



Carrera de Ingeniería Ambiental

“ELABORACIÓN DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE HUMEDAD ATMOSFÉRICA COMO FUENTE POTENCIAL PARA LA GENERACIÓN NO CONVENCIONAL DE AGUA POTABLE”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Miguel Alexander Girano Corbera

Asesor:

Mg. Blgo. Daniela Milagros Landa Acuña

Lima - Perú

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que estén interesadas en aprender y/o ampliar sus conocimientos sobre este interesante mundo de nuevas propuestas para la recuperación de nuestros recursos.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y profesores que están día a día pendientes y
encaminándome por la excelencia

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Bases Teóricas.....	15
1.3. Formulación del problema	20
1.4. Objetivos	20
1.5. Hipótesis.....	21
1.6. Variables de estudio	22
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	23
2.1. Tipo de Investigación	23
2.2. Materiales, instrumentos y métodos.....	23
2.3. Procedimientos	24
CAPÍTULO III. RESULTADOS	29
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	54
4.1. Discusión.....	54
4.2. Conclusiones	58
REFERENCIAS	59
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Potencia de las lámparas germicidas versus volumen de agua a tratar.	26
Tabla 2 Monitoreo por estación climática	27
Tabla 3 Volúmenes de agua captada por mes durante el año 2019.....	33
Tabla 4 Volumen captado de agua en relación con el mes.....	34
Tabla 5 Determinación del coeficiente de Pearson para humedad vs volumen	35
Tabla 6 Resumen del modelo estadístico en la determinación del coeficiente de Pearson ...	35
Tabla 7 Determinación del coeficiente de Pearson para temperatura vs volumen	35
Tabla 8 Resumen del modelo estadístico en la determinación del coeficiente de Pearson para temperatura	36
Tabla 9 Evaluación de la conductividad eléctrica	37
Tabla 10 Evaluación de cloruros	38
Tabla 11 Evaluación de dureza total.....	39
Tabla 12 Evaluación de sulfatos	40
Tabla 13 Evaluación de sólidos totales disueltos	41
Tabla 14 Evaluación de pH	42
Tabla 15 Evaluación de coliformes totales.....	43
Tabla 16 Evaluación de coliformes termotolerantes	43
Tabla 17 Evaluación de bacterias heterótrofas	44
Tabla 18 Evaluación de huevos de helmintos	45
Tabla 19 Evaluación de protozoarios patógenos	45
Tabla 20 Evaluación de Organismos de vida libre	46
Tabla 21 Evaluación de aceites y grasas	46
Tabla 22 Evaluación de cianuro total	47

Tabla 23 Evaluación de fluoruros.....	47
Tabla 24 Evaluación de nitratos	48
Tabla 25 Evaluación de nitritos	49
Tabla 26 Evaluación de cobre (Cu)	50
Tabla 27 Evaluación de hierro (Fe)	51
Tabla 28 Detalle de consumo energético.....	53
Tabla 29 Comparación con agua comercial	53

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Los diferentes cambios de fase por lo que una sustancia puede pasar (Arteaga, 1993). 16	
<i>Figura 2.</i> Componentes del sistema de captación de humedad atmosférica.	25
<i>Figura 3.</i> Dimensiones del Captador de humedad.	29
<i>Figura 4.</i> a) Dimensiones de Lámpara UV de 8 W. b) Ubicación de Lámpara UV	30
<i>Figura 5.</i> a) Dimensiones del Filtro de Carbono de 5 micras, b) Ubicación del Filtro.....	31
<i>Figura 6.</i> Plano del sistema de captación	32
<i>Figura 7.</i> Determinación de la variación estándar en función del mes y el volumen de agua captado.....	34
<i>Figura 8.</i> Datos de Evaluación Volúmenes periodo Febrero – Octubre 2019	36
<i>Figura 9.</i> Datos de Evaluación de Conductividad periodo Mayo – Julio 2019	37
<i>Figura 10.</i> Datos de Evaluación de Cloruros periodo Mayo – Julio 2019.....	38
<i>Figura 11.</i> Datos de Evaluación de Dureza Total periodo Mayo – Julio 2019.....	39
<i>Figura 12.</i> Datos de Evaluación de Sulfuros periodo Mayo – Julio 2019	40
<i>Figura 13.</i> Datos de Evaluación de TDS periodo Mayo – Julio 2019	41
<i>Figura 14.</i> Datos de Evaluación de pH periodo Mayo – Julio 2019.....	42
<i>Figura 15.</i> Datos de Evaluación de Bacterias Heterótrofas periodo Mayo – Julio 2019	44
<i>Figura 16.</i> Datos de Evaluación de Fluoruros periodo Mayo – Julio 2019	48
<i>Figura 17.</i> Datos de Evaluación de Nitratos periodo Mayo – Julio 2019.....	49
<i>Figura 18.</i> Datos de Evaluación de Nitritos periodo Mayo – Julio 2019.....	50
<i>Figura 19.</i> Datos de Evaluación de Cobre periodo Mayo – Julio 2019	51
<i>Figura 20.</i> Datos de Evaluación de Hierro periodo Mayo – Julio 2019	52
<i>Figura 21.</i> Valor del agua obtenida.....	53

RESUMEN

El agua es fundamental para el bienestar del ser humano, sin embargo, el incremento desmesurado de la población y su insuficiente gestión ha generado la preocupación por la escasez de este indispensable elemento, por lo que es importante valorar opciones para innovar fuentes de agua utilizando métodos no convencionales. Este trabajo de investigación plantea dotar y promover una novedosa fuente de abastecimiento de agua por medio de la condensación del vapor atmosférico, con el uso de un deshumidificador doméstico comercial que extraer la humedad del aire. El agua captada y en fase líquida pasará a través de un circuito de esterilización adaptado al deshumidificador cuyos tratamientos incorporados serán: Lámpara UV 8W y Filtro de carbón activado de 5 micras. Las muestras de agua recolectadas han sido analizadas contra numerosas variables individualmente y en combinaciones que incluyen: cantidad de agua recolectada por meses del año en relación con la temperatura y humedad, idoneidad del agua recolectada para consumo humano y la economía de este método de recolección de agua en comparación con otros métodos convencionales. Las muestras fueron obtenidas *in situ* y luego enviadas para sus análisis al laboratorio certificado EQUAS S.A. El sistema de captación propuesto cumple con los parámetros de calidad organolépticas, microbiológicos y parasitarios, químicos inorgánicos y orgánicos establecidos según DS N° 031-2010-SA, donde se concluye que el agua generada con el sistema propuesto cumple como una fuente potencial de agua potable.

Palabras clave: Deshumidificador, *in situ*, filtro, vapor de agua.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El agua es el recurso natural considerado indispensable para el desarrollo de la vida, motivo por el cual su empleo y gestión debe ser considerada uno de los pilares en aras del desarrollo sostenible. En su mayoría las fuentes de contaminación son complejas y variadas, además de ser producidas por la carencia de conciencia ambiental del ser humano, puesto que sus actividades tienen correlación directa e inversa a las reservas hídricas. La alteración y uso no sustancial conllevan a graves consecuencias (Maestu, 2015). Así mismo, a nivel mundial, aproximadamente más del 40% de los hogares no gozan del servicio básico de abastecimiento de agua potable, en algunos casos deben recorrer kilómetros para disponer de este recurso (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2009).

Por tal motivo, las ciudades no se pueden considerar sostenibles, si no garantizan un acceso fiable al agua potable y un saneamiento adecuado (ONU-DAES, 2015), que debido al incremento poblacional e industrial de manera exponencial en el mundo conlleva al requerimiento mayoritario del recurso, y que lleva a puntualizar la gran significación de la gestión sostenible, eficiente, equitativa a la salud, bienestar propio de la economía, ambiente y sociedad, por ello investigadores como Álvarez (como se citó en El Comercio, 2015) resalta la riqueza de recursos hídricos que existe en el Perú, serían suficientes para abastecer cada hogar de todo el país. No obstante, Álvarez (2015) identifica que el problema radica en la distribución de la población, más del 70% está ubicada en la costa, pero la gran cantidad de agua el 90% se encuentra en la

selva, adicional a lo último, nuestro país cuenta con 231 cuencas hidrográficas y con el 69% de los glaciares del mundo y no cubre la disposición de agua potable de la población. En consecuencia, las mayores inversiones en obras de infraestructura en el país se basan en los transvases de cuencas.

En adición a esta realidad, según Cereceda (2000), el agua empieza a considerarse un bien escaso, al que ya no toda persona puede acceder con facilidad y donde en la generación de tecnología es vital para la captación de agua como fuentes de suministros no convencionales, asimismo, la humedad atmosférica tiende a ser una atractiva fuente no convencional de agua potable. Según lo mencionado, el Perú tiene el gran reto de mejorar el conjunto de condiciones que contribuyen al desarrollo integro de la población de la mano con la tecnología para resolver la complicada situación de suministro de agua. Su manejo implica generar mecanismos que garanticen su perpetuidad. Aun así, la contaminación constante a la que es sometida reduce el número de fuentes de las cuales, obtener agua potable sea posible.

Por tanto, esta investigación propone un sistema de captación de humedad atmosférica como fuente potencial de agua y que sea para consumo humano que podría servir como una herramienta de emergencia en situaciones de difícil acceso al agua. Así mismo, Esta investigación tiene como limitación los recursos financieros, cuyo presupuesto abarca materiales, transporte, equipos y análisis en laboratorio certificado. Este último, genera un gasto de S/. 3 000, en los 3 análisis de agua en laboratorio certificado, para caracterización de aguas potables. Que equivale al 75% del presupuesto estimado para la presente investigación.

La presente investigación tiene como sustento otras investigaciones realizadas sobre sistemas que aprovechan la humedad atmosférica como fuente no convencional para captar agua:

Coasaca (2019), propuso el Proyecto Pukio, que consiste en un sistema mecatrónico para encontrar la temperatura de rocío bajo cualquier condición climática y geográfica, que permite la condensación del vapor. Los materiales utilizados provienen de refrigeradoras viejas, maderas y cartones reciclados; y cuenta con alimentación eléctrica 100% renovable. El proyecto propone que podría funcionar en condiciones de 20% de humedad relativa y 30°C de temperatura ambiental. El prototipo final capta un estimado de 15 litros de agua por día.

Hidalgo (Diario La República, 2017), llevó a cabo el Proyecto Yawa, un dispositivo que transforma aire en agua. El cual consiste en una turbina eólica que alimenta al condensador, de esta forma recolecta el aire (moléculas de agua suspendidas) y lo condensa, para luego ser conducido a un proceso de saturación y obtención de agua en estado líquido. El sistema tiene un filtro interno que purifica las partículas del aire, que luego pasa por un proceso de mineralización, finalmente se obtiene agua potable.

Véliz *et al.* (2017), en su investigación tuvo como objetivo principal desinfectar efluentes secundarios de la planta que se encarga del tratamiento de agua residual en la Ciudad de Ayacucho mediante radiación ultravioleta con el fin de reutilizar esa agua para riego agrícola. Esta planta tiene un efluente secundario que es desinfectado con cloro para luego ser vertido al río Alameda, este efluente tiene alta carga de microorganismos patógenos y no es apto para uso agrícola. Por esa razón, el estudio

propone el uso de radiación ultravioleta con el propósito de desactivar y eliminar los grupos de organismos nocivos. El diseño consistió en dos tratamientos: a) Agua del efluente que ingresa de manera directa al proceso de cloración b) Agua del efluente expuesta a desinfección ultravioleta previo tratamiento de filtración y adsorción. Este método demostró que es necesario el previo tratamiento porque mejora de modo considerable la reducción de microorganismos patógenos (949 NMP/100 ml). En conclusión, el agua obtenida al final de la línea de tratamiento cumple con los estándares de calidad sanitaria y puede ser destinada a riego de vegetales.

Ruas (2013), diseñó un panel publicitario con la capacidad de producir agua potable, se basó en un sistema electrónico que es capaz de atraer y condensar el vapor de aire en beneficio de la población del norte de Lima. En tan solo tres meses de funcionamiento ha generado aproximadamente 9.000 litros de agua para satisfacer las necesidades de la población cercana. Este panel ha demostrado que es posible resolver los problemas de escasez de agua de la mano con la ingeniería y la tecnología. Esta propuesta cumple de manera ingeniosa la política de la Universidad de Ingeniería y Tecnología.

Vinay, Suman y Shadakshari (2018), elaboraron un aparato que emplea tecnología de deshumidificación, en el Instituto de Tecnología de Acharya en la India, para proporcionar agua potable limpia y segura a aquellas áreas que enfrentan problemas de escasez y transporte de agua por medios convencionales. Una vez observada la producción de agua, midieron la temperatura, la humedad y el volumen de agua captada en intervalos establecidos dentro de las 24 horas manteniendo el equipo en constante funcionamiento. La investigación concluye que, al aplicar este concepto en

una región húmeda, puede extraer más cantidad de agua de la atmósfera. El dispositivo es de diseño simple que puede ser transportado a cualquier parte y para cualquier fin.

Bagheri (2018), investigó el desempeño de tres unidades de captación de agua atmosférica, en la Escuela de Ingeniería de Sistemas Mecatrónicas de la Universidad Simón Fraser en Canadá. El estudio consistió en evaluar el rendimiento y las limitaciones de los sistemas AWH de tamaño residencial (potencia nominal de 1500 W o menos) en su laboratorio bajo variedad de condiciones ambientales. Los resultados mostraron que el rendimiento de la captura de agua mejora mediante el aumento simultáneo del contenido de agua (ω) o la temperatura del punto de rocío (Tdewpoint) y una disminución de la temperatura. La tasa promedio de recolección de agua varió en un rango de 0.05 L / h para climas fríos y húmedos a 0.65 L / h para climas cálidos y húmedos. El consumo de energía promedio cambió de 1.02 kWh / L para climas cálidos y húmedos a 6.23 kWh / L para climas fríos y húmedos.

Dahman *et al.* (2017), en su artículo relativo a la recolección de agua proveniente de la humedad del aire en Bahréin, en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Bahréin en Asia, estudió la posibilidad de extraer agua de la humedad del aire mediante deshumidificadores. Realizaron tres muestreos por semana comenzando en mayo de 2016 y finalizó en mayo de 2017. Concluyen en: a) Las ubicaciones cercanas a las costas tienen un mayor potencial para recolectar más agua de la humedad atmosférica. b) La humedad absoluta es el factor con correlación directa a la cantidad de humedad del agua recolectable c) Ahorro en los costos de instalación.

