



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Membrana fototérmica de biocarbón activado de poda para la reducción de la salinidad del
agua de mar, Playa Tortugas - Casma, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS:

Rojas Ramos, Frances Leyla (ORCID: 0000-0002-6476-7783)

Salazar Rojas, Jasmin Carolyn (ORCID: 0000-0002-8287-7337)

ASESOR:

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID:0000-0002-8683-5054)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA- PERÚ

2019

Dedicatoria

Se lo dedicamos a Dios, a nuestros padres,
quienes representan una motivación para
seguir adelante, a nuestros familiares y amigos
que no se negaron a brindarnos su ayuda.

Agradecimiento

Agradecemos a nuestro asesor, el Dr. Carlos A.

Castañeda Olivera y docentes de la
Universidad César Vallejo, por el apoyo y la
orientación brindada a lo largo del desarrollo
de la tesis.

Índice

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE.....	VI
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	18
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
2.2. Operacionalización de las variables.....	19
2.3. Población, muestra y muestreo.....	22
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	22
2.5. Procedimiento.....	24
2.6. Métodos de análisis de datos.....	41
2.7. Aspectos éticos.....	41
III. RESULTADOS.....	42
IV. DISCUSIÓN.....	55
V. CONCLUSIONES.....	57
VI. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS.....	68
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	69
Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos.....	70
Anexo 3. Validación de instrumentos de recolección de datos.....	76
Anexo 4. Plano de prototipo.....	94
Anexo 5. Panel fotográfico.....	96
Anexo 6. Pruebas térmicas de biocarbón activado de poda.....	97
Anexo 7. Resultados de laboratorio.....	102

Índice de figuras

Figura 1. Proceso fototérmico mediante membrana.....	14
Figura 2. Mecanismos de transferencia de calor	15
Figura 3. Diseño Experimental.....	18
Figura 4. Procedimiento de la investigación	25
Figura 5. Mapa de ubicación de zona de estudio.....	27
Figura 6. Sistema de reducción de salinidad de agua de mar	27
Figura 7. Gráfica de la parábola del concentrador solar. (a) Representación en 3D.	29
Figura 8. Construcción del concentrador solar parabólico. a) Recorte del triplay, b) armado de la base del concentrador solar, c) pintado y armado del concentrador solar y d) prueba de reflexión solar con un foco direccional.	30
Figura 9. Elaboración de biocarbón activado de poda. a) Llenado del horno pirolizador, b) sellado del horno, c) extracción del biocarbón hecho en 04 horas por pirolisis lenta a 500°C – 600°C, d) estabilización del biocarbón antes de ser activado y e) biocarbón activado en proceso de molienda.....	30
Figura 10. Caracterización del biocarbón activado. a) Muestra inicial, b) pesado inicial y final, c) muestra retirada de la estufa y d) muestras analizadas.	31
Figura 11. Sistema de reducción de la salinidad	38
Figura 12. Diagrama de funcionamiento del sistema de reducción de la salinidad.....	39
Figura 13. Determinación del caudal y tiempo de retención	40
Figura 14. Tratamiento in-situ de reducción de la salinidad	40
Figura 15. Resultados de temperatura	43
Figura 16. Resultados de pH.....	43
Figura 17. Resultados de conductividad eléctrica	44
Figura 18. Resultados de potencial Redox	45
Figura 19. Resultados de turbidez	45
Figura 20. Resultados de cloruros	46
Figura 21. Resultados de sodio.....	46
Figura 22. Resultados de alcalinidad.....	47
Figura 23. Resultados de fosfatos.....	47
Figura 24. Resultados de oxígeno disuelto.....	48

Figura 25. Resultados de DQO.....	48
Figura 26. Resultados de DBO ₅	49
Figura 27. Resultados de sulfatos.....	49
Figura 28. Resultados de sólidos totales.....	50
Figura 29. Resultados de sólidos disueltos.....	51
Figura 30. Resultados de la eficiencia de reducción de salinidad.....	51
Figura 31. Ficha 1: Datos de campo.....	70
Figura 32. Ficha 2: Características físicas del biocarbón de poda.....	71
Figura 33. Ficha 3: Parámetros de operación.....	72
Figura 34. Ficha 4: Parámetros físico-químicos del agua de mar.....	73
Figura 35. Ficha 5: Parámetros físico-químicos del agua tratada.....	74
Figura 36. Ficha 6: Eficiencia de reducción de sales.....	75
Figura 37. Vista lateral del prototipo.....	94
Figura 38. Vista de frente del prototipo.....	95
Figura 39. Fotomicrografía de la estructura del biocarbón activado de poda – Ponciana...	96
Figura 40. Medición de parámetros del agua de mar.....	96
Figura 41. Medición de temperatura superficial más alta.....	96
Figura 42. Instrumentos y equipos para pruebas térmicas.....	96
Figura 43. Residuo de sales.....	97
Figura 44. Producción de agua tratada.....	98
Figura 45. Temperatura y radiación por horas de tratamiento.....	99
Figura 46. Prueba de normalidad.....	101
Figura 47. Constancia de caracterización física del biocarbón activado de poda.....	102
Figura 48. Constancia de caracterización del agua de mar.....	103
Figura 49. Constancia de caracterización del agua de mar tratada.....	104
Figura 50. Pantallazo del Turnitin.....	105

