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el presente reglamento”[41].

TABLA 3

“ D.S-031-2010-SA-MINSA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO”

Característica	Simbología	Unidad	Límites Máximos Permisibles
Parámetros de calidad organoléptica			
Potencia de hidrogeno	pH		6.5 - 8.5
Color aparente	Pt-Co	Unidad de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad		NTU	5

Conductividad eléctrica		μS/cm	1500
-------------------------	--	-------	------

Dureza total	CaCO ₃	mg/l	500
--------------	-------------------	------	-----

Parámetros químicos inorgánicos

Nitritos	N-Nitrito	mg/l	Exposición corta 3 Exposición larga 0.2
----------	-----------	------	--

Nitratos	N-Nitrato	mg/l	50
----------	-----------	------	----

Parámetro microbiológico

Coliformes totales	NMP/100 ml a 35°C		0
--------------------	----------------------	--	---

III. RESULTADOS

3.1. Describir que el “suministro de agua potable” mediante tecnología de purificación solar para el consumo humano

El sistema de purificación solar, para tal efecto se formó al vacío una capa de brea negra y se consideró sobre un patrón de aluminio y mantenga el fluido constante. La lámina de aluminio consistía en una serie de bandejas de sección cuadrada poco profundas de forma rectangular que estaban interconectadas por una serie de vertederos. Cada bandeja individual tenía una sección transversal de aproximadamente 100 por 100 mm y una profundidad de aproximadamente 10 mm, la capacidad de retención de líquido de cada bandeja era así de aproximadamente 100 ml. En total, la matriz constaba de 34 bandejas y canales adecuados para distribuir y recoger las salidas de agua impura y pura. La fig. 5 muestra la disposición utilizada.

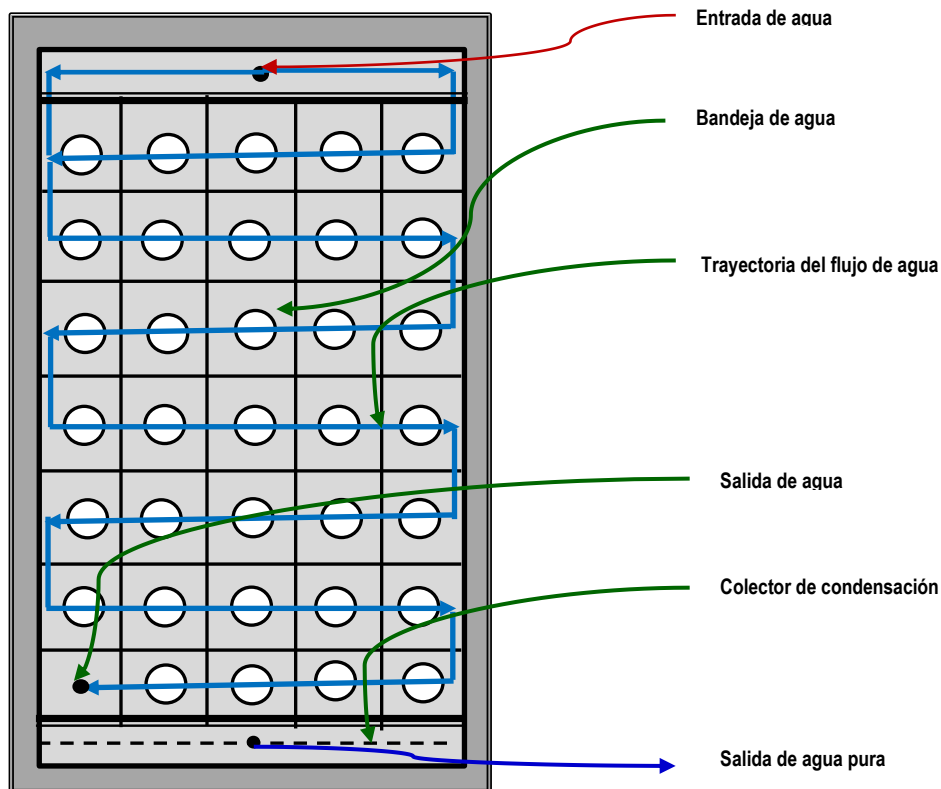


Fig. 5 Purificador de agua solar, muestra la trayectoria del flujo de agua

El panel absorbente de la lámina de brea fue cubierto por una ventana de vidrio blanco y sellado, usando la tensión superficial del vapor de agua condensado producido durante la salida de las bandejas de líquido acuoso.

Un colector de condensación en el canal de recolección de agua pura, redirigió el flujo de agua laminar desde la parte inferior de la cubierta de vidrio hacia el propio canal. La parte inferior del panel absorbente estaba aislada térmicamente. Luego, el purificador de agua solar se montó en un marco de aluminio para minimizar la resistencia y las sombras. Finalmente, el marco se equipó con patas plegables para que, en general, el sistema quedara inclinado 12,5 con respecto a la horizontal. Si es necesario, se puede instalar un asa para facilitar el transporte. Cuando se utilizaron grandes bancos de purificadores de agua solares para obtener grandes volúmenes de agua potable, no se necesitaron patas ni asas de transporte (Fig. 6).



Fig. 6 Purificador de agua solar de una sola unidad

3.2. Explicar que el purificador solar de agua potable contribuye en el consumo humano

Colocación del purificador de agua solar

Ward, “El purificador está orientado en dirección norte-sur cuando la sombra del purificador está alineada a lo largo del purificador alrededor de las 12:00 del mediodía en su ubicación, como se muestra en la Fig. 6. Esta es la orientación que debe usar si desea operar el purificador. en una posición fija y estacionaria”[20].

Producción del purificador de agua solar

Para evitar la posibilidad de que el agua de entrada impura se desborde en la salida de agua pura, el agua de entrada debe introducirse lentamente en el canal de entrada hasta que todas las bandejas estén llenas y el agua empiece a salir por la salida de agua impura. 4,5 l de agua de entrada son suficientes para llenar la unidad depuradora. Para mantener la pureza de la salida, se debe usar una botella de vidrio limpia en lugar de plástico para recolectar la salida de agua pura.

El purificador se puede operar en dos modos: en modo estático donde el llenado inicial de 4,5 l no se repone a lo largo del día como se muestra en la Fig. 7, o en modo dinámico como se muestra en la Fig. 8 donde el agua impura de un depósito de goteo alimenta continuamente a través el purificador a razón de unos 10–15 l por día.