Doshi *et al.* (2016), planteó el desarrollo de un método para la generación de agua desde el aire, en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Ingeniería MIT en la India, y discutir la idoneidad del ciclo de compresión de vapor del aire para el perfeccionamiento de un generador de agua. La investigación tuvo las siguientes conclusiones: a) Puede resultar en una solución para problemas de suministro de agua en muchas situaciones sin un alto costo de configuración de infraestructura y tiempo necesario. b) Podría crear agua potable adicional sin agotando los recursos existentes.

Retezár (2015), elaboró un sistema portátil de captación de agua desde el aire llamado de forma comercial FONTUS. Consiste en un dispositivo que funciona con energía solar, tiene integrado un refrigerador termoeléctrico basado en el efecto Peltier dentro de una botella y se almacena el vapor condensado durante el trayecto. Este novedoso aparato produce medio litro de agua por hora en temperatura de 30 a 40 grados centígrados; y trabaja en 80 y 90 por ciento de humedad relativa. Fontus tiene diseño simple y puede ser adaptado a una bicicleta, para que el polvo del ambiente no influya en su proceso cuenta con un filtro para la generación de agua limpia.

García *et al.* (2015), en su investigación diseñaron un Controlador de la dosis de radiación uv para la desinfección microbiana en los sistemas de potabilización de agua para garantizar la dosis adecuada para inhabilitar patógenos. Realizaron pruebas de rendimiento del sistema con agua del río Aguacatal, Ciudad de Cali, donde aplicaron dosis de 10mJ/cm², 20 mJ/cm² y 30 mJ/cm² con la finalidad de corroborar el porcentaje de microorganismos reducidos. Apoyándose de los datos teóricos y los

resultados de laboratorio, asumieron que la inactivación de *Giardia* y *Cryptosporidium* se cumple, porque el *E. coli* se elimina con una dosis de 6.6 mJ/cm² y los mencionados anteriormente 5.8 y 5.2 mJ/cm². Concluyendo que, a una mayor dosis, el *E. coli* y Coliformes totales presentan un mayor porcentaje de disminución.

Dash *et al.* (2015), elaboró un Generador de agua atmosférica, para cumplir con los requisitos de agua potable de un hogar en las regiones costeras de la India, del Instituto Nacional de Tecnología en la India. Este proyecto tiene como objetivo resolver el problema de escasez de agua, aprovechando las condiciones ambientales en las zonas costeras, cuya humedad relativa es bastante alta (alrededor del 70-80%). Por lo tanto, el aire puede ser utilizado para resolver la problemática de escasez de agua mediante el uso de una unidad deshumidificadora. Además, la insolación solar es bastante alta en estas áreas durante todo el año. Esto puede ser usado para proporcionar la energía necesaria a la unidad deshumidificadora. Así, el agua potable se puede obtener de la atmósfera aprovechando la energía solar. La investigación concluye en: a) la humedad de una región debe permanecer por encima del 50% para el correcto funcionamiento del dispositivo. b) Mayores dispositivos Peltier incorporados aumentan la producción de agua. c) Se puede reemplazar la actual fuente de alimentación de CA con una fuente de energía solar.

1.2 Bases Teóricas

1.2.1. El agua: El agua es considerado un pilar estratégico e indispensable para la salud y desarrollo de la población y debe tener un adecuado mantenimiento de los sistemas naturales. (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2010, p.2).

1.2.2. Cambios de fase del agua: El agua se distingue por tres estados físicos naturales: líquido, sólidos y gaseoso (Ver Figura 1), porque existe un cambio molecular, cuando está en el estado sólido alcanza su máximo ordenamiento. Para que este fenómeno tenga lugar depende mucho de la temperatura y la presión que es sometida el agua. (Chang, 2007).

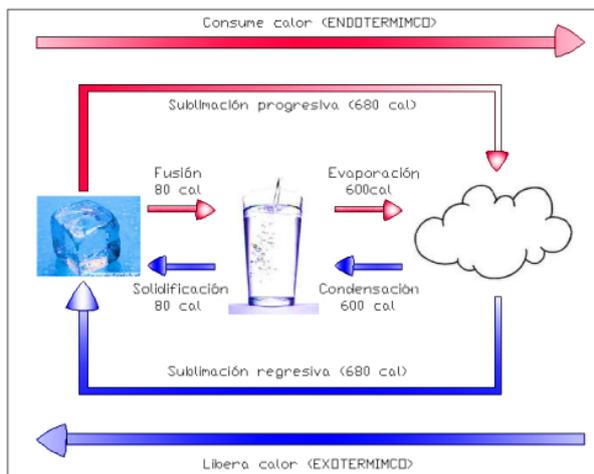


Figura 1. Los diferentes cambios de fase por lo que una sustancia puede pasar (Arteaga, 1993).

1.2.3. Condiciones para que exista la condensación del agua atmosférica: La temperatura del aire es de correlación directa a la cantidad de vapor de agua que contendrá, y cuando la humedad relativa es cercana al 100% el vapor se condensa formando pequeñas gotas para ellos es importante la existencia de una superficie sólida. (Bautista, 2013).

1.2.4. Calidad del agua: Parámetros organolépticos, microbiológicos, químicos y radioactivos que determinan el uso del agua. (ONU-DAES, 2015).

1.2.5. Desinfección mediante radiación ultravioleta: La desinfección con rayos UV destruye los microorganismos dentro del agua no apta para consumo humano mediante procesos físicos sin dejar residuos como los procesos químicos de cloración y ozonificación (Ponce, 2005).

- 1.2.6. Carbón activado:** Forma de carbón sumamente adsorbente que se utiliza para eliminar olores y sustancias tóxicas de emisiones líquidas y gaseosas. Su uso industrial elimina material orgánico disuelto. Se usa asimismo en los sistemas de control por evaporación de las emisiones que producen los vehículos automotores. También se denomina carbón activo. (Naciones Unidas, 2013, p.575).
- 1.2.1. Límites Máximos y Mínimos Permisibles para consumo humano:** Los LMP son estándares de calidad organolépticos, microbiológicos, químicos y radioactivos que caracterizan a un efluente o punto de emisión. Estándares que determinan el grado de toxicidad para la salud humana y medio ambiente. (Congreso de la Republica, 2009, p.10).
- 1.2.2. Agua Atmosférica:** Estado líquido o gaseoso de agua presente en la atmósfera. (ANA, 2016).
- 1.2.3. Agua potable:** Agua de cualidades químicas, microbiológicas y parasitarias no presentan elementos nocivos para la salud (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2010).
- 1.2.4. Cadena de custodia:** Documento donde se registran las muestras de la investigación con el fin de ser analizadas en laboratorios especializados bajo un personal responsable. (MINAM, 2014, p.3).
- 1.2.5. Humedad Relativa:** Máxima capacidad del aire en retener el vapor de agua. Este valor se representa en el porcentaje de agua en el ambiente. Cuando la humedad relativa es 100% llega a un punto de saturación que conlleva a la condensación del vapor. (Polanco, 2017).
- 1.2.6. Parámetros de calidad Organolépticas.**
- A. Conductividad Eléctrica:** La cantidad de sólidos disueltos es directamente proporcional a la capacidad que tiene un líquido en transportar electricidad. (Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA], 2010, p.18).

B. Cloruros: El cloruro cuyo ion Cl^- es químico inorgánico existente en el agua residual y natural. Si la muestra de agua contiene alto porcentaje de cloruros no se puede considerar idónea para riego ni consumo humano por su elevado carácter corrosivo. (DIGESA, 2010, p.11).

C. Dureza Total: La dureza en el agua implica minerales disueltos como el magnesio y calcio, en algunos casos por la presencia de hierro. La dureza es directamente proporcional a la cantidad de estos elementos. (DIGESA, 2010, p.25).

D. Sulfatos: El sulfato (SO_4^{2-}) se encuentra en el medio ambiente sobre todo en agua subterránea. Se forma cuando el agua tiene contacto con las formaciones rocosas que tienen minerales sulfatados. (DIGESA, 2010, p.16).

E. TDS: Material orgánico e inorgánico desintegrado en el agua. El agua no cumple para consumo ni para industrial si presenta elevada cantidad de sólidos disueltos. (Naciones Unidas, 2013, p.624).

F. pH: Medida que indica si el líquido tiene tendencia ácida o alcalina. Un pH entre 0 - 7 indica acidez, entre 7 - 14 indica alcalinidad, por último, pH 7 significa neutralidad. (Naciones Unidas, 2013, p.613).

1.2.7. Parámetros de calidad microbiológicos y parasitarios.

A. Coliformes Totales: El grupo de coliformes totales puede encontrarse en las deposiciones o en el ambiente por el alto contenido nutricional y/ materia vegetal en proceso de degradación. (DIGESA, 2010, p.137).

B. Coliformes Termotolerantes: Los termotolerantes habitan en aguas con alto contenido orgánico tales como efluentes industriales o suelos en proceso de descomposición, excepto *Escherichia coli*. (DIGESA, 2010, p.138).

C. Bacterias Heterótrofas: Bacterias cuya alimentación prima en la descomposición de material orgánico. (Naciones Unidas, 2013, p.572).

D. Huevos de Helmintos: Los helmintos son organismos pluricelulares que presentan ciclos vitales complejos y que pueden causar patología por sus larvas o bien por sus huevos (Fumadó, 2015).

E. Organismos de Vida Libre: Organismos microscópicos en estado de desarrollo desde los unicelulares, pluricelulares y en colonias establecidas. Dentro del recuento podemos mencionar: algas y protozoarios. (MINAM, 2015, p.5).

1.2.8. Parámetros de calidad químicos orgánicos e inorgánicos.

A. Aceites y Grasas: La vegetación en proceso de descomposición libera grasas y derivados aceitosos, de igual forma, las grasas procedentes de procesos industriales o alimentos expuestos al medio ambiente impactan de manera directa el agua. (DIGESA, 2010, p.86).

B. Nitritos y Nitratos: Compuesto nitrogenado que puede existir en la atmósfera o como gas disuelto en el agua. Puede producir efectos nocivos en el ser humano y los animales. (Naciones Unidas, 2013, p.610).

C. Fluoruros: Este elemento disuelto comúnmente existe en agua subterráneas puesto que el flúor en la corteza terrestre es 0.3g/Kg. (DIGESA, 2010, p.13).

D. Cobre (Cu): Elemento químico inorgánico natural cuya presencia en los cuerpos hídricos es nociva para la salud. (DIGESA, 2010, p.57).

E. Hierro (Fe): El cuerpo humano absorbe Hierro de animales más rápido que el Hierro de las plantas. El Hierro es el elemento indispensable de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos. (DIGESA, 2010, p.60).

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿El sistema de captación de la humedad atmosférica se podrá convertir en fuente potencial para la generación no convencional de agua potable?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo elaborar un sistema captador de humedad atmosférica como fuente potencial para la generación no convencional de agua potable?
- ¿Cuáles son los Parámetros de calidad organolépticas, microbiológicos y parasitarios, químicos orgánicos e inorgánicos del agua captada Pre-Tratamiento?
- ¿Cumple, el agua obtenida posterior al Tratamiento, con los principales requisitos de calidad para consumo humano según DS N° 031-2010-SA?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Elaborar un sistema de captación de humedad atmosférica como fuente potencial para la generación no convencional de agua potable.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar el sistema de captación de humedad atmosférica.
- Analizar los Parámetros de calidad organolépticas, microbiológicos y parasitarios, químicos orgánicos e inorgánicos del agua captada Pre-Tratamiento.
- Comparar los principales requisitos de calidad de agua para consumo humano según DS N° 031-2010-SA con el agua Post-Tratamiento por el sistema de captación de humedad atmosférica.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El sistema de captación de humedad atmosférica como fuente potencial no convencional de agua potable, permite obtener agua que cumple con la mayoría de los parámetros establecidos por la normativa vigente.

1.5.2. Hipótesis específicas

- El sistema de captación de humedad atmosférica se elabora con materiales de fácil acceso de manera sencilla y que cumple con la finalidad de obtener agua potencialmente potable.
- Los Parámetros de calidad organolépticas, microbiológicos y parasitarios, químicos orgánicos e inorgánicos del agua captada Pre-Tratamiento no cumplen con los estándares para consumo humano.

- El agua obtenida post-tratamiento cumple con los principales requisitos de calidad para consumo humano según DS N° 031-2010-SA.

1.6. Variables de estudio

1.6.1. Variable Independiente: Captación de humedad atmosférica.

Definición conceptual: Proceso de condensación es aquel que atrae las moléculas de vapor de agua existente en el aire.

1.6.2. Variable Dependiente: Agua Potable.

Definición conceptual: Agua para uso y consumo humano que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos para la salud. (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2010).

CAPÍTULO II.

METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

La investigación es pre experimental, puesto que se analiza las muestras antes de la aplicación de la radiación ultra violeta y el filtro de carbón activado como tratamiento; después se incorpora el tratamiento a la línea del sistema de captación y finalmente se le analiza muestras post-tratamiento. De esta forma, medimos la variable de calidad de agua. (Cruz, Olivares y Gonzáles 2014).

2.2. Materiales, instrumentos y métodos

2.1.1. Materiales de Escritorio.

Nombre del recurso	Unidad
Impresiones	1
Impresora Inalámbrica	1
Laptop HP	1

2.1.2. Materiales Para la Construcción de Sistema de Captación.

Nombre del recurso	Unidad
Bomba Compresora	1
Deshumidificador IMACO	1
Filtros de carbono 5 micras	1
Lámpara UV Sumerg. 8W	1
Pegamento de PVC	2
Tanque de Almacenamiento	1
Tubos de PVC media	1
Válvulas de control de Flujo	1

2.1.3. Medios de Análisis de Datos.

Nombre del recurso	Unidad
Software Office 2016	1
Muestras Laboratorio	3

2.1.4. Otros Materiales

Nombre del recurso	Unidad
Guantes Quirúrgicos	10

2.1.5. Instrumentos

A. Instrumentos de Recolección de Datos

Observación Experimental, la investigación propone seleccionar hechos e intentar explicarlos y comprenderlos mediante la observación.

Análisis Experimental, se basa en el análisis estadístico para probar o refutar las hipótesis planteadas.

B. Instrumentos de Análisis de Datos

Se utilizó la herramienta Microsoft Excel 2016; IBM SPSS Statistics 25, fichas de registro de datos; base de datos meteorológicos de la estación del aeropuerto Jorge Chávez; herramienta de dibujo técnico AutoCAD, que permite generar los planos de diseño del sistema expuesto.