Índice de tablas

Tabla 1. Composición y característica del agua de mar	10
Tabla 2. Clasificación de los procesos de desalinización	11
Tabla 3. Operacionalización de las variables	20
Tabla 4. Métodos de determinación de parámetros físico-químicos	23
Tabla 5. Validación por juicio de expertos.....	24
Tabla 6. Ubicación de área de estudio	26
Tabla 7. Porcentaje de humedad.....	31
Tabla 8. Porcentaje de materia volátil	32
Tabla 9. Porcentaje de cenizas.....	32
Tabla 10. Prueba térmica de biocarbón activado de poda	33
Tabla 11. Resistencia térmica del biocarbón activado de poda.....	34
Tabla 12. Conductividad térmica del biocarbón activado de poda.....	35
Tabla 13. Coordenadas punto de muestreo de agua de mar	35
Tabla 14. Parámetros físicos del Agua de Mar – Playa Tortugas – Casma.....	38
Tabla 15. Determinación del caudal de operación	39
Tabla 16. Características físicas del biocarbón activado de poda	42
Tabla 17. Prueba de normalidad - Hipótesis 2.....	53
Tabla 18. Prueba de normalidad - Hipótesis 3.....	53
Tabla 19. Prueba de la Hipótesis General.....	54
Tabla 20. Matriz de consistencia	69
Tabla 21. Obtención de agua tratada por temperatura de la membrana fototérmica.....	97
Tabla 22. Parámetros meteorológicos durante la experimentación.....	99

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar la eficiencia de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda para la reducción de la salinidad del agua de mar, playa Tortugas– Casma. El tipo de investigación fue aplicada con un diseño experimental (pre-experimental). La población estuvo conformada por el agua de mar de la Playa Tortugas y la muestra por 30 L de la misma. La recolección de información se realizó mediante fichas de campo, de características físicas del biocarbón activado de poda, de parámetros de operación, de parámetros físicos–químicos del agua de mar, de parámetros físicos–químicos del agua tratada y de eficiencia de reducción de sales. Para el tratamiento de reducción de la salinidad se construyó un sistema de evaporación de celdas continuas de acero inoxidable que incluían membranas fototérmicas con 150 g de biocarbón activado de poda, y el proceso de desalinización se realizó durante 6 h (10:00 a.m. a 4:00 p.m.). Los resultados mostraron una eficiencia de reducción de la salinidad de 91,08 %, con una radiación de 0,98 KW/m² a las 12:00 pm y la humedad relativa de 49%. Finalmente, se concluyó que el sistema de evaporación mejoró los valores de los parámetros físico-químicos del agua y podría utilizarse como alternativa de solución a la escasez hídrica en las poblaciones rurales costeras.

Palabras claves: agua, energía solar, evaporación, membrana fototérmica, biocarbón activado.

Abstract

The objective of the research was to determine the efficiency of a photothermal membrane of pruning activated biochar for the reduction of salinity of seawater, Tortugas-Casma beach. The photothermal membrane consists of a resistant surface and a photothermal material, such as activated biochar, which has excellent thermal conductivity and is currently used for the treatment of saline or brackish water. The type of research was applied with an experimental design (pre-experimental). The population was made up of seawater from Tortugas Beach and a sample of 30L of it. Information was collected by means of field sheets on the physical characteristics of the activated biochar from pruning, operating parameters, physical-chemical parameters of the seawater, physical-chemical parameters of the treated water and salt reduction efficiency. For the salinity reduction treatment, a stainless steel continuous cell evaporation system was constructed, which included photothermal membranes with 150 g of activated pruning biochar, and the desalination process was carried out during 6 h (10:00 a.m. to 4:00 p.m.). The results showed a salinity reduction efficiency of 91.08%, with radiation of 0.98 KW/m² at 12:00 pm and relative humidity of 49%. Finally, it was concluded that the evaporation system improved the values of the physical-chemical parameters of the water and could be used as an alternative solution to water scarcity in rural coastal populations.