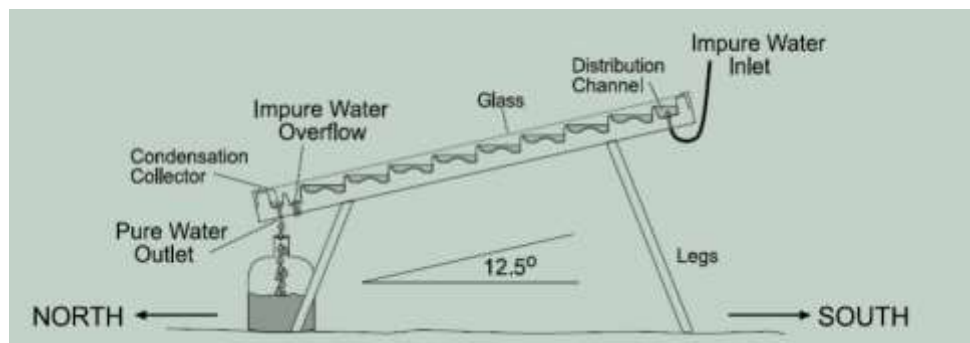


Fig. 7 Disposición y orientación del purificador de agua solar en el hemisferio sur

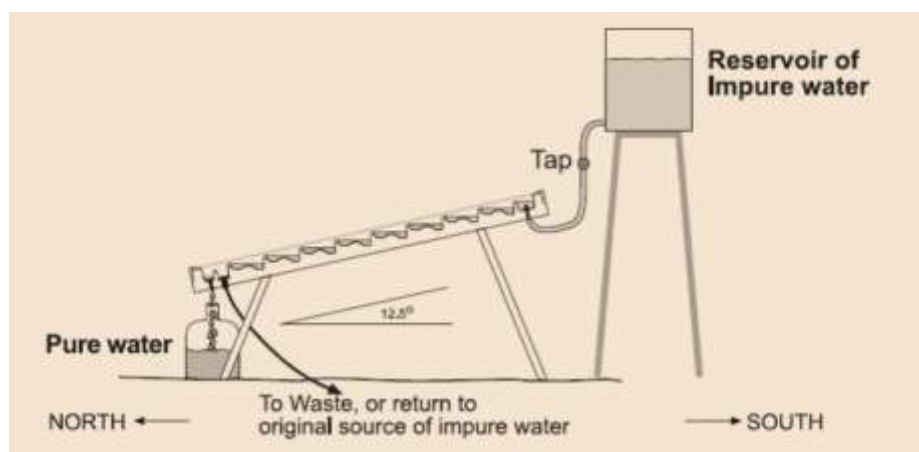


Fig. 8 Operación en modo dinámico en el hemisferio sur

3.3. Verificar que el suministro de agua potable mediante tecnología de purificación solar contribuye en el consumo humano

“En la urbanización Primavera del distrito de San Vicente de Cañete - provincia de Cañete - departamento de Lima, en el área de estudio, cuenta con un servicio de agua potable convencional, con un bombeo de 2 horas tres veces al día, no tienen problema de presión”.

En cuanto al sistema de agua potable la Municipalidad de Cañete está considerando, que el actual sistema se encuentra con tubería de asbesto cemento lo cual por los años ya se encuentran desgastados y por falta de mantenimiento, lo conveniente es la reposición de la red de distribución por tuberías de PVC-U C-10 que cumplan con la NTP ISO 1452.

La fuente de abastecimiento de agua es proporcionada por EMAPA CAÑETE S.A, es la Empresa Prestadora del Servicio de Saneamiento, encargada de administrar, y operar los servicios de agua potable.

Detalle de la operación de campo

“Sector de Influencia”

“Se toma en consideración que el área de influencia directa obedece al área donde se desarrollara y ejecutara el proyecto”

a. Clima

“El clima del distrito de San Vicente es por lo general Cálido y saludable; la atmósfera de enero a abril se caracteriza por un amanecer cálido, en el cual los bañistas tienden a concurrir a las playas, mientras que en mayo a diciembre se caracteriza por un amanecer de nubes y nieblas, que sólo eventualmente producen una débil llovizna llamada garúa”.

“Esta carga de nubes tiene su origen en las húmedas y calientes masas aéreas ecuatoriales que soplan del mar hacia nuestras costas y que al desplazarse sobre

la superficie fría de la Corriente Peruana se condensan produciendo la niebla que cubre cierta parte del distrito”.

“Estas nubes y nieblas se disipan cada día para dar paso a un ambiente templado y hasta soleado; contrariamente en las noches la temperatura desciende, causando una sensación de frío”.

La presión atmosférica de la costa central peruana es casi constante, lo cual genera la presencia de grandes sectores con nieblas muy cerradas; sin embargo, algunas zonas ofrecen cierta variabilidad, como es el caso de San Vicente, con una niebla que fácilmente se disipa y permite el paso de un sol suave y tenue o de una simple resolana.

b. Temperatura

“La temperatura está sujeta a diferentes factores tales como: altitud, latitud, topográficos, estacionales, entre otros. La Urb. Primavera presenta durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 17 °C a 27 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube a más de 30 °C”.

TABLA 4
COMPONENTE DE SISTEMA DE AGUA POTABLE

Metas	Unidad.	Cantidad
Redes de Agua Potable	ml	1,468.10
Conexiones domiciliarias	und	223

c. Conductividad iónica del agua

En el agua existen materiales o fluidos responsables del movimiento de iones, lo que favorece la formación de corriente eléctrica (por conducción iónica). “El agua pura, no debe ser un conductor de la electricidad, ya que la cantidad de iones es mínima; por ello, se puede medir la cantidad de sales presentes en el agua mediante la conductividad; ya que la corriente eléctrica se encuentra

directamente proporcional a la concentración de iones” [44]; “clasificándose, por consiguiente, en agua ultra pura, potable o de mar (tabla 5)” [45]

TABLA 5
VALORES DE CONDUCTIVIDAD [45]

Tipos de agua	Conductividad térmica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Agua ultra pura o des ionizada	0.044
Agua potable	50-500
Agua de mar	50000

TABLA 6
“VALORES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES MÁS UTILIZADOS EN LAS ESTUFAS SOLARES”[46]

Material	k (W/mK)	Material	k (W/mK)	Material	k (W/mK)
Aluminio	205.0	Ladrillo rojo	0.6	Poliestireno	0.01
Latón	109.0	Hormigón	0.8	Madera	0-12-0
Cobre	385.0	Corcho	0.04	Aire	0.02
Plomo	34.7	Fieltro	0.04	Argón	0.01
Mercurio	8.3	Fibra de vidrio	0.04	Helio	0.14
Plata	406.0	Vidrio	0.8	Hidrogeno	0.14
Acero	50.2	Hielo	1.6	Oxigeno	0.02
Ladrillo aislante	0.15	Lana mineral	0.04		

Ademas, “el poliestireno se define técnicamente como un material plástico, rígido que se fabrica a partir de un molde, dicho material presenta una estructura cerrada y rellena de aire, esta característica le proporciona prestaciones excelentes para llevar acabo el aislamiento térmico, a su vez también destaca, su facilidad para ser moldeado y su bajo costo”[46].

“Aunque el vidrio no se comporte como un excelente aislante térmico debido a su valor, el cual ronda entre los 0.9 y 1.05 K (W/mK), se decidió emplear este material por ser una superficie que permite la incidencia de la radiación solar en los objetivos de mejor manera que otros, resaltando también su bajo costo”[46].