2.3.Procedimientos

2.3.1. Diseño y consideraciones del Equipo de Captación de humedad atmosférica

El lugar donde se llevó a cabo el armado del sistema se ubicó en el Departamento de Lima, Distrito de Los Olivos.

Para el diseño del sistema de captación de humedad atmosférica como fuente potencial de agua potable, sistema novedoso de uso doméstico, se tomó en consideración tres partes importantes: a) captador de humedad atmosférica, b) exposición a radiación UV (desinfección) y c) filtración.

- A) ***Captador de humedad atmosférica:*** Se basó en las investigaciones de Dahman (2017); que consiste en el uso de un dispositivo para remover la humedad del aire, en este caso se utilizó un deshumidificador, el cual permite que el vapor de agua

atmosférico sea condensado e inducido al punto de rocío. Este fue adquirido de manera comercial para la presente investigación de marca IMACO modelo DHM2610. Él captador trabaja con un circuito cerrado hermético, dispone de 12 orificios articulados con filtros de aire que retienen, en medida posible, las impurezas que puedan ingresar e influir en el proceso. El circuito está formado por: a) compresor; b) condensador; c) serpentín o evaporador d) Tanque 3.3 litros de capacidad e) Válvula de control interno (Ver figura 2).

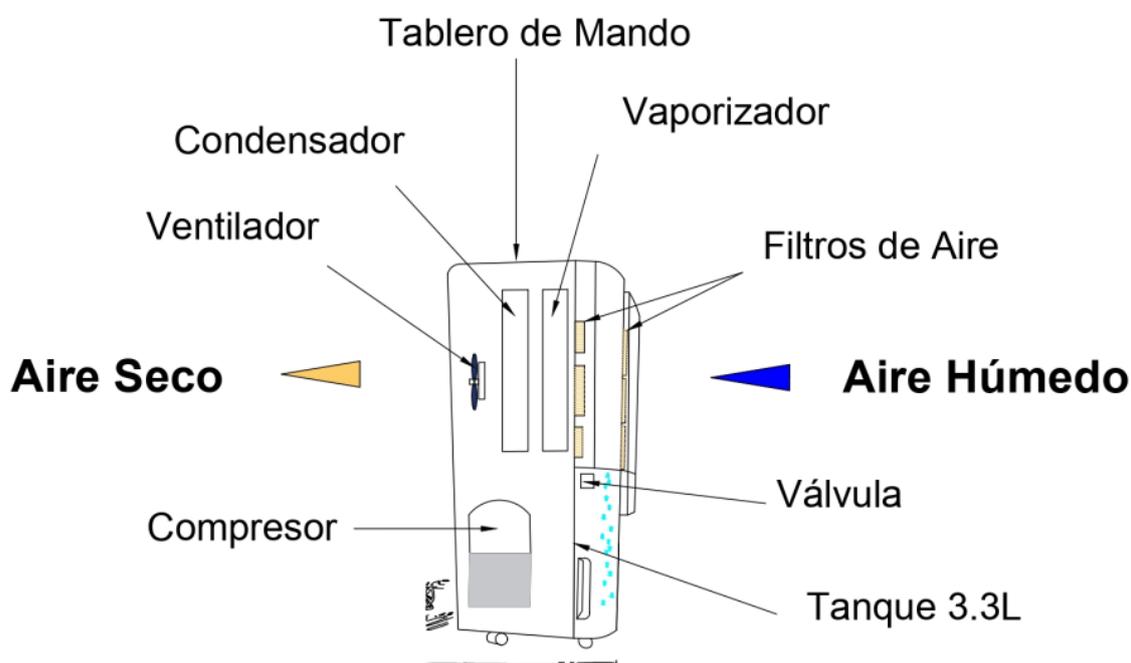


Figura 2. Componentes del sistema de captación de humedad atmosférica.

Este sistema mecánico tiene una capacidad de remoción de humedad de 10 litros x día, amigable con el ambiente no cuenta con CFC – Refrigerantes, nivel de ruido por debajo de los 30 dB, trabaja a 220v /60 Hz / 290 w y de tamaño simple 24.2 cm x 32.8 cm x 51.5 cm.

La cantidad de agua obtenida se mide y registra en una hoja de cálculo junto con los datos meteorológicos de temperatura y humedad relativa. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las tablas de datos meteorológicos ayudaron a la comprensión del funcionamiento.

- B) ***Exposición a Radiación UV (Desinfección):*** Según Ponce (2005), la potencia de las lámparas es directamente proporcional al volumen de agua a tratar (Ver tabla 1) por tal motivo se consideró la instalación de una lámpara UV sumergible de 8W para la desinfección simple mediante radiación ultravioleta en el interior del tanque de 3.3 litros.

Tabla 1

Potencia de las lámparas germicidas versus volumen de agua a tratar.

Potencia de la lámpara (Watts)	Máximo volumen de agua (Litros)
6	80
8	300
15	500
30	1500

Fuente: (Ponce, 2005)

- C) ***Filtración y Adsorción:*** Para el tratamiento de filtración y adsorción, se decidió utilizar un filtro de carbono de 5 micras. Según Mejía (2004), los filtros de carbón activado retienen contaminantes orgánicos, incluyendo los que dan sabor, olor y color. Por tal motivo, mejora la calidad organoléptica y retendrá los residuos generados por la radiación UV.

El experimento de captación de agua mediante este sistema comenzó en febrero 2019 y finalizó octubre 2019.

2.3.2. Evaluación de la estabilidad del volumen de agua generada por el captador de humedad

Para evaluar la estabilidad del volumen de agua generada por el captador de humedad en relación con las variables humedad relativa, temperatura y mes. Para ello se realizó un monitoreo de captación por 24 horas, una vez por semana, durante los meses de febrero a octubre 2019. El volumen de agua captado se registró en fichas y matrices de datos, consignando la cantidad de agua captada, luego ser analizados posteriormente con los datos meteorológicos como la temperatura y la humedad.

Tabla 2

Monitoreo por estación climática

Estaciones climáticas	Mes de muestreo	N° de muestras
Verano	Febrero	4
Otoño	Mayo	4
Invierno	Agosto	4
Primavera	Octubre	4

2.3.3. Análisis Pre-Tratamiento del agua captada con el captador de humedad atmosférica

Se tomó la Muestra Pre-Tratamiento en el punto de captación, bajo condiciones antisépticas necesarias como son: guantes quirúrgicos, mascarilla y guarda polvos, para luego ser enviadas al laboratorio EQUAS. S.A por INACAL.

El análisis de esta muestra pre-tratamiento se realizará con la finalidad de conocer las condiciones iniciales del agua captada ya que según Delgado (2001), en su estudio sobre la concentración de elementos en el aire ambiental, considera que puede transportar materiales como partículas de polvo, polen, esporas de moho, bacterias y componentes tóxicos. Por tal motivo, es importante la identificación de los

parámetros de calidad organolépticas, microbiológicos y parasitarios, químicos orgánicos e inorgánicos que puedan ser nocivos para la salud humana según el Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

2.3.4. Análisis Post-Tratamiento del agua obtenida con el sistema de captación de humedad atmosférica

Se tomaron 2 muestras post- tratamiento en el punto final de la línea del sistema de captación, después de pasar por las etapas de desinfección y filtración-adsorción, etapas que mejoran la calidad de agua. Estos análisis se realizaron con la finalidad de corroborar los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y parasitarios. Las muestras fueron extraídas bajo condiciones adecuadas, como son: el uso de guantes quirúrgicos, mascarilla y guarda polvo, para luego ser enviadas al laboratorio certificado EQUAS. S.A.

Posteriormente, los resultados fueron expresados en graficas de control, para establecer la comparación entre los análisis pre y post tratamiento en correspondencia con norma vigente DS 031-2010-SA.

2.3.5. Valoración de costo de energía

Para la valoración del costo por energía consumida, se tomó en cuenta el factor de consumo kWh por el precio unitario en soles de categoría residencial diseñado por la Empresa Eléctrica Enel Distribución Perú S.A.A. Este sistema desarrollado para la generación potencial de agua potable cuenta con dos Etapas que requieren de energía: La captación de humedad y la desinfección.

CAPÍTULO III.

RESULTADOS

3.1. Diseño del Sistema de Captación de humedad atmosférica

En conformidad a las etapas procedimentales, este apartado contiene y describe los planos del diseño realizado para el sistema de captación de humedad atmosférica, además de mostrar todos los detalles y el punto de ubicación de las partes importantes del sistema. Los planos fueron elaborados con la herramienta de dibujo técnico AutoCAD, los cuales se muestran en los siguientes apartados.

3.1.1. Captador de humedad atmosférica

Consideraciones de uso: Sistema de uso doméstico, se requiere acondicionar el área para proteger el equipo de la intemperie manteniendo las áreas de ingreso y salidas de aire libre de objetos extraños. Es indispensable e importante un libre espacio de 15 cm alrededor de la unidad y lejos de calentadores u otros equipos productores de calor. Para activar y desactivar el deshumidificador use siempre el Tablero de mando; no utilice el enchufe para ese fin, y vacíe el depósito de agua.

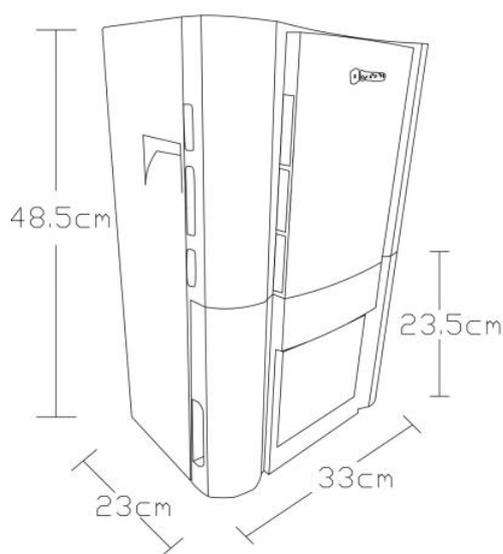


Figura 3. Dimensiones del Captador de humedad.

3.1.2. Etapa de desinfección Ultravioleta.

La lámpara se inserta dentro del tanque del captador para la mejorar la desinfección del agua captada y propiciar la reducción de microorganismos atmosféricos. La ubicación de la lámpara UV fue designada de acuerdo a Solsona y Méndez (2002), quienes consideran que a menos distancia del agua a tratar respecto a la emisión de rayos ultra violeta, mayor será la intensidad de la radiación y generará una desinfección mayor y eficiente. Además, el tiempo requerido de exposición del agua a la luz ultravioleta es inversamente proporcional a la intensidad de la lámpara, cabe resaltar que mencionada agua debe carecer de turbidez para mayor dispersión de los rayos.

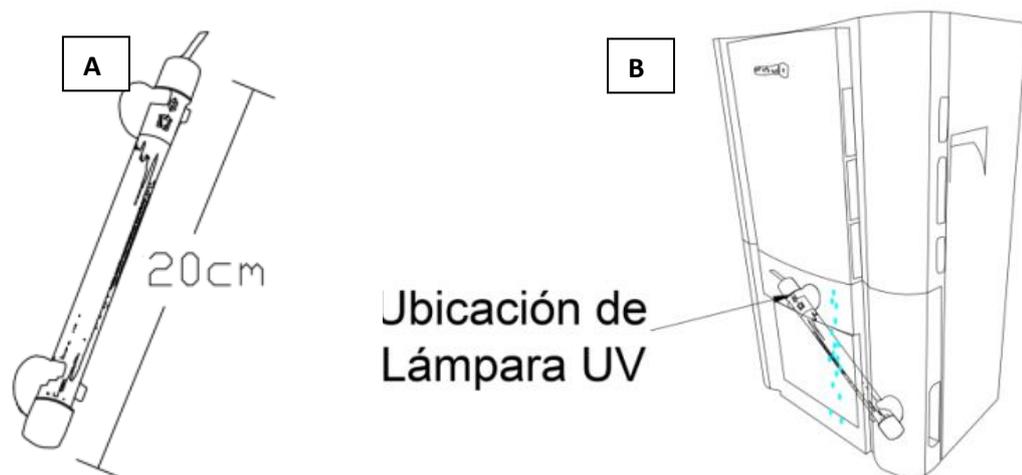


Figura 4. a) Dimensiones de Lámpara UV de 8 W. b) Ubicación de Lámpara UV

3.1.3. Etapa de filtración y adsorción.

De acuerdo con Bravo y Garzón (2017) quienes consideran que los filtros de tratamiento, como carbón activado, para ámbito doméstico pueden estar ubicados de dos maneras: en el punto del uso (antes del grifo) o en la entrada o punto de entrada de la vivienda.