Keywords: water, solar energy, evaporation, photothermal membrane, activated biochar.

I. INTRODUCCIÓN

El agua dulce es el elemento fundamental para la supervivencia humana y uno de los desafíos para el desarrollo sostenible. La disponibilidad directa per cápita de agua dulce disminuye a medida que incrementa la población, el desarrollo y la variabilidad climática (Chen et al., 2019; von Medeazza 2004; Giordano, Barron y Ünver 2019). Este es uno de los problemas mundiales urgentes que afectan a millones de personas (Leijon y Boström 2018).

El agua está disponible en grandes cantidades en el mar, que constituye más del 97% de la cantidad total de agua. Sin embargo, no puede utilizarse directamente para bebida o regadío por la alta salinidad que posee (Zheng, 2017). En este contexto, la desalinización de agua de mar es una solución potencial para satisfacer el equilibrio de la oferta y la demanda de agua; no obstante, los sistemas tradicionales de desalinización alimentados con combustibles fósiles ya no son sostenibles debido a los riesgos de agotamiento de los recursos energéticos disponibles y al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (Gorjian y Ghobadian 2015; Zheng et al. 2014).

Es así como surgieron nuevas ideas para aprovechar la energía renovable, entre ellas la evaporación solar, una tecnología atractiva que combina los dos recursos: la energía solar y el agua (Chen, Kuang y Hu 2019). Esta tecnología convierte la energía de luz a calor, el calor generado se utiliza para impulsar la generación de vapor (Wu et al. 2019). Posteriormente, se incorporaron las membranas fototérmicas al sistema, que se enfoca en los materiales fototérmicos y adsorbentes (Huang, Shaolong et al. 2019), que permiten concentrar el calor y aumentar la eficiencia de evaporación del agua de mar (Huang, Jian et al., 2019).

La presente investigación propone un sistema novedoso, eco-amigable y eficiente para reducir la salinidad del agua de mar, donde se emplea el biocarbón activado, producto de la pirolisis de los restos de poda, como material fotoabsorbente en la elaboración de una membrana fototérmica. Por lo tanto, el objetivo del trabajo es determinar la eficiencia de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda para la reducción de la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas– Casma.

De acuerdo a lo descrito, se presenta la **realidad problemática** enfocada en la escasez del agua dulce, puesto que es un recurso natural valioso y se ha convertido en uno de los

mayores problemas medioambientales del presente y del futuro de la humanidad (Raj y Baiju 2019).

A nivel mundial 663 millones de personas no tienen acceso al agua potable y en 18 países, por lo menos, el 5% dependen de aguas distribuidas por cisternas (UNICEF 2017). Esta crisis empieza a evidenciarse en países como Brasil, China, India e Irán, donde la demanda de agua potable aumentó con respecto a la disponibilidad (Leroux, Martin y Zheng 2018) Para el año 2025 se pronostica que aproximadamente dos tercios de la población mundial, alrededor de 5.500 millones de personas, podrían vivir en zonas afectadas por estrés por hídrico de moderado a grave (ONU, 2015).

El Perú no está exento a esta alarmante situación, debido a que el 62,3% de la población peruana está concentrada en la región costa, donde la disponibilidad de agua es menor con respecto a la demanda (Instituto de Promoción de la Gestión del Agua 2017). La provincia de Casma es una de las localidades peruanas (región costa) afectada, donde sólo un 66% tiene cobertura de agua potable que está sujeto a la provisión de dos pozos que conectan con las aguas subterráneas. En el distrito Comandante Noel, en Casma, la situación se vuelve más crítica, dado que se abastecen de camiones cisternas, y obtienen agua a un alto costo y de calidad dudosa (MVCS, 2008).

Uno de los desafíos a nivel mundial es descubrir un método económico, práctico y manejable que permita disponer de agua dulce y apta para el consumo humano. Es por ello, que este trabajo de investigación está orientado a brindar una alternativa de solución mediante un sistema de reducción de la salinidad en agua de mar aplicando membranas fototérmicas de biocarbón activado de poda.