“En cuanto a los espejos se eligieron principalmente por ser de los materiales más económicos y fáciles de limpiar, en comparación con otros, los cuales deben estar perfectamente pulidos y se caracterizan por ser más costosos”

TABLA 7
“RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y
MICROBIOLÓGICOS DE AGUA DE LA RED DE TUBERÍA

Característica	Unidad	Agua cruda COMM-01	“Límites Máximos Permisibles”
“Parámetros de calidad organoléptica”			
Potencia de hidrogeno		7.4	6.5 - 8.5
Color aparente	Pt-Co	2.7	15
Turbiedad	NTU	1.2	5
Conductividad eléctrica	μS/cm	240	1500
Dureza total	mg/l	760	500
Parámetros químicos inorgánicos			
Nitritos	N-Nitrito	0	Exposición corta 3 Exposición larga 0.2
Nitratos	N-Nitrato	30	50

Parámetro microbiológico			
Coliformes totales	NMP/100 ml a 35°C	0	0

TABLA 8
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y
MICROBIOLÓGICO DEL AGUA GENERADA POR EL PURIFICADOR
SOLAR

Característica	Unidad	Agua pura COMM-02	“Límites Máximos Permisibles”
“Parámetros de calidad organoléptica”			
Potencia de hidrogeno		7.8	6.5 - 8.5
Color aparente	Pt-Co	1.5	15
Turbiedad	NTU	1	5
Conductividad eléctrica	μS/cm	10	1500
Dureza total	mg/l	144	500
Parámetros químicos inorgánicos			
Nitritos	N-Nitrito	0	Exposición corta 3 Exposición larga 0.2
Nitratos	N-Nitrato	5	50
Parámetro microbiológico			
Coliformes totales	NMP/100 ml a 35°C	0	0

TABLA 9
ANÁLISIS COMPARATIVO DE AGUA

Característica	Agua cruda COMM-01	Agua pura COMM-02	“Límites Máximos Permisibles”
“Parámetros de calidad organoléptica#			
Potencia de hidrogeno		7.8	6.5 - 8.5
Color aparente		1.5	15
Turbiedad		1	5
Conductividad eléctrica		10	1500
Dureza total		144	500
Parámetros químicos inorgánicos			
Nitritos		0	
Nitratos		5	50
Parámetro microbiológico			
Coliformes totales		0	0

“Monitoreo de la temperatura alcanzada por el purificador solar

Los resultados obtenidos para los días: 10, 11, 12, 13, 14 y 15 de abril se muestran en las siguientes tablas y gráficas”

TABLA 10
MONITOREO DEL DIA 10 DE ABRIL, CODIGO COMM-3

Tiempo (h)	Temperatura del día (°C)	Radiación (W/m²)	Temperatura del SODI (°C)	Temperatura interior (°C)	Temperatura del agua (°C)
9	20.2	950	30	25	20.2
10	20.5	800	90	80	60
11	21.0	850	120	80	80

12	22.0	940	110	80	100
13	22.5	700	80	75	90
14	22.4	600	75	70	80
15	22.3	500	70	60	75

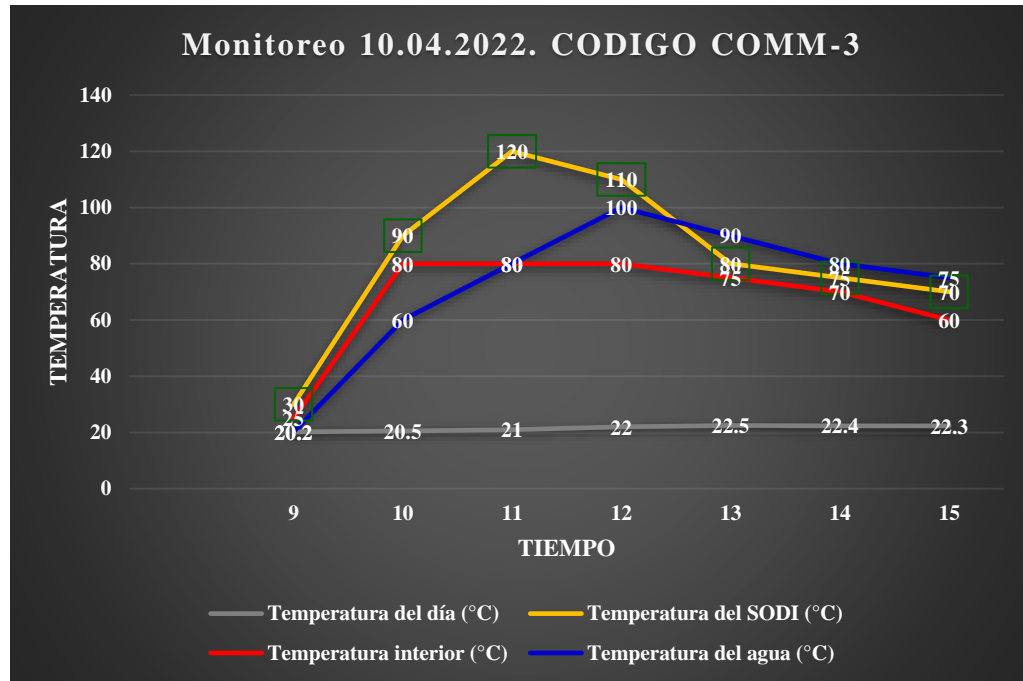


Fig. 9 Monitoreo 10.04.2022. CODIGO COMM-3

TABLA 11
MONITOREO DEL DIA 11 DE ABRIL, CODIGO COMM-4

Tiempo (h)	Temperatura del día (°C)	Radiación (W/m ²)	Temperatura del SODI (°C)	Temperatura interior (°C)	Temperatura del agua (°C)
9	22.0	880	60	40	20
10	22.5	940	80	60	70
11	24.1	1000	110	90	95
12	25.1	800	130	100	120

13	25.5	750	95	80	100
14	24.3	600	70	60	80
15	22.1	480	60	50	70

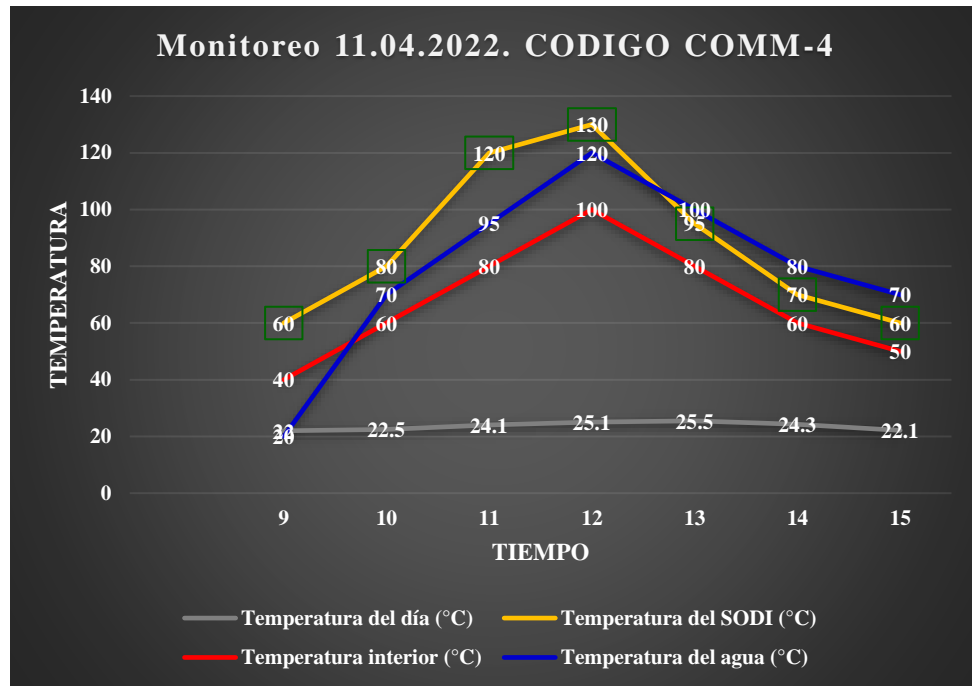


Fig. 10 Monitoreo 11.04.2022. CODIGO COMM-4

**TABLA 12
MONITOREO DEL DIA 12 DE ABRIL, CODIGO COMM-5**

Tiempo (h)	Temperatura del día (°C)	Radiación (W/m ²)	Temperatura del SODI (°C)	Temperatura interior (°C)	Temperatura del agua (°C)
9	21.2	950	110	45	20
10	22.7	800	120	110	70
11	23.3	850	140	115	95
12	23.4	940	110	100	110