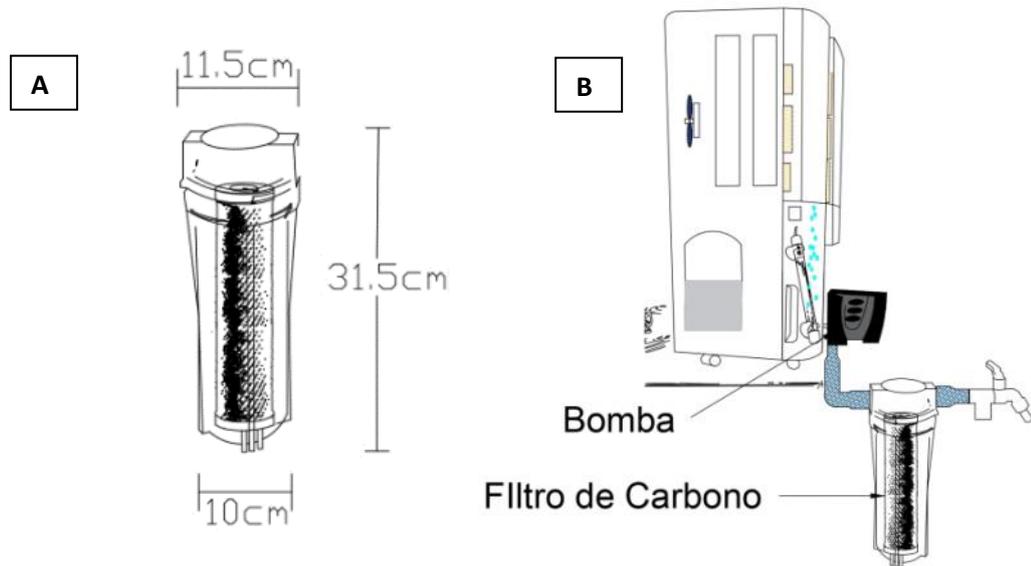
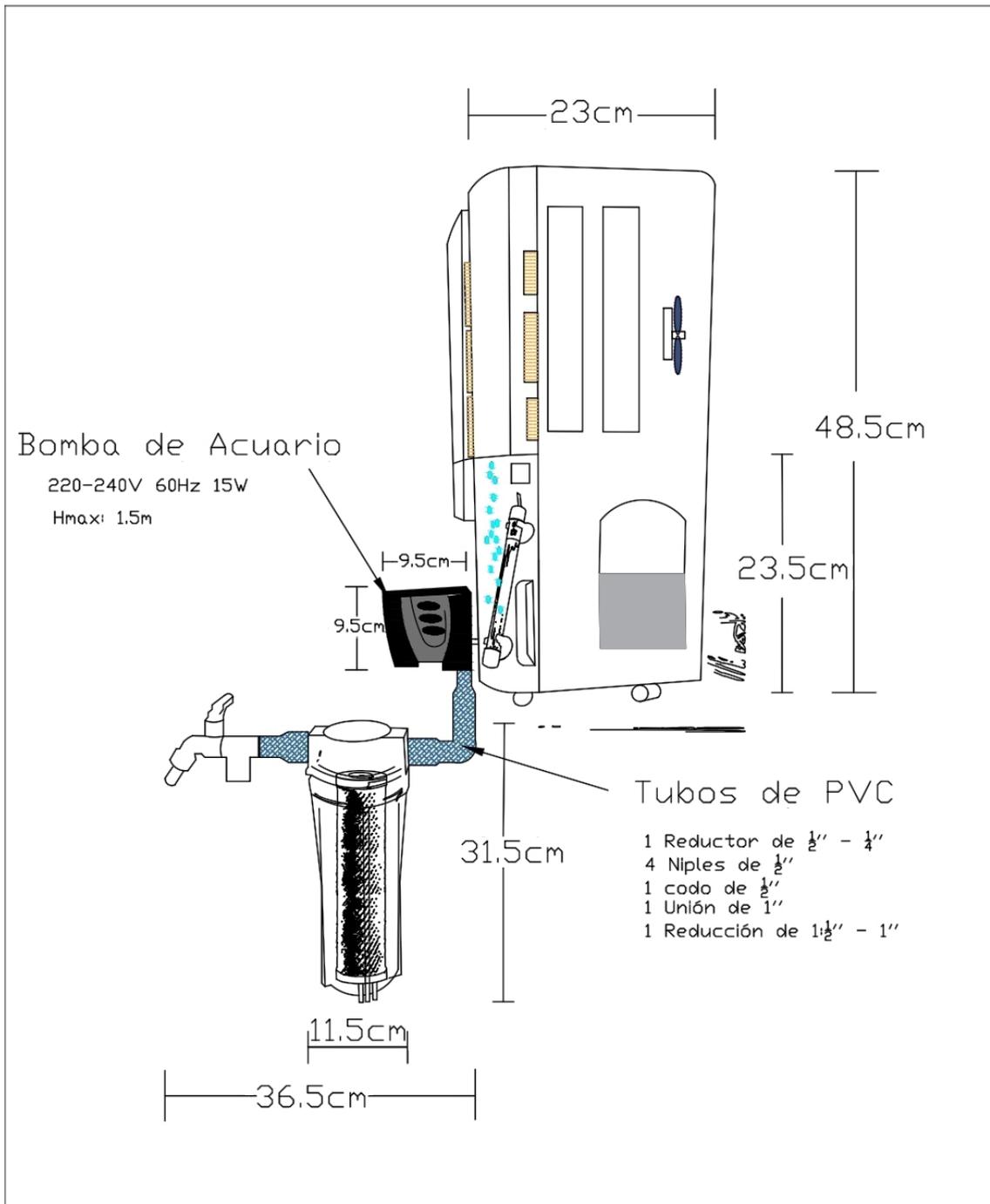


Figura 5. a) Dimensiones del Filtro de Carbono de 5 micras, b) Ubicación del Filtro

A continuación, se muestra, el ensamblaje de todas las partes que conforman el sistema de captación de humedad de atmosférica:



TÍTULO		SISTEMA DE CAPTACIÓN DE HUMEDAD DE VIVIENDA FAMILIAR	PLANO N°
PROPIETARIO		MIGUEL ALEXANDER GIRANO CORBERA	01
INSTITUCIÓN		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
TAMAÑO	PLANO	DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN	
FECHA			
A4		FIRMA	
NOVIEMBRE 2019			

Figura 6. Plano del sistema de captación

2.3.6. Evaluación de la estabilidad del volumen de agua generada por el captador de humedad

Una vez registrados los volúmenes de agua captados por mes (ver tabla 3), se procedió a determinar la variabilidad entre los volúmenes de agua captada en función del mes (ver tabla 4 y figura 7). Como se observa en esta tabla, no hay una variabilidad marcada entre los volúmenes de agua captados, donde el mes de febrero presenta la mayor variación estándar con 0.25 y los meses de agosto y octubre la menor con 0.129.

En la Tabla 3, se observan los resultados captados, cada muestra tiene como inicio las 00:01 horas y como término las 23:59 horas.

Tabla 3

Volúmenes de agua captada por mes durante el año 2019.

Mes	Código de Muestra	Humedad Relativa %	Temperatura C°	Volumen Captado en Litros	Horas de Captación
Febrero	M1	87	23.5	5.7	24
Febrero	M2	84	23.75	5.5	24
Febrero	M3	69	23.20	5.1	24
Febrero	M4	75	23.30	5.4	24
Mayo	M5	82	19.75	6.3	24
Mayo	M6	90.5	19.5	6.8	24
Mayo	M7	89.9	19.5	6.6	24
Mayo	M8	81	19	6.5	24
Agosto	M9	89.9	17.3	7.5	24
Agosto	M10	86.5	17.5	7.6	24
Agosto	M11	83.6	17	7.4	24
Agosto	M12	82	17.75	7.3	24
Octubre	M13	83.4	18.25	6.9	24
Octubre	M14	88	18.75	7.1	24
Octubre	M15	80.5	18	6.8	24
Octubre	M16	84.9	18.5	7	24

Tabla 4

Volumen captado de agua en relación con el mes

Mes	Volumen captado	Desvest.
agosto	7.45	0.129
febrero	5.42	0.25
mayo	6.55	0.2
octubre	6.95	0.129

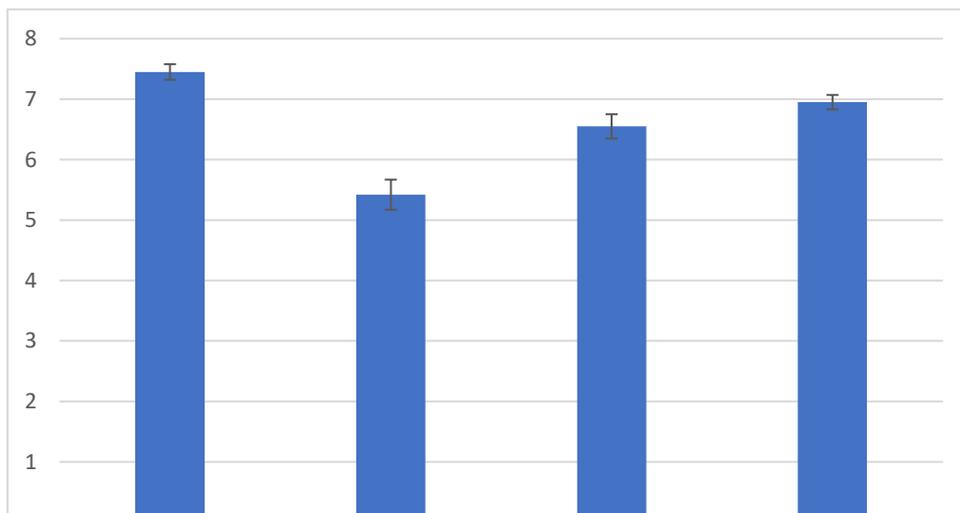


Figura 7. Determinación de la variación estándar en función del mes y el volumen de agua captado.

Al trabajar con la captación de la humedad atmosférica, se está tratando con una variable que posee una distribución no normal, por lo que requiere el análisis conjunto con otras variables atmosféricas, como son la humedad relativa y la temperatura ambiental. Esto permite conocer la relación entre el volumen de agua captado y las variables atmosféricas directamente relacionadas, además de establecer la estabilidad del sistema, para ello, es de suma importancia que los recipientes estén adaptados y evitar errores en la medición, a su vez, realizar el muestreo los días seleccionados y a la misma hora de inicio a fin.

De acuerdo con lo antes mencionado se procedió a determinar la relación del volumen con la humedad:

Tabla 5

Determinación del coeficiente de Pearson para humedad vs volumen

		volumen	humedad
Correlación de Pearson	volumen	1,000	,605
	humedad	,605	1,000
Sig. (unilateral)	volumen	.	,007
	humedad	,007	.
N	volumen	16	16
	humedad	16	16

Como se puede observar en la tabla 5, la correlación de Pearson (p) obtenida está por debajo de $p > 0.7$ con de $p < 0.60$, lo que indicaría que hay una ligera influencia de la humedad con respecto al volumen captado.

Tabla 6

Resumen del modelo estadístico en la determinación del coeficiente de Pearson

Estadísticos de cambio					
Modelo	Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,366 ^a	8,068	1	14	,013

a. Predictores: (Constante), humedad

Tabla 7

Determinación del coeficiente de Pearson para temperatura vs volumen

		volumen	temperatura
Correlación de Pearson	volumen	1,000	-,963
	temperatura	-,963	1,000
Sig. (unilateral)	volumen	.	,000
	temperatura	,000	.
N	volumen	16	16
	temperatura	16	16

Como se observa en la tabla 7, el valor de correlación de Pearson está muy por debajo de de $p > 0.7$ con de $p < -0.96$, lo que indicaría que la temperatura no tiene inferencia significativa en el volumen de agua captado por el sistema.

Esto se ve representado en la tabla 8 donde se muestra el resumen del modelo estadístico en la determinación del coeficiente de Pearson en relación con la temperatura y el volumen captado con un nivel de significancia de cero.

Tabla 8

Resumen del modelo estadístico en la determinación del coeficiente de Pearson para temperatura

Estadísticos de cambio					
Modelo	Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,928 ^a	179,717	1	14	,000

a. Predictores: (Constante), temperatura

Por otro lado, para una visualización gráfica más clara de la humedad, temperatura atmosférica y volumen de agua captado, se construyó un gráfico de triple entrada. Donde la humedad relativa durante el año oscila entre 70 a 91 grados centígrados según fuente meteorológica de la Estación Aeropuerto Jorge Chávez (Ver Figura 8), la captación agua es ligeramente mayor durante los días de menor temperatura.

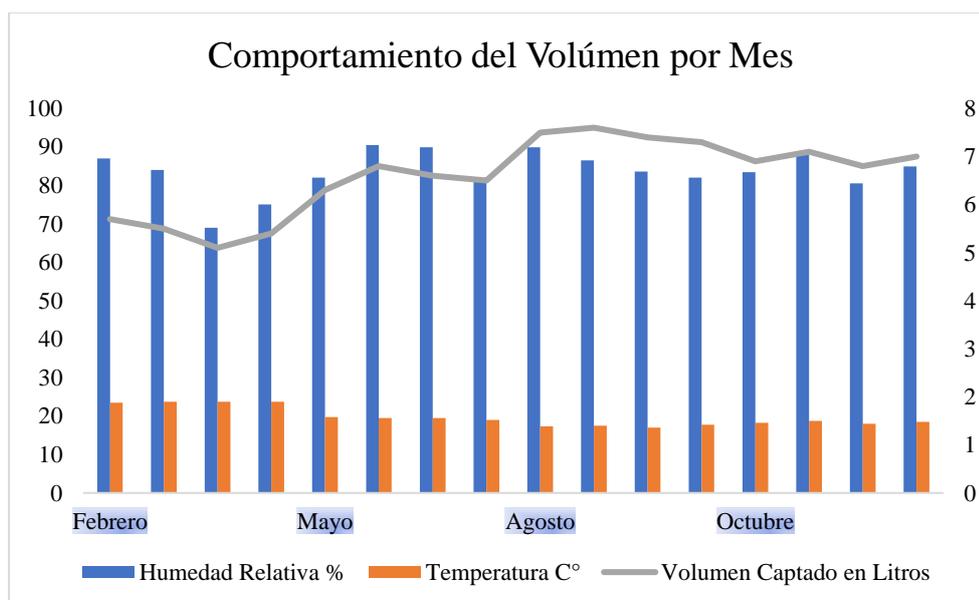


Figura 8. Datos de Evaluación Volúmenes periodo Febrero – Octubre 2019

3.2. Análisis Pre-Tratamiento y Post-Tratamiento.

3.2.1. Análisis de Parámetros de Calidad Organolépticas.

A. Conductividad eléctrica:

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor de 34.90 $\mu\text{mho/cm}$ se encuentra por debajo del límite permisible para consumo (Ver Tabla 9), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, con valores de 34.00 y 33.30 $\mu\text{mho/cm}$, en comparación con la Norma DS N° 031-2010-SA. Estos valores de MT00, MT01 y MT02 no fluctúan por encima del valor de 1500 $\mu\text{mho/cm}$ que establece el DS N° 031-2010-SA., lo que se traduce en indicadores de una buena calidad de agua (Ver figura 9).