En relación a la problemática expuesta, se presenta **los trabajos previos internacionales y nacionales** que aportan una metodología de experimentación en el ámbito de reducción de la salinidad utilizando materiales fototérmicos y energía solar. Entre los trabajos previos internacionales tenemos a Zhang, Ravi y Tan (2019) con su investigación en "*Materiales Carbonosos de origen alimentario para la Desalación Solar y la Generación de Energía Termoeléctrica*". Su objetivo fue determinar la eficiencia solar de un prototipo flotante que tuvo como fuente energética los residuos de comida. Por ello carbonizaron materiales de bajo costo (arroz, papa, pasta, cáscara de plátano) y utilizaron un prototipo (tapa de

plástico, cuerpo de espuma y 4 botellas adicionales) durante 10 horas. Los resultados de la investigación mostraron un 85% de absorción solar para la muestra de pasta.

Para la optimización de la membrana fototérmica se utiliza diferentes materiales fotoabsorbentes, Kou et al. (2019) con su estudio en “*Recyclable CNT- coupled cotton fabrics for low-cost and efficient desalination of seawater under sunlight*”, se propusieron determinar la eficiencia de absorción solar de una membrana fototérmica para producir agua dulce. En su metodología tiñeron una tela de algodón (54x40cm²) con nanotubos de carbono en 03 concentraciones (0,5 mg/mL, 1,0 mg/mL y 3,0 mg/mL), colocaron la tela teñida sobre una lámina de espuma de poliestireno (9x30x1 cm³) y diseñaron un prototipo modelo convencional; luego llenaron el prototipo de desalinización solar con agua de mar preparada con NaCl (3,5 WT%). Sus resultados determinaron que la concentración adecuada para teñir la tela algodón fue de 3,0 mg/L de nanotubos de carbono. La eficiencia de absorción solar fue 95,7% y obtuvieron 10 L/día de agua dulce para una superficie de 1m² que ocupó el prototipo. Además, reconocieron los materiales de estructura carbonosa como buenos materiales de absorción solar.

Safaei y Tavakoli (2017), en su investigación sobre “*On the design of Graphene oxide nanosheets membranes for water desalination*”, el objetivo fue simular la dinámica molecular de los sistemas de desalinización mediante membranas de óxido de grafeno (GO). Elaboraron una membrana con 13 nanoplacas de óxido de grafeno (GO), que fueron colocadas en un recipiente con agua de mar. Sus resultados determinaron que el uso de membrana con nanoplacas de GO tuvo una eficiencia del 50%, y logró la reducción de la salinidad de 35,5 g/L a 17 g/L.

Li et al. (2016) en su artículo “*Graphene oxide-based efficient and scalable solar desalination under one sun with a confined 2D water path*”, demostraron la eficiencia de un sistema desalinizador con membrana. Para ello, elaboraron una membrana fotoabsorbente a base de óxido de grafeno (50 mm de diámetro y 0,02 mm de tamaño del poro) obtenido de polvo de grafito. El sistema fue alimentado con agua sintética en función al mar rojo (4,1% de NaCl). En conclusión, el sistema desalinizador tuvo una eficiencia del 78% con una reducción de iones de sodio de 1,5228 mg/L a 0,99 mg/L.

Zhang, Zheng y Wu (2015) en su investigación “*Experimental study on a horizontal tube falling film evaporation and closed circulation solar desalination system*”, como objetivo

tuvieron demostrar una mayor eficiencia de destilación solar que los alambiques solares comunes, por ello se diseñó un sistema compuesto por una carcasa de evaporación, colector solar, intercambiador de calor, condensador exterior, bomba de circulación de agua y ventilador. Este sistema se puso a prueba durante varios días soleados, el agua de ingreso tenía una temperatura de 17 -20 °C, bajo una radiación de 23,50 MJ/m²/día, una temperatura de inicio de 70°C. Se obtuvo un rendimiento de destilación máximo de 2,4 kg/h de 11:00am a 12:00 pm. En conclusión, el sistema presenta mayor rendimiento de destilación que otros diseños, funciona mejor a altas temperaturas.

Los materiales fototérmicos y los adsorbentes son los principales componentes de la desalinización de agua de mar impulsada por energía solar. En este sentido, Huang et al. (2019) en su artículo "*Multifunctional molybdenum oxide for solar-driven water evaporation and charged dyes adsorption*", donde propusieron el óxido de molibdeno como un material multifuncional aplicado a la desalinización de agua de mar. El óxido de molibdeno fue preparado a partir del polvo de Mo por un método solvotérmico. El experimento de evaporación de agua solar fue realizado a una temperatura ambiental de ≈ 25.5 °C y una humedad de $\approx 46\%$. Se utilizó un sistema óptico casero, con una fuente de luz solar simulada compuesta por una lámpara xenón equivalente a la luz solar estándar de 100 Mw/ cm². Bajo la irradiación de un solo sol, la temperatura de la membrana subió a 50,2 °C (hasta 95,9 °C), lo que indicó un excelente rendimiento fototérmico de la membrana, que se atribuyó al efecto sinérgico de la superestructura similar a una nanoflor, que posee una mayor rugosidad superficial, que puede generar una dispersión múltiple de la luz solar incidente, logrando una alta absorción y un bajo consumo de energía. En conclusión, la membrana de óxido de molibdeno posee una alta absorción total del 97% en todo el espectro solar y una alta tasa de evaporación de agua de 1,51 kg/m²h, así como una eficiencia de conversión de energía calculada del 95% bajo irradiación solar única. Además, se recomendó no utilizar membranas compuestas por celulosa, ya que posee una conductividad térmica baja de 0,03–0,05 W/mK a comparación de las membranas compuestas de molibdeno.