13	23.4	700	90	84	98
14	23.5	700	70	75	80
15	23.4	600	65	58	70

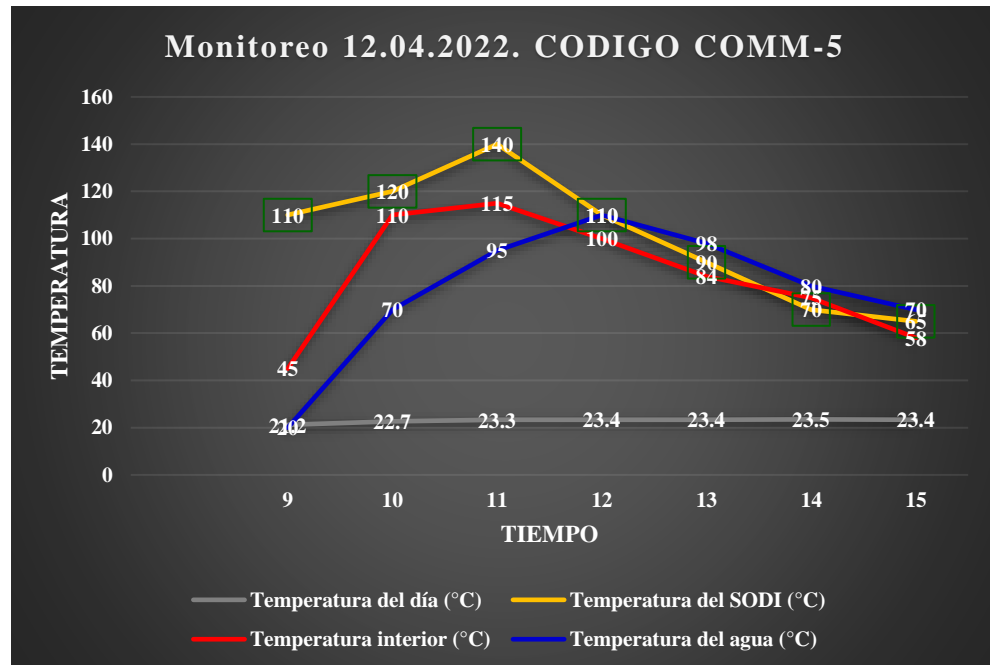


Figura 11 Monitoreo 12.04.2022. CODIGO COMM-5

TABLA 13
MONITOREO DEL DIA 13 DE ABRIL, CODIGO COMM-6

Tiempo (h)	Temperatura del día (°C)	Radiación (W/m ²)	Temperatura del SODI (°C)	Temperatura interior (°C)	Temperatura del agua (°C)
9	21.6	780	38	32	21
10	22.5	920	110	82	70
11	23.0	980	130	84	90
12	24.0	920	120	90	104

13	24.5	880	100	72	80
14	25.0	780	90	78	90
15	25.0	700	76	70	80

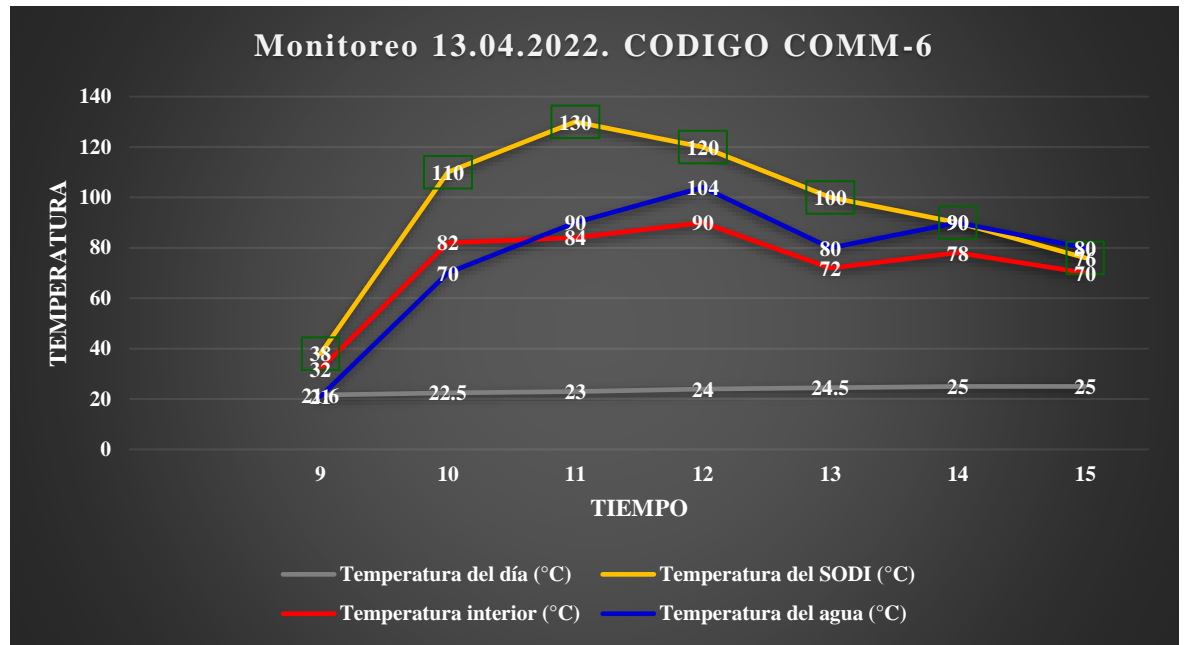


Figura 12 Monitoreo 13.04.2022. CODIGO COMM-6

TABLA 14

MONITOREO DEL DIA 14 DE ABRIL, CODIGO COMM-7

Tiempo (h)	Temperatura del día (°C)	Radiación (W/m ²)	Temperatura del SODI (°C)	Temperatura interior (°C)	Temperatura del agua (°C)
9	21.2	900	38	24	22
10	22.3	950	110	74	58
11	22.3	920	130	80	108
12	23.0	880	100	82	96