Tabla 9

Evaluación de la conductividad eléctrica

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Conductividad Eléctrica	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	34.90	1500	$\mu\text{mho/cm}$
Post Tratamiento	MT01	34.00	1500	$\mu\text{mho/cm}$
Post Tratamiento	MT02	33.30	1500	$\mu\text{mho/cm}$

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

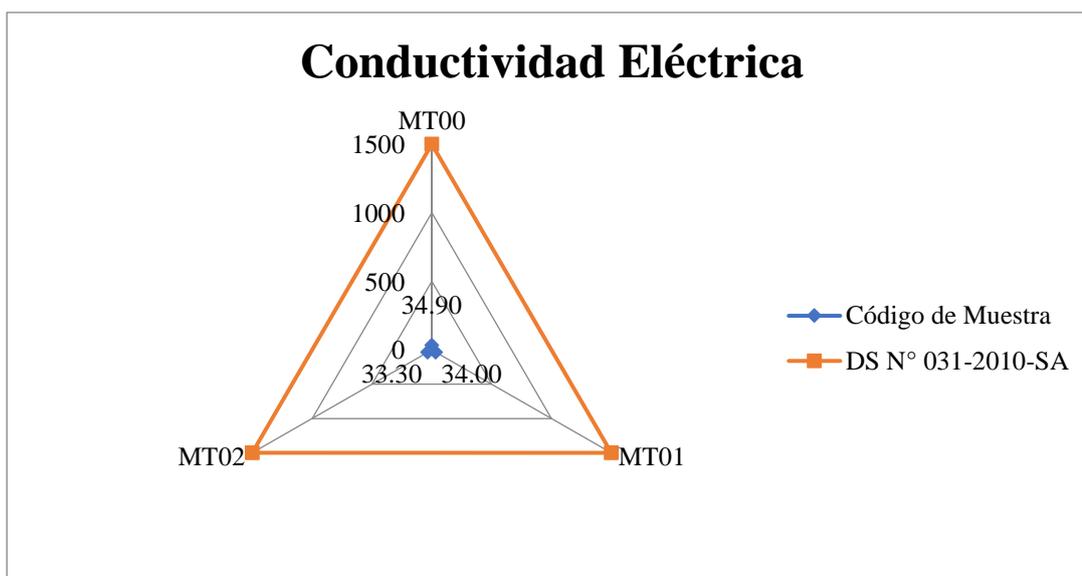


Figura 9. Datos de Evaluación de Conductividad periodo Mayo – Julio 2019

B. Cloruros

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor inferior a 1 mg Cl-/L se encuentra por debajo del límite permisible de cloruros (Ver Tabla 10) de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen el valor inferior a 1 mg Cl-/L.

Estos valores de MT00, MT01 y MT02 no fluctúan por encima del valor de 250 mg Cl-/L que establece el DS N° 031-2010-SA, lo que se traduce en indicadores de una buena calidad de agua (Ver figura 10).

Tabla 10

Evaluación de cloruros

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Cloruros	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	< 1	250	mg Cl-/L
Post Tratamiento	MT01	< 1	250	mg Cl-/L
Post Tratamiento	MT02	< 1	250	mg Cl-/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

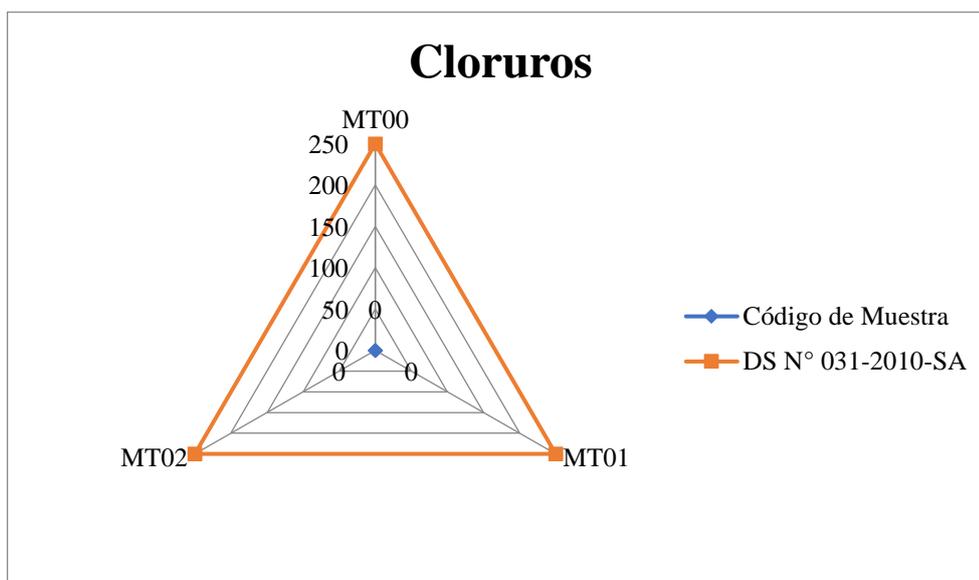


Figura 10. Datos de Evaluación de Cloruros periodo Mayo – Julio 2019

C. Dureza Total

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor inferior a 2 mg CaCO₃/L se encuentra por debajo del Límite Permissible de dureza total (Ver Tabla 11) de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen el valor inferior a 2 mg CaCO₃/L.

Estos valores de MT00, MT01 y MT02 no fluctúan por encima del valor de 500 mg CaCO₃/L que establece el DS N° 031-2010-SA, lo que se traduce en indicadores de una buena calidad de agua (Ver Figura 11).

Tabla 11

Evaluación de dureza total

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Dureza Total	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	< 2	500	mg CaCO ₃ /L
Post Tratamiento	MT01	< 2	500	mg CaCO ₃ /L
Post Tratamiento	MT02	< 2	500	mg CaCO ₃ /L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

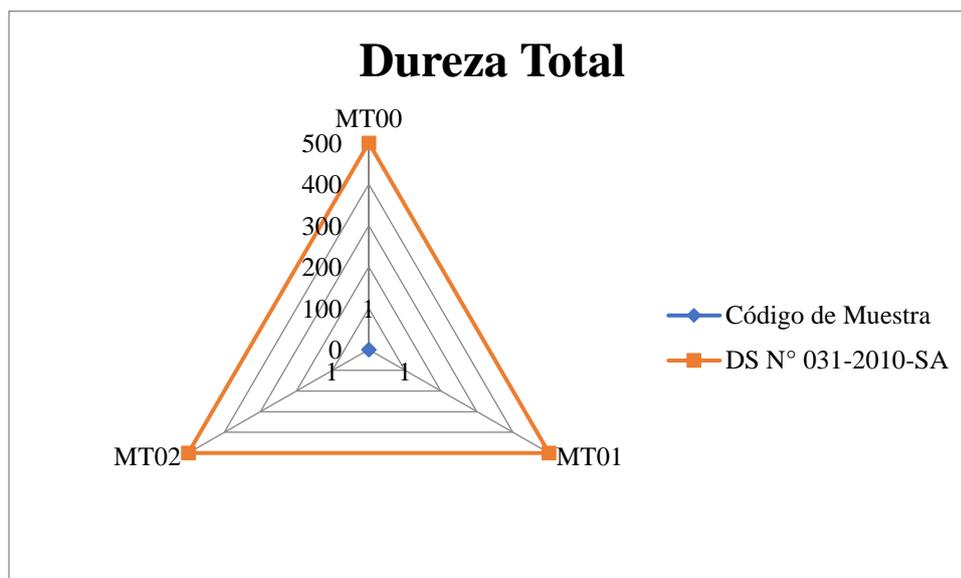


Figura 11. Datos de Evaluación de Dureza Total periodo Mayo – Julio 2019

D. Sulfatos

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor inferior a 1 mg SO₄/L se encuentra por debajo del Límite Permisible de Sulfato (Ver Tabla 12) de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen el valor inferior a 1 mg SO₄/L.

Estos valores de MT00, MT01 y MT02 no fluctúan por encima del valor de 250 mg SO₄/L que establece el DS N° 031-2010-SA, lo que se traduce en indicadores de una buena calidad de agua (Ver figura 12).

Tabla 12

Evaluación de sulfatos

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Sulfatos	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	< 1	250	mg SO ₄ / L
Post Tratamiento	MT01	< 1	250	mg SO ₄ / L
Post Tratamiento	MT02	< 1	250	mg SO ₄ / L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

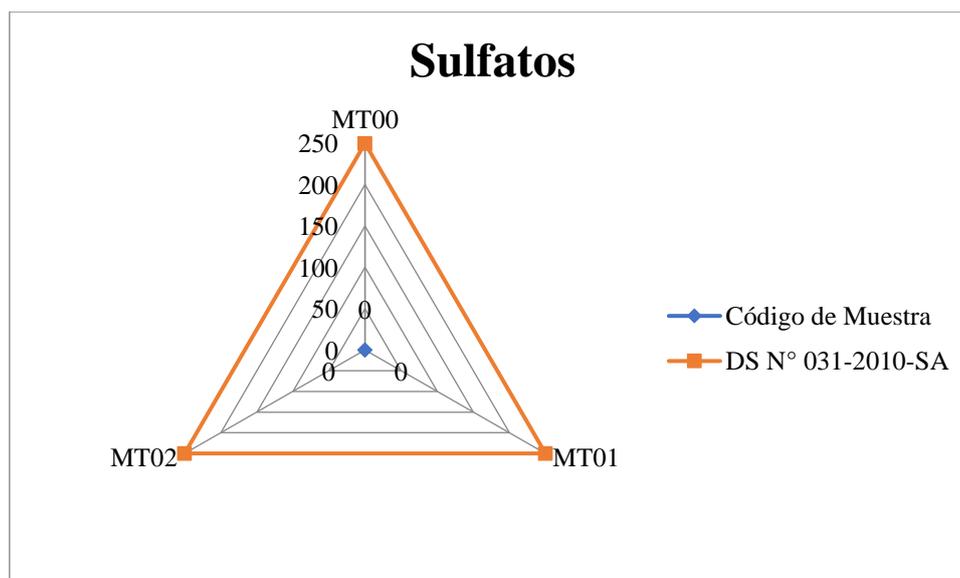


Figura 12. Datos de Evaluación de Sulfuros periodo Mayo – Julio 2019

E. Sólidos Totales Disueltos (TDS)

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor de 18 mg/L se encuentra por debajo del límite permisible de TDS (Ver Tabla13), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, con valores de 17 y 16 mg/L respectivamente, en comparación con la Norma DS N° 031-2010-SA.

Estos valores de MT00, MT01 y MT02 no fluctúan por encima del valor de 1000 mg/L de TDS que establece el DS N° 031-2010-SA., lo que se traduce en indicadores de una buena calidad de agua (Ver figura 13).

Tabla 13

Evaluación de sólidos totales disueltos

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Sólidos Totales Disueltos	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	18	1000	mg/L
Post Tratamiento	MT01	17	1000	mg/L
Post Tratamiento	MT02	16	1000	mg/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

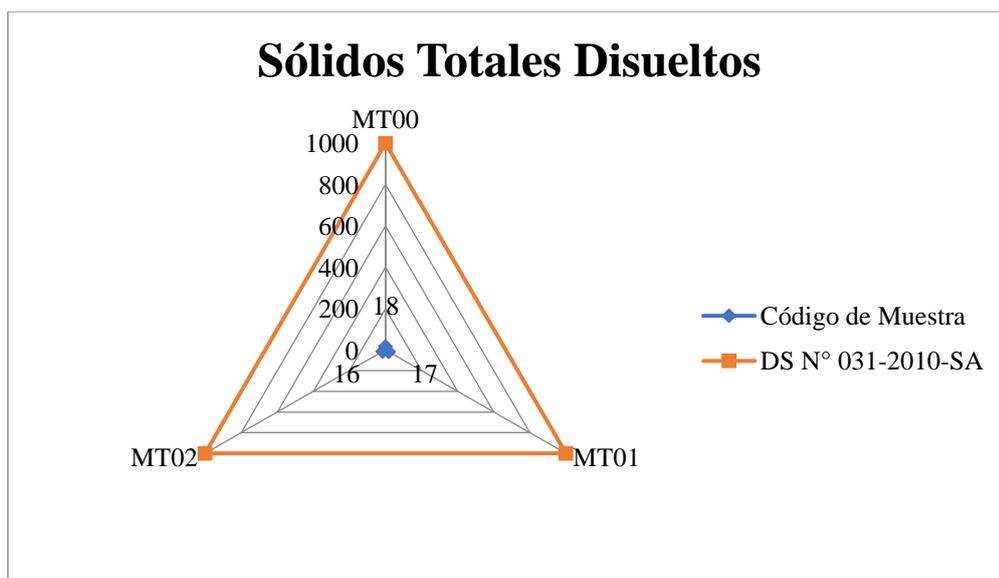


Figura 13. Datos de Evaluación de TDS periodo Mayo – Julio 2019

F. Medida de acidez o alcalinidad (pH)

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor de 6.1 pH muestra que al agua es ligeramente ácida (Ver Tabla 14), en comparación de las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, con valores de 9.87 y 8.81 que indican que el agua es ligeramente alcalina.

El tratamiento aplicado tiende a regular el pH como se muestra en los valores MT01 y MT02 comparados con el DS N° 031-2010-SA (Ver Figura 14).

Tabla 14

Evaluación de pH

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	pH	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	6.1	6,5 a 8,5	Unidad de pH
Post Tratamiento	MT01	9.87	6,5 a 8,5	Unidad de pH
Post Tratamiento	MT02	8.81	6,5 a 8,5	Unidad de pH

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

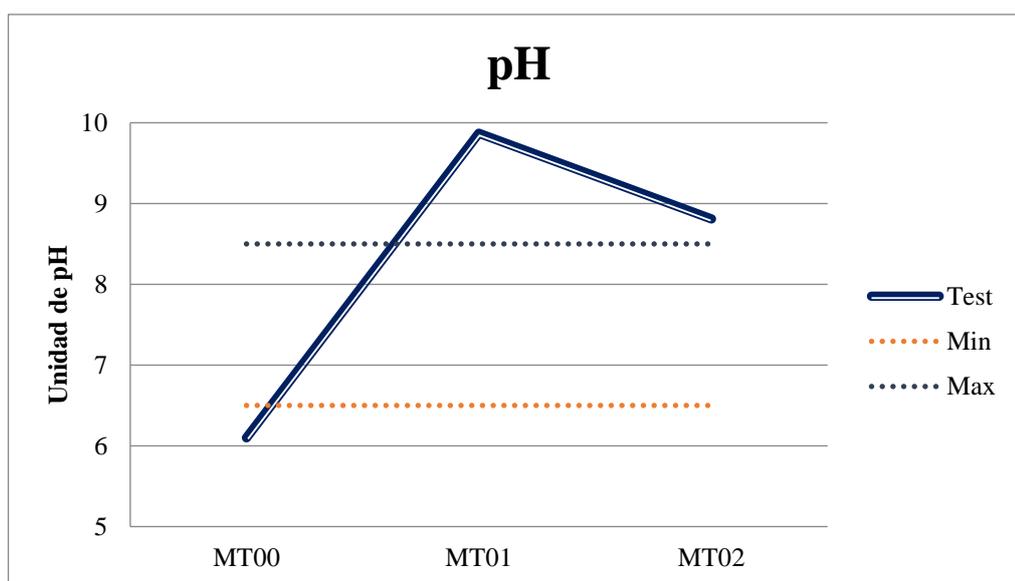


Figura 14. Datos de Evaluación de pH periodo Mayo – Julio 2019

3.2.2. Análisis de Parámetros Microbiológicos y Parasitarios.

A. Coliformes Totales

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor <1.8 NMP/100 mL indica la ausencia de Coliformes Totales (Ver Tabla 15), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen la ausencia de este grupo de especie bacteriana en conformidad con el DS N° 031-2010-SA.

Tabla 15

Evaluación de coliformes totales

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Coliformes Totales (NMP)	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	< 1.8	< 1.8	NMP/100 mL
Post Tratamiento	MT01	< 1.8	< 1.8	NMP/100 mL
Post Tratamiento	MT02	< 1.8	< 1.8	NMP/100 mL

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

B. Coliformes Termotolerantes

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor <1.8 NMP/100 mL indica la ausencia de Coliformes Termotolerantes (Ver Tabla 16), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen la ausencia de este grupo coliformes fecales en conformidad con el DS N° 031-2010-SA.

Tabla 16

Evaluación de coliformes termotolerantes

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Coliformes Termotolerantes (NMP)	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	< 1.8	< 1.8	NMP/100 mL
Post Tratamiento	MT01	< 1.8	< 1.8	NMP/100 mL
Post Tratamiento	MT02	< 1.8	< 1.8	NMP/100 mL

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

C. Bacterias Heterótrofas

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, supera el límite permisible de bacterias heterótrofas con 550 UFC/mL e indica mala calidad de agua no recomendable para consumo humano (Ver Tabla 17), sin embargo, las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, se encuentran dentro del rango permisible con 500 y 473 UFC/mL respectivamente establecido en el DS N° 031-2010-SA.

El tratamiento aplicado tiende a regular y eliminar las bacterias heterótrofas como se muestra en los valores MT01 y MT02, lo que se traduce en indicadores de una buena calidad de agua (Ver Figura 15).

Tabla 17

Evaluación de bacterias heterótrofas

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Recuento de Heterótrofos	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	550	500	UFC/mL
Post Tratamiento	MT01	500	500	UFC/mL
Post Tratamiento	MT02	473	500	UFC/mL

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

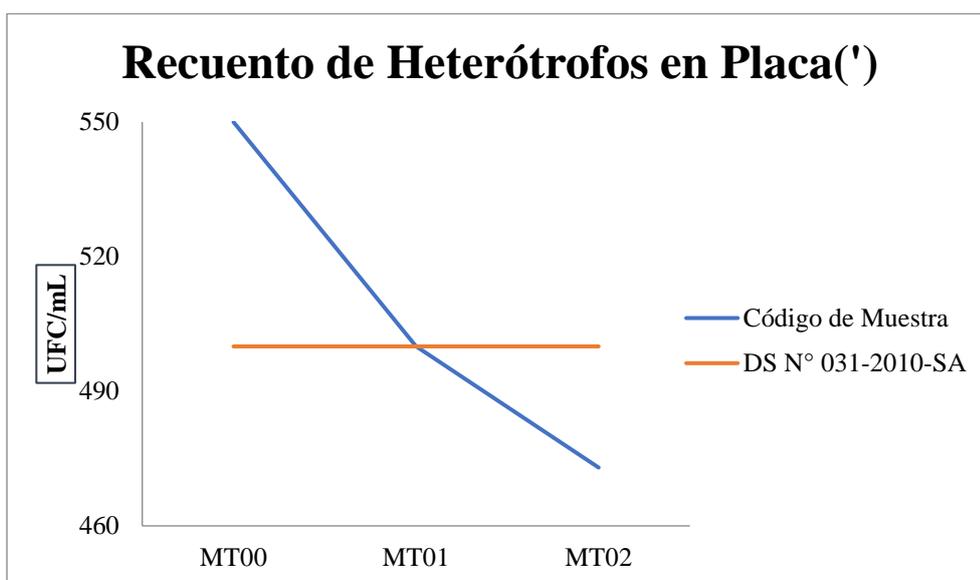


Figura 15. Datos de Evaluación de Bacterias Heterótrofas periodo Mayo – Julio 2019

D. Huevos de Helmintos

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor <1 N° org/L indica la ausencia de huevos de helmintos (Ver Tabla 18), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen la ausencia de este grupo de parásitos en conformidad con el DS N° 031-2010-SA.

Tabla 18

Evaluación de huevos de helmintos

Etapas de Muestreo	Código de Muestra	Huevos de Helmintos	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	< 1	0	N° org/L
Post Tratamiento	MT01	< 1	0	N° org/L
Post Tratamiento	MT02	< 1	0	N° org/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

E. Protozoarios Patógenos

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, presenta ausencia de protozoarios patógenos (Ver Tabla 19), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen la ausencia de estos organismos en conformidad con el DS N° 031-2010-SA.

Tabla 19

Evaluación de protozoarios patógenos

Etapas de Muestreo	Código de Muestra	Protozoarios Patógenos	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	Ausencia	0	UFC/mL
Post Tratamiento	MT01	Ausencia	0	UFC/mL
Post Tratamiento	MT02	Ausencia	0	UFC/mL

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

F. Organismos de Vida Libre

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, presenta ausencia de Organismos de vida libre, de igual forma que la muestra con código MT02, post-tratamiento, lo que se traduce como buena calidad de agua (Ver Tabla 20).

Tabla 20

Evaluación de Organismos de vida libre

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Organismos de Vida Libre	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	0	0	Organismos/L
Post Tratamiento	MT01	1	0	Organismos/L
Post Tratamiento	MT02	0	0	Organismos/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

3.2.3. Análisis de Parámetros Químicos Orgánicos e Inorgánicos.

A. Aceites y Grasas.

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor < 0.5 mg/L se encuentra por debajo del límite permisible de Aceites y Grasas (Ver Tabla 21), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, en conformidad con la Norma DS N° 031-2010-SA, lo que se traduce en indicadores de una buena calidad de agua.

Tabla 21

Evaluación de aceites y grasas

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Aceites y Grasas	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	< 0.5	0.5	mg/L
Post Tratamiento	MT01	< 0.5	0.5	mg/L
Post Tratamiento	MT02	< 0.5	0.5	mg/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

B. Cianuro Total

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor <0.005 mg CN-/L se encuentra por debajo del límite permisible de Cianuro (Ver Tabla 22), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen el valor inferior a <0.005 mg CN-/L, en conformidad con la Norma DS N° 031-2010-SA, lo que se traduce en indicadores de una buena calidad de agua.

Tabla 22

Evaluación de cianuro total

Etapas de Muestreo	Código de Muestra	Cianuro Total	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	< 0.005	0.07	mg CN-/L
Post Tratamiento	MT01	< 0.005	0.07	mg CN-/L
Post Tratamiento	MT02	< 0.005	0.07	mg CN-/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

C. Fluoruros

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor 0.075 mg F-/L se encuentra por debajo del Límite Permisible de Fluoruros (Ver Tabla 23), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen valores inferiores a la unidad.

Estos valores de MT00, MT01 y MT02 no fluctúan por encima del valor de 1 mg F-/L que establece el DS N° 031-2010-SA (Ver Figura 16).

Tabla 23

Evaluación de fluoruros

Etapas de Muestreo	Código de Muestra	Fluoruros	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	0.075	1	mg F-/L
Post Tratamiento	MT01	0.065	1	mg F-/L
Post Tratamiento	MT02	0.036	1	mg F-/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

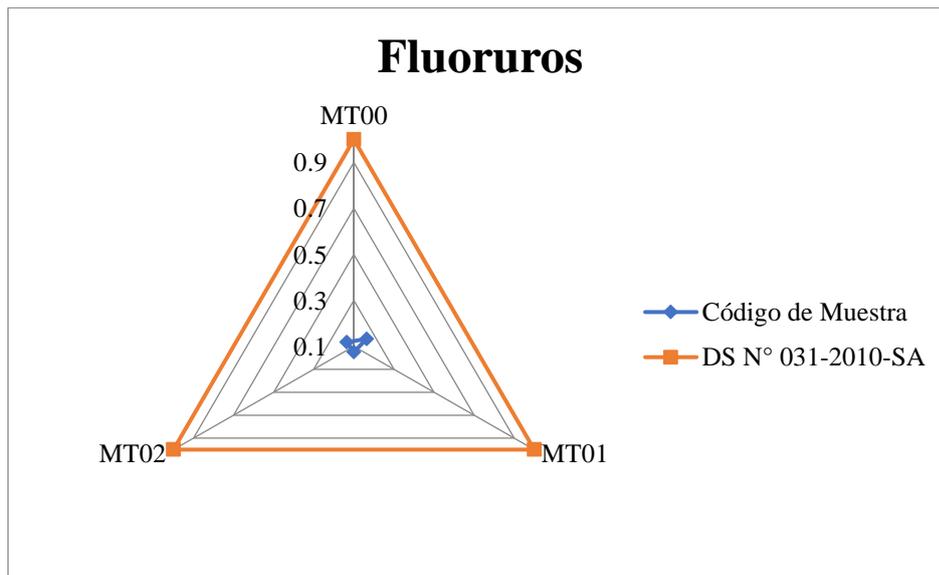


Figura 16. Datos de Evaluación de Fluoruros periodo Mayo – Julio 2019

D. Nitratos

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor 0.453 mg N-NO₃-/L se encuentra por debajo del límite permisible de Nitratos (Ver Tabla 24), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen valores inferiores a la unidad.

Estos valores de MT00, MT01 y MT02 no fluctúan por encima del valor de 50 mg N-NO₃-/L que establece el DS N° 031-2010-SA, lo que se traduce en indicadores de una buena calidad de agua (Ver Figura 17).

Tabla 24

Evaluación de nitratos

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Nitratos	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	0.453	50	mg N-NO ₃ -/L
Post Tratamiento	MT01	0.259	50	mg N-NO ₃ -/L
Post Tratamiento	MT02	0.193	50	mg N-NO ₃ -/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

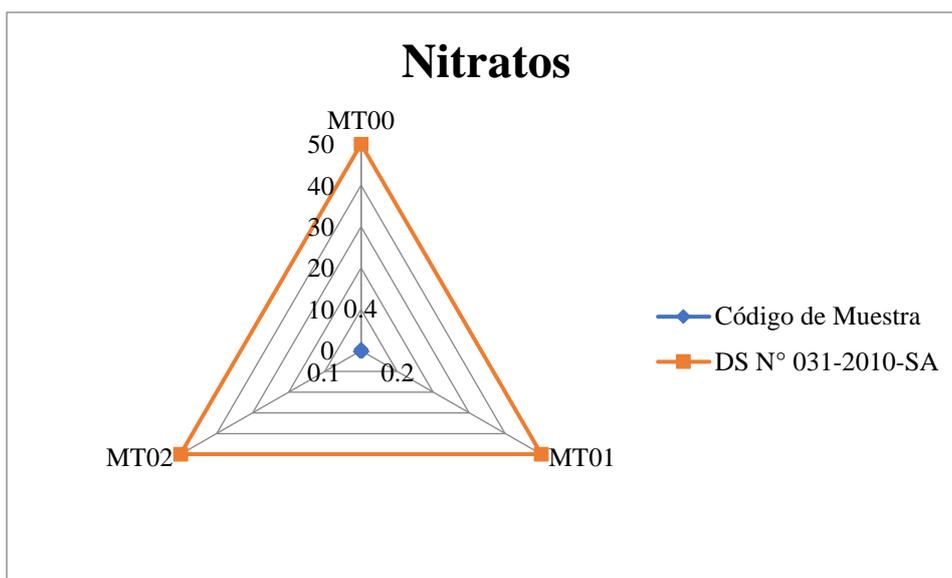


Figura 17. Datos de Evaluación de Nitratos periodo Mayo – Julio 2019

E. Nitritos

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor 0.376 mg N-NO-/L se encuentra por debajo del límite permisible de Nitritos (Ver Tabla 25), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen valores inferiores a la unidad.

Estos valores de MT00, MT01 y MT02 no fluctúan por encima del valor de 3 mg N-NO-/L que establece el DS N° 031-2010-SA (Ver Figura 18).

Tabla 25

Evaluación de nitritos

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Nitritos	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	0.376	3	mg N-NO-/L
Post Tratamiento	MT01	0.2	3	mg N-NO-/L
Post Tratamiento	MT02	0.191	3	mg N-NO-/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

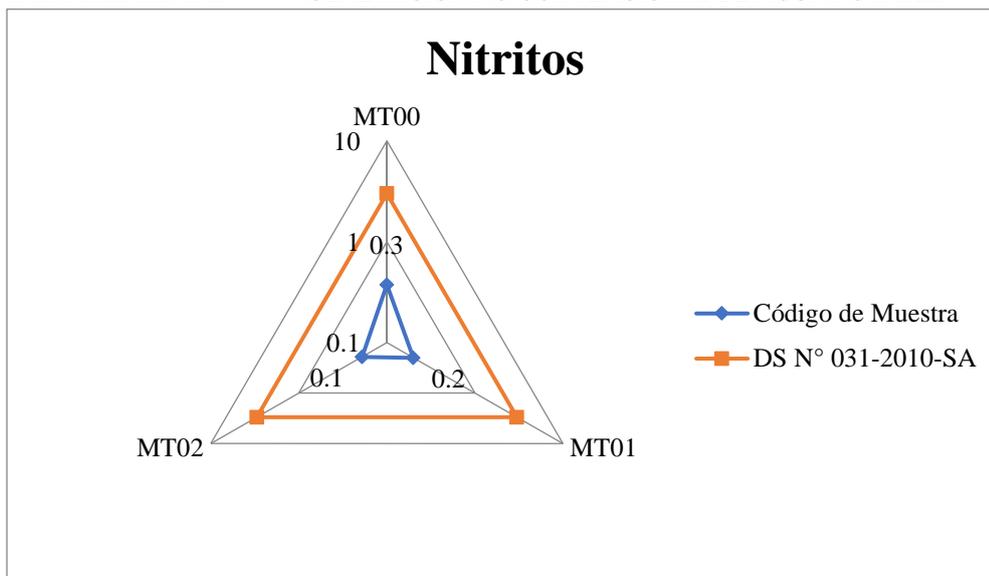


Figura 18. Datos de Evaluación de Nitritos periodo Mayo – Julio 2019

F. Cobre (Cu)

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor 0.019 mg Cu /L se encuentra por debajo del límite permisible de Cobre (Ver Tabla 26), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen valores inferiores a la unidad.