13	23.2	800	84	70	78
14	23.5	680	98	74	70
15	23.5	580	70	60	74

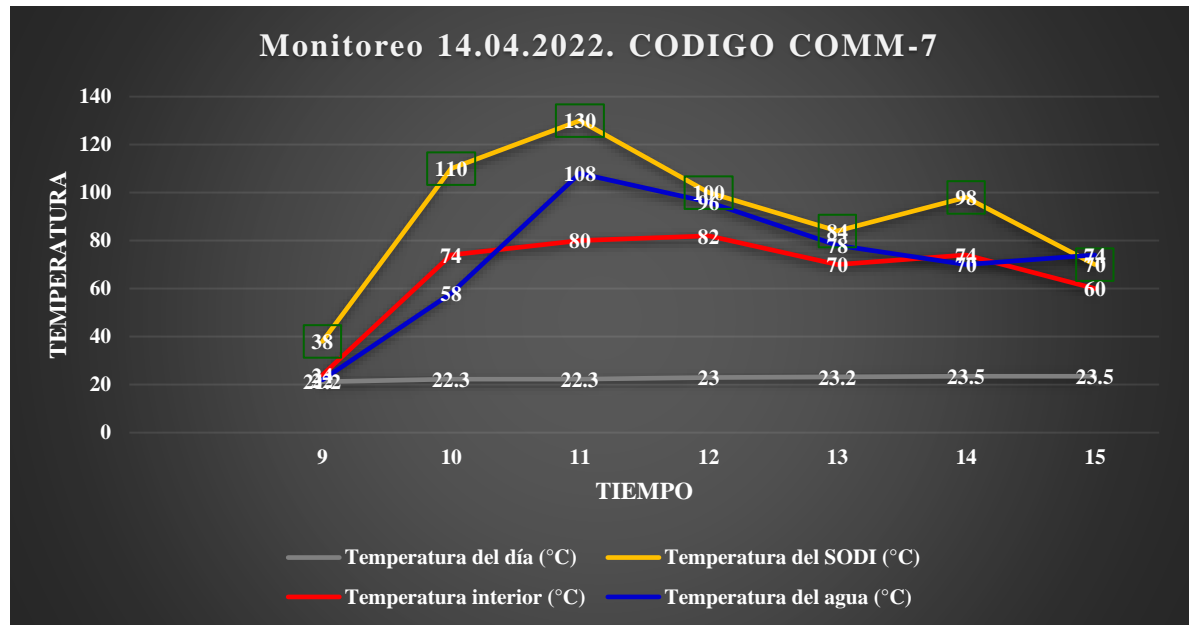


Figura 13 Monitoreo 14.04.2022. CODIGO COMM-7

TABLA 15
MONITOREO DEL DIA 15 DE ABRIL, CODIGO COMM-8

Tiempo (h)	Temperatura del día (°C)	Radiación (W/m ²)	Temperatura del SODI (°C)	Temperatura interior (°C)	Temperatura del agua (°C)
9	22.5	820	35	24	21
10	21.5	920	130	90	66
11	22.1	950	125	85	90
12	22.1	930	115	82	100

13	22.4	850	110	78	94
14	23.5	820	75	70	88
15	23.3	760	70	65	82

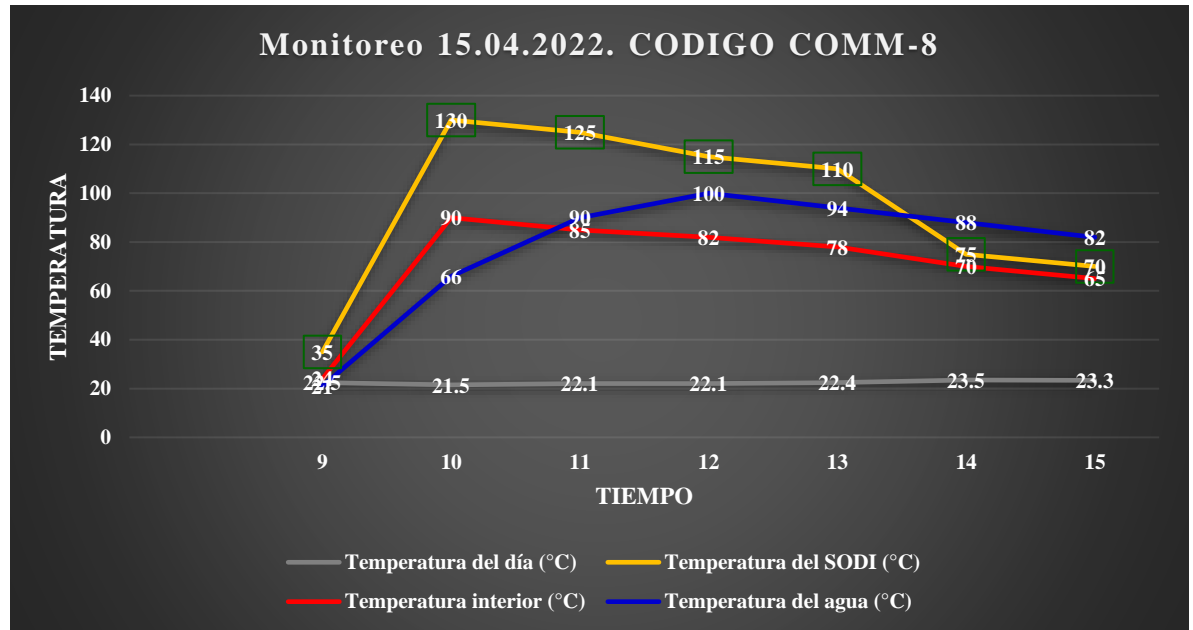


Figura 14 Monitoreo 15.04.2022. CODIGO COMM-8

“En las gráficas anteriores se puede observar un incremento de temperatura rápido, ya que, en la primera hora de exposición, se logra pasar de 20°C a un promedio de 125°C en caso del purificador solar, 115°C en el interior y 80°C en el caso del agua, a su vez estas temperaturas en algunos casos se mantienen por un lapso mínimo de 3 horas, dependiendo de la radiación solar que se incide en ese día, debido a que la temperatura alcanzada es dependiente de la misma. Para lograr dar solución a la captación máxima de radiación y descensos de temperatura, se debe contar con materiales cuya superficie reflectora sea muy pulida, aislantes grado industrial y materiales de soporte que garanticen el correcto sellado del dispositivo”

“Cálculo de eficiencia”

“A partir del monitoreo en las temperaturas del sistema, es posible la recolección de los datos necesario para el cálculo de eficiencia en la estufa solar diseñada; teniendo, por tanto que: la masa del agua corresponde a 1.5 kg, el calor específico del fluido de cocción a 4186 J/kg K, diferencia entre la máxima temperatura alcanzada y la temperatura ambiente (197 K), promedio de la intensidad solar durante el intervalo de tiempo (250 W/m²), área de captación o apertura de la estufa en m² (1.2409 m²), y el tiempo (en segundos), requerido para alcanzar la temperatura máxima del fluido de cocción (10800 s); reemplazando los datos en la, ecuación 1”.

$$n = \frac{(m)(Ce)(T_{Max}-T_{Amb})}{(I)(A)(\theta)} \quad (\text{ecuacion 1})$$

$$n = \frac{(1.5 \text{ Kg})(4186 \frac{\text{J}}{\text{Kg.K}})(197\text{K})}{(250 \frac{\text{W}}{\text{m}^2})(1.24\text{m}^2)(10800\text{s})}$$

$$n = 65\%$$

Akoy y Ahmed, “los purificadores solares, poseen una eficiencia del 78%, por lo que la eficiencia del nuevo prototipo se encuentra situado en 65% y por tanto ofrece una buena opción alterna para su uso en la purificación de aguas”[47].