Estos valores de MT00, MT01 y MT02 no fluctúan por encima del valor de 2 mg /L de Cobre que establece el DS N° 031-2010-SA (Ver Figura 19).

Tabla 26

Evaluación de cobre (Cu)

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Cobre (Cu)	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	0.019	2	mg /L
Post Tratamiento	MT01	0.019	2	mg/L
Post Tratamiento	MT02	0.019	2	mg/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

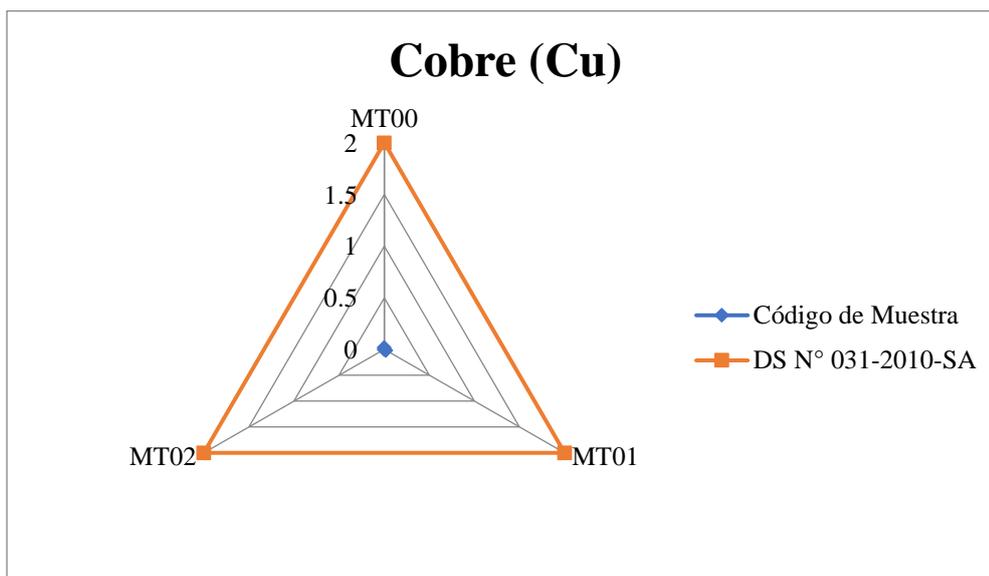


Figura 19. Datos de Evaluación de Cobre periodo Mayo – Julio 2019

G. Hierro (Fe)

La muestra con código MT00, pre-tratamiento, con valor 0.010 mg Fe/L se encuentra por debajo del límite permisible de Hierro (Ver Tabla 27), de igual forma las muestras con código MT01 y MT02, post-tratamiento, mantienen el valor inicial de la muestra MT00.

Estos valores de MT00, MT01 y MT02 no fluctúan por encima del valor de 0.3 mg/L de Hierro que establece el DS N° 031-2010-SA (Ver Figura 20).

Tabla 27

Evaluación de hierro (Fe)

Etapa de Muestreo	Código de Muestra	Hierro (Fe)	DS N° 031-2010-SA	Expresado en:
Pre Tratamiento	MT00	0.010	0.3	mg/L
Post Tratamiento	MT01	0.010	0.3	mg/L
Post Tratamiento	MT02	0.010	0.3	mg/L

Resultados obtenidos en Laboratorio certificado EQUAS S.A.

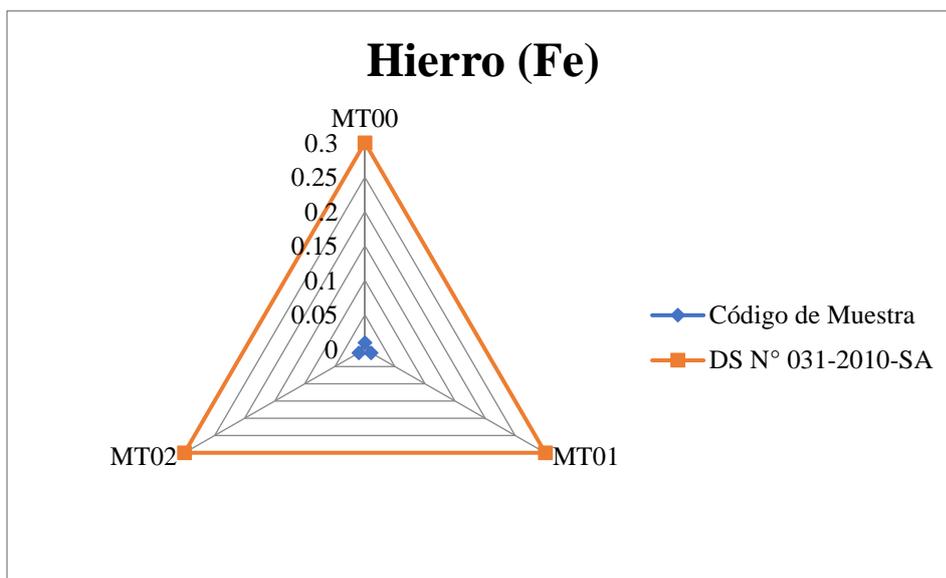


Figura 20. Datos de Evaluación de Hierro periodo Mayo – Julio 2019

3.3. Análisis de costo de energía

Los sistemas que generan consumo de energía en evaluación se encuentran principalmente en las etapas de captación y desinfección. Enel Distribución Perú S.A.A., empresa encargada de la distribución de energía a la población tiene como precio unitario S/. kWh 0.5339 de consumo en la categoría residencial.

El equipo funcionando las 24 horas, genera entre 5.1 a 7.6 L/día, promedio de 6.59 Litros para la vivienda, equivale a un gasto total de S/. 3.82 (Ver Tabla 28).

Los resultados obtenidos del valor de agua generada en comparación con fuentes de agua embazada, indican que este sistema es de menor costo y cubre la necesidad de la población en caso de riesgo natural o uso diario (Ver Tabla 29 y Figura 21).

Tabla 28

Detalle de consumo energético.

Etapas	Dispositivo	Potencia (kWh)	Valor en Soles por kWh	Consumo 24hrs (Soles)
Captación de humedad	Deshumidificador	0.29	0.5339	3.716
Desinfección	Lámpara UV	0.008	0.5339	0.103

Fuente: Enel Distribución Perú S.A.A.

Tabla 29

Comparación con Agua Comercial

Medio de obtención	Volumen (L)	Valor (S/)
Sistema de Captación	7	3.82
Agua San Mateo	7	7
Agua Cielo	7	6
Agua San Luis	7	6.5
Agua Bell's	7	5.9

Fuente: Plaza Vea Supermercados Peruanos S.A.

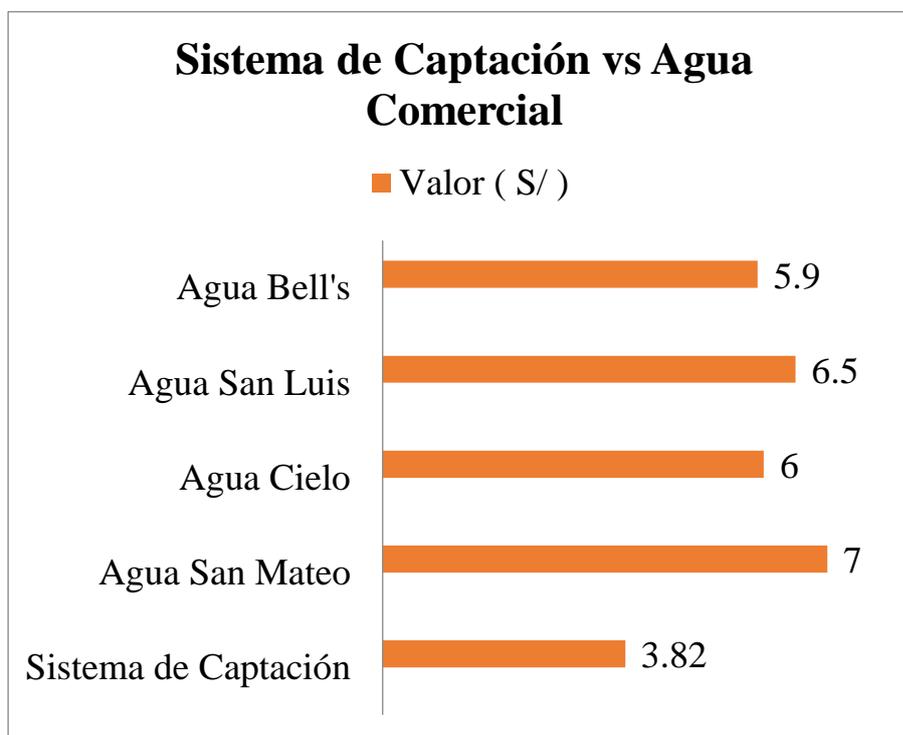


Figura 21. Valor del agua obtenida.

CAPÍTULO IV.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Doshi *et al.* (2016), resalta en su investigación que la elaboración de un medio que genere agua del medio ambiental, puede resolver el gran problema de abastecimiento de agua potable y el costo elevado de infraestructura. Inclusive este novedoso sistema no agota los recursos hídricos existentes. El diseño del presente sistema no considera un alto consumo de espacio y su costo en elaboración es de S/ 650, puede ser utilizado dentro del domicilio y ocupa un espacio inferior a la de un refrigerador en comparación a cualquier sistema de captación o tratamiento convencional de agua en la actualidad.

Bagheri (2018), determina que, mediante la comparación de tres unidades “AWH”, una disminución de la temperatura da como resultado mayor rendimiento de captura de vapor atmosférico y la tasa promedio de obtención de agua varió en un rango de 0.05 L / h para climas fríos y húmedos a 0.65 L / h para climas cálidos y húmedos. La actual investigación se llevó a cabo en la ciudad de Lima donde la humedad de ambiente fluctúa entre 80 a 100% agua concentrada en la atmósfera y la temperatura, otra variable climatológica de estudio, varía durante el año. El rango de variación en la captación de agua entre clima húmedo-cálido y húmedo-frío es de 1.6 Litros/día. En el clima húmedo-frío se captó un promedio de 7 L/día y en comparación con el clima húmedo-cálido donde se obtuvo 5.4 L/día. Por lo tanto, el sistema fue más eficiente, en cuanto a la obtención de agua, bajo menor temperatura. Olivas, Salinas,

Vélez y Mancilla (2011) explican la ocurrencia de este fenómeno y concluyen que la temperatura juega un papel importante, cuanto más frío se mantiene el condensador es mayor el volumen de agua captado.

Dahman *et al* (2017), en su estudio que llevó a cabo con similar dispositivo de condensación que la presente investigación, considera que la humedad absoluta tiene correlación estrecha y directa con el volumen de agua captada. Así mismo, Vinay, Suman y Shadakshari (2018), considera que las unidades de condensación tienen mejor rendimiento en zona húmedas. En la presente investigación la temperatura y humedad relativa fueron contrastadas con el volumen de agua captada. Los datos meteorológicos indican que la humedad relativa promedio anual es de 83.5 por ciento en la ciudad de Lima, por tal motivo, Lima es ideal para el funcionamiento del sistema de captación. Los resultados de volumen de agua promedio captados por mes son: a) Febrero; 5.4L b) Mayo; 6.5L c) Agosto; 7.4L d) Octubre; 6.9L.

Según, DIGESA (2010) considera que la concentración del ion calcio en el agua tiende a ser muy variable y el umbral de sabor está entre 100 a 300 mg/L, de modo que, no atribuye riesgo al consumidor. Sin embargo, resalta que concentraciones mayores a 500 mg/L pueden crear problemas en el sistema de distribución de agua. En la presente investigación, los resultados obtenidos muestran una Dureza Total menor a 2 mg CaCO₃/L y Sulfatos menor a 1 mg SO₄/L, agua considerada baja en minerales pero amigables con el sistema de distribución. Las sales minerales, principalmente calcio, magnesio y sulfatos, cumplen funciones específicas que posibilitan diversos procesos químicos en la regulación del metabolismo y formación de estructuras del organismo.

La OMS (2006) tercera edición, manifiesta que la mayoría de las bacterias heterótrofas no son consideradas patógenas. Sin embargo, existen algunos grupos bacterianos como *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Moraxella* spp., *Xanthomonas* spp. y diferentes hongos que pueden ser patógenos de alto riesgo a ciertos individuos con problemas inmunológicos. Según la normativa actual peruana DS N° 031-2010-SA, que establece los límites permisibles para consumo humano, recomienda un nivel máximo de conteo total de bacterias no mayor a 500 UFC/mL. Así mismo, los resultados finales post tratamiento de la investigación presentan valores inferiores al rango permisible: MT01, 500 UFC/mL y MT02, 473 UFC/mL. Estos resultados indican la idoneidad del uso de este novedoso sistema de captación de agua.

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 2004) expone que las enfermedades infecciosas se transmiten por contaminación cruzada de las excretas de seres humanos y animales, en particular de las heces. La OMS (1998) explica en su segunda edición, Guías para la calidad de agua potable, que es de suma importancia que el agua para consumo debe estar exenta de bacterias, protozoarios, virus, y helmintos; estos últimos se alojan en el tracto gastrointestinal del hombre o animal. Los resultados microbiológicos post-tratamiento de la presente investigación señalan la ausencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes, protozoarios patógenos y huevos de helmintos.

En relación con el consumo energético del sistema de captación y el volumen captado, se deduce que el promedio de 6.60 Litros/día de agua captada en la comodidad de la vivienda tiene un costo de S/ 3.8. Según la OMS (2007) considera que, dependiendo del clima y las condiciones fisiológicas de las personas, el ser humano tiene la necesidad para sobrevivir ingiriendo entre 2-3 Litros por día. El valor del agua obtenida con este novedoso sistema es menor al costo de 7L de agua comercial.

4.2 Conclusiones

El sistema de captación de humedad atmosférica es una fuente potencial para la generación de agua potable, cumple con los principales requisitos para consumo humano.

El diseño es simple y de bajo costo a comparación de los sistemas de abastecimiento convencionales, a su turno, abre puertas a la integración de tecnologías que puedan reducir el coste en gasto de energía, y sólo a modo de ejemplo, la implementación de energías renovables como los paneles solares o sistemas eólicos que reemplacen el uso de energía híbrida.

El agua captada desde el punto inicial, muestra Pre-Tratamiento, es pura en su totalidad y de buena calidad; los Parámetros de calidad organolépticas, químicos inorgánicos y orgánicos cumplen con la norma. En los aspectos microbiológicos, no se encontraron problemas en Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, Parasitológicos, Huevos de Helmintos, Protozoarios Patógenos u Organismos de Vida Libre. En el Recuento de Heterótrofos en Placa se encontró 550 UFC/mL elevado y se encuentra fuera de norma.

Los datos adquiridos al final de la línea de tratamiento mejoran la calidad de agua y cumplen los requisitos para consumo humano según DS N° 031-2010-SA. Énfasis, en el recuento de heterótrofos en placa mediante el tratamiento, reduce sustancialmente.

REFERENCIAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Ley de Recursos Hídricos*. Lima, Perú
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Glosario de Términos sobre Recursos Hídricos*. Lima, Perú
- Bagheri, F. (2018). *Investigación del desempeño de los sistemas de captación de agua atmosférica*. Surrey, BC, Canadá
- Barrenechea, A. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano: Aspectos físico químicos de la calidad del agua*. Lima, Perú.
- Bravo, K., Garzon, A. (2017). *Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (Cocos nucifera) para la remoción de contaminantes en agua*. Calceta, Ecuador
- Cereceda, P. (2000). *Los atrapanieblas, tecnología alternativa para el desarrollo rural*. *Revista Medio Ambiente y Desarrollo XVI*. Santiago, Chile
- Coasaca, C. (2019). *Proyecto Pukio*. Lima, Perú
- Dahman, N., Al Juboori, K., BuKamal, E., Ali, F., Khadija K., AlSharooqi, & Al-Banna, Sh. (2017). *Recolección de agua de la humedad del aire en Bahréin*. Universidad de Bahréin, Isa, Reino de Bahréin
- Dash, A. & Mohapatra, A. (2015). *Generador de agua atmosférica: para cumplir con los requisitos de agua potable de un hogar en las regiones costeras de la India*. Instituto Nacional de Ingeniería, Rourkela, India
- Dirección General de Salud Ambiental. (2010). *Glosario de Parámetros técnicos ambiental*. Lima, Perú

- Doshi, S., Chaudhari, Sh., Aitwade, S., Singh, R. & Waykole, C. (2016). *Desarrollo del sistema de generación de agua desde el aire*. Colegio de Ingeniería del MIT, Pune, India
- El Comercio. (2015). *Uso del agua: los retos del Perú, un país rico en este recurso*. Lima, Perú
- Fumadó, V. (2015). *Parásitos intestinales*. Barcelona, España
- García, S. & Ceron, D. (2015). *Controlador de la dosis de radiación uv para la desinfección microbiana en los sistemas de potabilización de agua*. Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia
- González, M. (2012). Enfoque actual sobre la calidad microbiológica del agua de hemodiálisis. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, La Habana, Cuba
- Hidalgo, M. (7 de diciembre de 2017). *Proyecto Yawa*. Lima, Perú
- Maestu, J. (2015). *Agua y Desarrollo sostenible*. Ginebra, Suiza
- Marchand, E. (2002). *Microorganismos indicadores de la calidad de agua de consumo humano en Lima Metropolitana*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú
- Mejía, D. (2004). *Adsorción de una mezcla de fenoles en solución acuosa con carbón activado*. Instituto Tecnológico de Toluca, Metepec, México
- Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima, Perú
- Ministerio del Ambiente. (2005). *Ley General del Ambiente*. Lima, Perú
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. Lima, Perú

Ministerio del Ambiente. (2015). *Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM*. Lima,

Perú

Ministerio del Ambiente. (2016). *Glosario de Términos*. Lima, Perú

OMS. (1998). *Guías para la calidad del agua potable*. Ginebra, Suiza.

ONU-DAES. (2015). *Agua y ciudades*. Ginebra, Suiza

Palomares, A. (2015). *Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su
tratamiento*. España

Polanco, D. (2017). *Humedad, definición, medición y procedencia*. Recuperado de
[https://naturaleza.paradais-sphynx.com/atmosfera/humedad-nubes-
tipos.htm#humedad-relativa](https://naturaleza.paradais-sphynx.com/atmosfera/humedad-nubes-tipos.htm#humedad-relativa)

Ponce, E. (2005). *Diseño de un tren de potabilización para una planta generadora
de agua embotellada*. Universidad de la Américas Puebla, Puebla, México

Retezár, K. (2015). *Un dispositivo que transforma el aire en agua*. Austria

Ruas, J. (2013). *Panel publicitario genera agua con la humedad del aire*.
Lima, Perú

Solsona, F., Méndez, J. (2002). *Desinfección del agua*. Lima, Perú.

SUNASS. (2004). *La calidad del agua potable en el Perú*. Lima, Perú

UNICEF. (2017). *Progresos en materia de agua y saneamiento Enfoque especial
Saneamiento*. Ginebra, Suiza

Véliz, R., Aronés, E., Palomino, Y. & Huincho, R. (2017). *Desinfección del efluente
secundario de la planta de agua residual de Ayacucho con radiación
ultravioleta para su reutilización en riego agrícola*. Ayacucho, Perú

Vinay, V., Suman, A., y Shadakshari, R. (2018). *Deshumidificación del aire
atmosférico para la producción de agua*. Bangalore, Karnataka, India

ANEXOS

ANEXO n° 1 Matriz de Consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN
<p>Problema General:</p> <p>¿El sistema de captación de la humedad atmosférica se podrá convertir en fuente potencial para la generación no convencional de agua potable?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Elaborar un sistema de captación de humedad atmosférica como fuente potencial para la generación no convencional de agua potable.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El sistema de captación de humedad atmosférica como fuente potencial no convencional de agua potable, permite obtener agua que cumple con la mayoría de los parámetros establecidos por la normativa vigente.</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>El tipo de investigación que se adapta al presente trabajo es aplicativo.</p>
<p>Problemas Específico 1:</p> <p>¿Cómo elaborar un sistema captador de humedad atmosférica como fuente potencial para la generación no convencional de agua potable?</p>	<p>Objetivos Específico 1:</p> <p>Diseñar el sistema de captación de humedad atmosférica.</p>	<p>Hipótesis Especifica 1:</p> <p>El sistema de captación de humedad atmosférica se elabora con materiales de fácil acceso de manera sencilla y que cumple con la finalidad de obtener agua potencialmente potable.</p>	<p>Método de Investigación:</p> <p>El método de investigación es cuantitativo.</p>
<p>Problemas Específico 2:</p> <p>¿Cuáles son los Parámetros de calidad organolépticas, microbiológicos y parasitarios, químicos orgánicos e inorgánicos del agua captada Pre-Tratamiento?</p>	<p>Objetivos Específico 2:</p> <p>Analizar los Parámetros de calidad organolépticas, microbiológicos y parasitarios, químicos orgánicos e inorgánicos del agua captada Pre-Tratamiento.</p>	<p>Hipótesis Especifica 2:</p> <p>Los Parámetros de calidad organolépticas, microbiológicos y parasitarios, químicos orgánicos e inorgánicos del agua captada Pre-Tratamiento no cumplen con los estándares para consumo humano.</p>	<p>Diseño de Investigación:</p> <p>Diseño pre-experimental. Se analiza las muestras antes y después de la aplicación de la radiación Ultra violeta y el filtro de carbón activado a un solo grupo.</p>
<p>Problemas Específico 3:</p> <p>¿Cumple, el agua obtenida posterior al Tratamiento, con los principales requisitos de calidad para consumo humano según DS N° 031-2010-SA?</p>	<p>Objetivos Específico 3:</p> <p>Comparar los principales requisitos de calidad de agua para consumo humano según DS N° 031-2010-SA con el agua Post-Tratamiento por el sistema de captación de humedad atmosférica.</p>	<p>Hipótesis Especifica 3:</p> <p>El agua obtenida post-tratamiento cumple con los principales requisitos de calidad para consumo humano según DS N° 031-2010-SA.</p>	<p>Muestra:</p> <p>Se utiliza la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia</p>

ANEXO n°2. Matriz de Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable Independiente: Captación de la humedad atmosférica	Proceso de condensación es aquel que atrae las moléculas de vapor de agua existente en el aire.	El análisis volumétrico se realizó en el domicilio seleccionado y se usaron los datos meteorológicos de la Estación Aeropuerto Jorge Chávez.	Volumen de agua generada por el captador	Volumen	L/día
				Conductividad Eléctrica	µmho/cm
Variable Dependiente: Agua Potable	Agua para uso y consumo humano que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos para la salud. (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2010).	El muestreo se realizó <i>in situ</i> bajo condiciones antisépticas adecuadas en domicilio seleccionado ubicado en la urbanización Villa Sol Distrito de Los Olivos, Lima. Las muestras obtenidas se enviaron al Laboratorio Certificado EQUAS S.A. para su análisis.	Parámetros de Calidad Organolépticas	Cloruros	mg Cl-/L
				Dureza Total	mg CaCO ₃ /L
				Sulfatos	mg SO ₄ /L
				TDS	mg/L
				pH	Unidad de pH
				Coliformes Totales	NMP/100 mL
				Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL
				Bacterias Heterotróficas	UFC/mL
				Huevos de Helmintos	N° org/L
				Organismos de Vida Libre	Organismos/L
				Aceites y Grasas	mg/L
				Cianuro Total	mg CN-/L
				Fluoruros	mg F-/L
Nitratos	N-NO ₃ -/L				
Nitritos	N-NO-/L				
Cobre (Cu)	mg Cu /L				
Hierro (Fe)	mg Fe/L				
			Parámetros Químicos Orgánicos e Inorgánicos		

ANEXO n° 3. Tabla de resultados global

PARÁMETROS	0560 - 1 ^(a)	1011 - 1 ^(a)	1013 - 1 ^(a)	Expresado en:	METODOS DE ENSAYO
	MT 01 ^(b) (08:30 h)	MT 02 ^(b) (16:00 h)	MT 03 ^(b) (16:00 h)		
Aceites y Grasas	< 0,5	< 0,5	< 0,5	mg/L	APHA 5520 D
Conductividad Eléctrica	34,90	34,00	33,30	µmho/cm	APHA 2510 B
Cianuro Total	< 0,005	< 0,005	< 0,005	mg CN-/L	APHA 4500-CN-C,E
Cloruros	< 1	< 1	< 1	mg Cl-/L	APHA 4500-Cl-C (*)
Dureza Total	< 2	< 2	< 2	mg CaCO ₃ /L	APHA 2340 C (*)
Fluoruros	0,075	0,065	0,036	mg F-/L	APHA 4500-F-D
Nitratos	0,453	0,259	0,193	mg N-NO ₃ -/L	APHA 4500-NO ₃ -B
Nitritos	0,376	0,200	0,191	mg N-NO ₂ -/L	EPA 354.1
Sulfatos	< 1	< 1	< 1	2-/L	APHA 4500-SO ₂ -E
Sólidos Totales Disueltos	18	17	16	mg/L	APHA 2540 C
pH	6,10	9,87	8,81	Unidad de pH	APHA 4500-H+B (***) (*)
PARÁMETROS	0560 - 1 ^(a)	Expresado en:			
	MT 01 ^(b) (08:30 h)				
Metales Totales					
Cobre (Cu)	0,019	0,019	0,019	mg/L	APHA 3111 B
Hierro (Fe)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/L	APHA 3111 B
Microbiológicos					
Coliformes Totales (NMP)	< 1,8	< 1,8	< 1,8	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes (NMP)	< 1,8	< 1,8	< 1,8	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Ítem 1)
Recuento de Heterótrofos en Placa ^(c)	550	500	473	UFC/mL	APHA 9215 B (*)
Parasitológicos					
Huevos de Helmintos	< 1	< 1	< 1	Huevo/L	The modified Baileger method (*)
Protozoarios Patógenos	Ausencia	Ausencia	Ausencia	P-A/L	APHA 9711 (*)
Hidrobiológicos					
Organismos de Vida Libre	< 1	1	< 1	Organismos/L	APHA 10900 A,B (*)

ANEXO n° 4. Informe de análisis por Laboratorio certificado por INACAL



**Environmental Quality
Analytical Services S.A.**
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE-030



INFORME DE ENSAYO N° A0560/19

Solicitante : MIGUEL ALEXANDER GIRANO CORBERA
Dirección : Jr. Tomas Chocano Nro. 121 - Dpto. 301 - Urb. Villa Sol - Etp. 3
Procedencia : SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA
COMO FUENTE NO CONVENCIONAL DE AGUA POTABLE
Distrito: Los Olivos - Provincia: Lima
Departamento: Lima
Matriz de la Muestra : Agua Superficial
Fecha de Muestreo : 30 - Mayo - 2019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 30 - Mayo - 2 019 / 12:21 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 30 - Mayo al 07 - Junio - 2019

Código Interno: L0560/19

PARÁMETROS	0560 - 1 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	MT 01 ^(b) (08:30 h)		
Aceites y Grasas	< 0,5	mg/L	APHA 5520 D
Conductividad Eléctrica	34,90	µmho/cm	APHA 2510 B
Cianuro Total	< 0,005	mg CN/L	APHA 4500-CN C,E
Cloruros	< 1	mg Cl/L	APHA 4500-Cl C (*)
Dureza Total	< 2	mg CaCO ₃ /L	APHA 2340 C (*)
Fluoruros	0,075	mg F/L	APHA 4500-F D
Nitratos	0,453	mg N-NO ₃ /L	APHA 4500-NO ₃ B
Nitritos	0,376	mg N-NO ₂ /L	EPA 354.1
Sulfatos	< 1	mg SO ₄ ²⁻ /L	APHA 4500-SO ₄ ²⁻ E
Sólidos Totales Disueltos	18	mg/L	APHA 2540 C
pH	6,10	Unidad de pH	APHA 4500-H* B (***) (*)

(^a) Código de Laboratorio

(^b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.

- (***) El resultado de pH es referencial, porque no cumple con los requisitos de control de calidad. Se efectuó el análisis a solicitud del cliente.

Lima, 07 de Junio de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P-LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

Dirección de Laboratorio: Mz.1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 2

ANEXO n° 5. Proceso de captación de humedad



ANEXO n°6. Toma de muestras



ANEXO n° 7. Materiales y reactivos para toma de muestras