Volúmenes del destilado

Jönsson et al.; Badran et al.; Kargar et al., “El volumen obtenido, es 4.5 litros por 6 horas de exposición, mientras que, por el prototipo, se obtienen valores de 2500 ml por 6 horas de exposición, que en un destilador pasivo es superado por facilidad” [48]–[50].

Por otro lado, *Uleberg*, “pocos son los artículos que mencionan la calidad del agua obtenida” [51]. Continua, “en uno de ellos se señala la reducción de sales disueltas en el agua, que, mediante el proceso de destilación, deben disminuir considerablemente” [51]. “Para lo cual se realizó el muestreo de la cantidad de sales presentes en el agua antes y después del destilado, mediante la conductividad eléctrica (Tabla 16)”.

TABLA 16
VALORES DE CONDUCTIVIDAD OBTENIDOS

Dia	Valor Inicial	Valor final
10/04/2022	525 $\mu\text{S/cm}$	21 $\mu\text{S/cm}$
11/04/2022	526 $\mu\text{S/cm}$	15 $\mu\text{S/cm}$
12/04/2022	524 $\mu\text{S/cm}$	19 $\mu\text{S/cm}$
13/04/2022	525 $\mu\text{S/cm}$	22 $\mu\text{S/cm}$
14/04/2022	525 $\mu\text{S/cm}$	21 $\mu\text{S/cm}$
15/04/2022	530 $\mu\text{S/cm}$	14 $\mu\text{S/cm}$

Por lo tanto, *Garrido et al.*, [52], en la aplicación del método SODIS. se expusieron las muestras de agua a los rayos solares durante 6 horas, siguiendo lo expresado en la guía de aplicación de desinfección solar del agua. Durante cada hora y después haber alcanzado el tiempo descrito, se realizó la medición de temperatura del agua y se procedió a determinar los parámetros microbiológicos respectivos, ver Tabla 17.

TABLA 17
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE PARAMETROS DE CALIDAD
ORGANOLEPTICA EN LA DESCARGA DEL SISTEMA SODIS

Dia	pH	Olor	Temperatura > 50 °C	Coliformes totales (UFC/100 ml a 35°C)	SST (ppm)
10/04/2022	6.9	Acceptable	60	0	1.1
11/04/2022	7.0	Acceptable	60	0	1.3
12/04/2022	7.2	Acceptable	60	0	1.1
13/04/2022	6.9	Acceptable	60	0	1.5
14/04/2022	7.1	Acceptable	60	0	1.1
15/04/2022	7.0	Acceptable	60	0	1.1

Por lo tanto, la desinfección solar, en aplicación a zonas urbanas, suburbanas y rurales en la región de Ica, como es el caso del casco urbano Primavera en Cañete, permitió una metodología de desinfección efectiva en la remoción de Coliformes Totales, siempre y cuando las muestras de agua se expongan a radiación solar durante tres a cuatro horas continuos. Los valores correspondientes a los parámetros físicos de las muestras in situ en la Tabla 17, arrojaron la siguiente información: El pH de las muestras en el sistema SODIS, en los ensayos realizados en los días del 10 /04/2022 al 15/04/2022 en el casco urbano Primavera revelo ser de neutro a ligeramente alcalino. Las muestras cumplieron con el requisito exigido por la Norma Sanitaria: Decreto supremo N°031-2010-SA[41]. Para lograr la desinfección de las muestras del agua, estas se sometieron al método SODIS por un lapso de seis horas, de 9:00 a.m. a 3:00 p.m. Concluido el procedimiento, se apreció que en el casco urbano Primavera en la temperatura mínima promedio del agua al inicio fue de 22°C, tiempo cero y la temperatura máxima promedio del agua después de seis horas de exposición a los rayos solares fue de 70°C, observándose que los coliformes totales en función del tiempo debido a la acción en conjunto del aumento de la temperatura del agua en el sistema SODIS y los efectos de los rayos solares, contribuyo en verificar que la concentración de coliformes totales es nula., Siendo esta la calidad de agua para consumo humano.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación del suministro de agua potable mediante tecnología de purificación solar para el consumo humano

El objetivo fue describir que la tecnología de purificación solar que permitió obtener agua pura de la mejor calidad, para tal efecto no se tuvieron en cuenta los criterios de opiniones por el gobierno local, caras de instalar, operar y mantener, como los conocidos métodos de ósmosis inversa y destilación instantánea para la producción de agua potable. Sin embargo, *Ward*, indica que “no es difícil producir un dispositivo portátil, económico de fabricar y operar, que pudiera producir agua potable de alta calidad a partir de la entrada de agua impura[20].

4.2. Análisis e Interpretación del purificador solar de agua potable contribuye en el consumo humano

El objeto fue explicar sobre el purificador solar para agua potable pura, permite obtener exhaustivamente una discusión sobre el impacto y las formas de superar estas barreras como el menor volumen de agua que se puede tratar por día, los microorganismos resistentes, la disponibilidad intermitente de radiación solar, la turbidez del agua y las barreras sociales. Se encontró que la aplicación de SODIS como alternativa para el abastecimiento de agua potable a gran escala, depende del diseño de sistemas de flujo continuo para purificación solar de agua.

Mussengue & Brittes, “Para almacenar agua caliente se utiliza una variedad de tanques, generalmente hechos de acero, hormigón, plástico, fibra de vidrio u otros materiales adecuados, pero los de acero y plástico están disponibles comercialmente en varios tamaños”[53]. Es deseable que la temperatura ideal de crecimiento microbiano (>45 °C) hace que los microorganismos sean más susceptibles a la radiación ultravioleta y previene el recrecimiento bacteriano. Además, permitirá maximizar el aprovechamiento de la radiación ultravioleta, ya que permitirá mantener un flujo de agua constante en el sistema purificador, ya que no será necesario interrumpir el flujo

para esperar a que el agua se caliente, y esto contribuirá a un aumento de la productividad.

4.3. “Análisis e interpretación en verificar que el purificador solar de agua potable contribuye en el consumo humano

El objetivo del estudio fue verificar que el purificador solar que el proceso del agua impura, *Lenntech*, contribuye que “en el sistema contenía sales, (530 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que ingreso en el límite superior del purificador solar para agua potable por lo tanto disminuyó en el proceso a 14 $\mu\text{S}/\text{cm}$, situándolo como un agua pura” [45].

“Aunado a ello, el dispositivo no constituye un alto costo de producción, ya que se emplearon materiales disponibles en la región, fácil de operar y mantenimiento sencillo”.

IV. CONCLUSIONES

El estudio tuvo como objetivo describir las posibilidades de aplicar la purificación solar (SODIS) como alternativa al abastecimiento de agua potable a gran escala, con base en los avances tecnológicos actualmente disponibles en la literatura. “El menor volumen de agua que se puede tratar por día, los microorganismos resistentes, la disponibilidad intermitente de radiación solar, la turbidez del agua y las barreras sociales”, son los principales desafíos que se deben superar para permitir la distribución de agua potable a gran escala utilizando la tecnología SODIS.

Se diseñó y probado con éxito un purificador de agua solar, que convirtió regularmente agua impura que fue considerado para el estudio de investigación, obteniéndose en agua potable pura con un contenido de sólidos totales disueltos (TDS) de 1 a 2 ppm., pero también se puede considerar para el estudio, agua de pozo, agua de mar, agua salobre, orina, agua radiactiva, contaminada con arsénico, efluentes, entre otras.

Se consignaron datos óptimos a la salida del purificador solar de agua pura se registró un promedio de la temperatura de 110°C, permitió ser el adecuado con un tiempo de 3 a 4 horas, con pH 7 y sólidos totales de 0 UFCP/100 mL a 35°C, además está supeditado a los registros climáticos.

V. RECOMENDACIONES

El estudio “puede mejorar su rendimiento si se utilizan materiales más elaborados en su construcción, sobre todo en el aspecto aislante ya que con esta mejora podría disminuir la pérdida de calor hacia el medio, lo cual impactaría de forma directa en el volumen de destilado, debido a que se mantendría por más tiempo la temperatura dentro del dispositivo, y por lo tanto, también en el contenedor. Con la finalidad de minimizar las pérdidas de vapor, se puede agregar un condensador externo, y así se llevaría un cambio de estado de manera más eficiente impactando de igual manera en el volumen final de destilado”.

.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] K. G. McGuigan, R. M. Conroy, H. J. Mosler, M. du Preez, E. Ubomba-Jaswa, y P. Fernandez-Ibañez, «Solar water disinfection (SODIS): A review from bench-top to roof-top», *J. Hazard. Mater.*, vol. 235-236, pp. 29-46, 2012, doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.07.053.
- [2] B. J. M. Chaúque y M. B. Rott, «Solar disinfection (SODIS) technologies as alternative for large-scale public drinking water supply: Advances and challenges», *Chemosphere*, vol. 281, n.º April, p. 130754, 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.130754.
- [3] World Health Organization, «Results of Round II of the WHO International Scheme to Evaluate Household Water Treatment Technologies». p. 16 Pag., 2019, [En línea].
Disponible en:
[http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/elink.fcgi?dbfrom=pubmed&id=15620560&retmode=ref&cmd=prlinks%5Cnpapers2://publication/doi/10.1016/S1473-3099\(04\)01253-8%5Cnhttp://www.who.int/household_water/scheme/household-water-treatment-report-round-1/en/#](http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/elink.fcgi?dbfrom=pubmed&id=15620560&retmode=ref&cmd=prlinks%5Cnpapers2://publication/doi/10.1016/S1473-3099(04)01253-8%5Cnhttp://www.who.int/household_water/scheme/household-water-treatment-report-round-1/en/#).
- [4] S. Nowicki, D. J. Lapworth, J. S. T. Ward, P. Thomson, y K. Charles, «Tryptophan-like fluorescence as a measure of microbial contamination risk in groundwater», *Sci. Total Environ.*, vol. 646, pp. 782-791, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.274.
- [5] S. Dorevitch *et al.*, «Solar powered microplasma-generated ozone: Assessment of a novel point-of-use drinking water treatment method», *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, n.º 6, pp. 1-13, 2020, doi: 10.3390/ijerph17061858.
- [6] Z. Y. Huo, D. M. Lee, Y. J. Kim, y S. W. Kim, «Solar-induced hybrid energy harvesters for advanced oxidation water treatment», *iScience*, vol. 24, n.º 7, p. 102808, 2021, doi: 10.1016/j.isci.2021.102808.
- [7] M. G. Cantwell *et al.*, «Spatial patterns of pharmaceuticals and wastewater tracers in the Hudson River Estuary», *Water Res.*, vol. 137, pp. 335-343, 2018, doi: 10.1016/j.watres.2017.12.044.
- [8] D. B. Miklos, C. Remy, M. Jekel, K. G. Linden, J. E. Drewes, y U. Hübner, «Evaluation of advanced oxidation processes for water and wastewater treatment – A critical review», *Water Res.*, vol. 139, pp. 118-131, 2018, doi: 10.1016/j.watres.2018.03.042.
- [9] Z. Y. Huo, Y. Du, Z. Chen, Y. H. Wu, y H. Y. Hu, «Evaluation and prospects of

- nanomaterial-enabled innovative processes and devices for water disinfection: A state-of-the-art review», *Water Res.*, vol. 173, p. 16 Pag., 2020, doi: 10.1016/j.watres.2020.115581.
- [10] R. N. Wang *et al.*, «Occurrence of super antibiotic resistance genes in the downstream of the Yangtze River in China: Prevalence and antibiotic resistance profiles», *Sci. Total Environ.*, vol. 651, pp. 1946-1957, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.111.
- [11] W. Ahmed *et al.*, «First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community», *Sci. Total Environ.*, vol. 728, p. 8 Pag., 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138764.
- [12] A. Bogler *et al.*, «Rethinking wastewater risks and monitoring in light of the COVID-19 pandemic», *Nat. Sustain.*, vol. 3, n.º 12, pp. 981-990, 2020, doi: 10.1038/s41893-020-00605-2.
- [13] H. Gómez-Couso, M. Fontán-Saínz, C. Sichel, P. Fernández-Ibáñez, y E. Ares-Mazás, «Efficacy of the solar water disinfection method in turbid waters experimentally contaminated with *Cryptosporidium parvum* oocysts under real field conditions», *Trop. Med. Int. Heal.*, vol. 14, n.º 6, pp. 620-627, 2009, doi: 10.1111/j.1365-3156.2009.02281.x.
- [14] A. rubén Soto Gamarra, «La sostenibilidad de los sistemas de agua potable en el centro poblado Nuevo Perú, distrito La Encañada- Cajamarca, 2014», Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2014.
- [15] R. W. Moran Atao, «Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en el Centro Poblado la Campiña Zona Alta, 2019», Universidad Católica los Angeles de Chimbote, 2019.
- [16] S. O. Vásquez Caballero, «Caracterización Físicoquímica de la Calidad del Agua Del Manantial La Shita Destinada al Consumo Humano, Cajamarca - 2017», Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, 2017.
- [17] P. Roccaro, G. Mancini, y F. G. A. Vagliasindi, «Water intended for human consumption - Part I: Compliance with European water quality standards», *Desalination*, vol. 176, n.º 1-3 SPEC. ISS., pp. 1-11, 2005, doi: 10.1016/j.desal.2004.11.010.
- [18] J. Rodríguez *et al.*, «Desinfección de agua mediante energía solar en un reactor tipo piscina», *Revista*, pp. 117-123, 2006, [En línea]. Disponible en: [http://dspace.ipen.gob.pe/bitstream/ipen/463/1/_Pag_117-123_Desinfeccion de Agua3.pdf](http://dspace.ipen.gob.pe/bitstream/ipen/463/1/_Pag_117-123_Desinfeccion_de_Agua3.pdf).

- [19] N. Pichel, M. Vivar, y M. Fuentes, «The problem of drinking water access: A review of disinfection technologies with an emphasis on solar treatment methods», *Chemosphere*, vol. 218, pp. 1014-1030, 2019, doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.11.205.
- [20] J. Ward, «A plastic solar water purifier with high output», *Sol. Energy*, vol. 75, n.º 5, pp. 433-437, 2003, doi: 10.1016/j.solener.2003.07.019.
- [21] R. F. Garcia Noblejas, «Análisis de la Calidad del Agua Para Consumo Humano y Percepción Local En El Anexo de Cantarizu, Provincia de Oxapampa y Región Pasco-2019», Universidad Nacional Alcides Carrion, 2019.
- [22] T. Clasen, L. Haller, D. Walker, J. Bartram, y S. Cairncross, «Cost-effectiveness of water quality interventions for preventing diarrhoeal disease in developing countries», *J. Water Health*, vol. 5, n.º 4, pp. 599-608, 2007, doi: 10.2166/wh.2007.010.
- [23] P. S. M. Dunlop, M. Ciavola, L. Rizzo, y J. A. Byrne, «Inactivation and injury assessment of *Escherichia coli* during solar and photocatalytic disinfection in LDPE bags», *Chemosphere*, vol. 85, n.º 7, pp. 1160-1166, 2011, doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.09.006.
- [24] J. M. Paca, F. M. Santos, J. C. M. Pires, A. A. Leitão, y R. A. R. Boaventura, «Quality assessment of water intended for human consumption from Kwanza, Dande and Bengo rivers (Angola)», *Environ. Pollut.*, vol. 254, p. 8 Pag., 2019, doi: 10.1016/j.envpol.2019.113037.
- [25] V. Gopal, A. Shanmugasundaram, B. Nithya, N. S. Magesh, y M. Jayaprakash, «Water quality of the Uppanar estuary, Southern India: Implications on the level of dissolved nutrients and trace elements», *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 130, n.º March, pp. 279-286, 2018, doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.03.046.
- [26] Y. Ouyang, «Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis», *Water Res.*, vol. 39, n.º 12, pp. 2621-2635, 2005, doi: 10.1016/j.watres.2005.04.024.
- [27] M. Carmona, *Estadísticas del Agua en Mexico*, Edición 20. Mexico: Comisión Nacional del Agua, 2017.
- [28] B. M. D. Martinez, «Eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendin», Universidad Nacional de Cajamarca, 2016.
- [29] T. E. Cueva y B. F. Rivadeneira, «Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un

- humedal artificial de flujo subsuperficial con vegetacion herbacea», Escuela Politecnica del Ejercito. Departamento de Ciencias de la Vida. Carrera de Ingenieria Agropecuaria, 2013.
- [30] M. E. Morales Aquino, «Diseño de un Concentrador Solar Para Desinfección de Agua Para Consumo Humano en el C. P. de Cashua, distrito Santa María del Valle, Huánuco 2019», *Tesis Maestria*. p. 109, 2019, [En línea]. Disponible en:
<http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2097>.
- [31] INEI, *Instituto Nacional de estadistica e Informatica. Sistema ESTADISTICO nacional*. Oficina Departamental de Estadistica e Informatica de ICA, 2017.
- [32] Ministerio del Ambiente (MINAM), «Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales», Lima-Perú, 2009. [En línea]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054>.
- [33] ECA Decreto Supremo N°004.2017-MINAM, «Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias», *Norma Legal*. El Diario el Peruano, Lima - Perú, p. 10 Pag., 2017, [En línea]. Disponible en:
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>.
- [34] Wikipedia, «Sistema Informatico Geografico», *Google Earth*, 2001.
https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth.
- [35] R. Hernandez, C. Fernandez, y P. Baptista, *Metodologia de la Investigacion*, Sexta Edic. Mexico: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736, 2014.
- [36] J. Supo, *Cómo escribir una tesis: Redacción del informe final de tesis*, Primera Ed. Lima - Perú: BIOESTADISTICO EIRL, 2015.
- [37] M. Tamayo y Tamayo, *El Proceso de la Investigación Científica. Incluye evaluación y Administración de Proyectos de Investigación*, Cuarta Edi. Mexico - Mexico, 2003.
- [38] R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez Collado, y M. del P. Baptista Lucio, *Definición del alcance de la investigación a realizar: exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa*. 2010.
- [39] M. Spiegel y L. Stephens, *Estadística*, Cuarta edi. Mexico: Mc. Graw Hill, 2006.
- [40] ANA, «Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N°010-2016-ANA», *Norma*. Autoridad Nacional del Agua, Lima, p. 59, 2016, [En línea]. Disponible en:
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf.

- [41] Decreto_Supremo_No-031-SA, «Aprueban Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo humano». Ministerio de Salud, Lima, p. 33, 2010.
- [42] Parlamento Europeo y del Consejo, «Directiva 2002/21/CE relativa a un marco regulador común de redes y los servicios de comunicaciones electrónicas», *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, vol. 2001. Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, Bruselas, p. 18 Pag., 2002, [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2002/108/L00033-00050.pdf>.
- [43] Z. Hernández Martín, *Metodos de Analisis de Datos: Apuntes. administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Rioja: Universidad de la Rioja, 2012.
- [44] Viruela, «C.G.R.G.e.R., CONDUCTIVIDAD DE LAS DISOLUCIONES ELECTROLITICAS. 2010». 2010.
- [45] Lenntech, «Conductividad del agua», *WATER TREATMENT*. <https://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>.
- [46] Fenercom, *Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética*. Madrid - España: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, 2012.
- [47] E. O. M Akoy y A. I. A Ahmed, «Design, Construction and Performance Evaluation of Solar Cookers», *J. Agric. Sci. Eng.*, vol. 1, n.º 2, pp. 75-82, 2015, [En línea]. Disponible en: <http://www.aiscience.org/journal/jasehttp://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.
- [48] J. Jönsson, A. Wikman, y T. Wätthammar, «Social Return on Investment, SROI, the value added for families before and after using Solvatten in the Bungoma district in Western Kenya», p. 99, 2011, [En línea]. Disponible en: https://stud.epsilon.slu.se/3308/1/watthammar_t_111006.pdf.
- [49] A. A. Badran, A. A. Al-Hallaq, I. A. Eyal Salman, y M. Z. Odat, «A solar still augmented with a flat-plate collector», *Desalination*, vol. 172, n.º 3, pp. 227-234, 2005, doi: 10.1016/j.desal.2004.06.203.
- [50] H. Kargar Sharif Abad, M. Ghiasi, S. Jahangiri Mamouri, y M. B. Shafii, «A novel integrated solar desalination system with a pulsating heat pipe», *Desalination*, vol. 311, pp. 206-210, 2013, doi: 10.1016/j.desal.2012.10.029.
- [51] D. A. Uleberg Flatval, *Design and Fabrication of Solar Water Distillation System for Developing Countries*. Faculty of Engineering and Science Department of Engineering Sciences, 2017.

- [52] V. Garrido, Ivonne; Fernández Da Silva, Rafael; Storaci, «Evaluación del método “ SODIS ” en la desinfección del agua para abastecimiento en La Evaluación del método “SODIS” en la desinfección del agua para abastecimiento en La Guadalupe, Chirgua, municipio Bejuma del estado Carabobo», *Ing. Uc*, vol. 20, pp. 29-38, 2013, [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/707/70732655005.pdf>.
- [53] B. J. Mussengue Chaúque y M. Brittes Rott, «Solar disinfection (SODIS) technologies as alternative for large-scale public drinking water supply: Advances and challenges», *Chemosphere*, vol. 24, n.º 7, p. 19, 2021, doi: 10.1016/j.isci.2021.102808.

ANEXO

ANEXO 1

PANEL FOTOGRAFICO DEL ESTADO ACTUAL