Los materiales fotoabsorbentes pueden ser de tipo orgánico como lo demuestran Han et al. (2019) en su estudio de una "*Bio-derived ultrathin membrane for solar driven water purification*", donde diseñaron un sistema desalinizador que combina el reciclado de biorresiduos y la utilización de la energía solar para producir agua limpia. En su

metodología elaboraron 04 tipos de membrana de cáscara de huevo carbonizado (MCHC), a la que le añadieron grafeno, óxido de grafeno y nanotubo de carbono respectivamente. Las membranas bio-derivadas fueron cortadas (9 mm × 9 mm), envueltas con plástico de poliestireno y colocadas en una cubeta (1×1×4,5 cm³) llena de agua de mar simulada, la cubeta fue iluminada con una lámpara de xenón a 100 cd de intensidad luminosa. Sus resultados determinaron que la membrana con nanotubos de carbono presentó una eficiencia del 99% de absorción de la luz, logró una tasa de evaporación de 1,31 kg/m²h y una eficiencia de remoción mayor al 99% en sales y contaminantes orgánicos.

Zhu et al. (2019) en su artículo “*Carbonized daikon for high efficient solar steam generation*”, tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia de un material fotoabsorbente para la generación de vapor de agua de mar, elaborado de nabo que carbonizaron a 750 °C durante 2 horas. Al finalizar el tratamiento obtuvieron una eficiencia de absorción solar de 93,5% y una tasa de evaporación de 1,57 kg/m²h.

Xu et al. (2017) en su investigación “*Mushrooms as efficient solar steam-generation devices*”, evaluaron la eficiencia de la generación de vapor solar mediante estructuras naturales porosas y fibrosas. Utilizaron champiñones naturales y carbonizados, con poros de 7,5 μm, que fueron expuestos a una irradiación de una lámpara equivalente a 1 sol (1kW/m²) y un aislante térmico de poliestireno de conductividad térmica igual a 0,04 W/mK. En conclusión, demostraron que los hongos permiten la generación eficiente del vapor solar, con una eficiencia de 78% y una capacidad de evaporación de 0,13 y 0,198 Kg/m² respectivamente.

Para mejorar el sistema de reducción de salinidad y la adaptación a las condiciones de la superficie del mar, se considera instalar un concentrador solar parabólico, como lo demostraron Wang et al. (2018) en su artículo “*Investigation of a floating solar desalination film*”, donde diseñaron un sistema integrado de captación de energía solar y desmineralización del agua de mar. En su diseño incorporaron una película flotante de material térmico y poroso. Este sistema fue alimentado con agua de caño, preparado con Cloruro de Sodio (NaCl), cada 30 minutos y llevado a cabo 9 horas por día. Los resultados de la producción de agua por unidad de área de este dispositivo, con un seguimiento exhaustivo del sol, alcanzó los 1,38 kg/día; con el seguimiento sólo azimutal del sol, la producción de agua fue de 1,19 kg/día, y la producción solar térmica diaria fue de 2,5 kg/día.

Zevallos Paz (2015) en su tesis "*Purificación del agua por condensación provocada por calentador automático seguidor solar con supervisión de mini-scada Fast-tools*", diseñó un sistema de monitoreo para un calentador solar. Utilizó el sistema de monitoreo SCADA adherido a una olla calentadora y paneles fotovoltaicos alimentada con 500 mL de agua de mar durante 30 minutos. Los resultados obtenidos de agua destilada expuesta a una radiación alta fue 355 mL, a una radiación media alta fue 298 mL y a una radiación moderada fue 220 mL.

Mercado y Lam (2015) en su estudio "*Evaluación de un sistema de desalinización solar, tipo concentrador cilíndrico parabólico de agua de mar*", diseñaron un prototipo para la obtención de agua destilada. En su metodología utilizaron un colector cilíndrico de acero inoxidable alimentado diariamente con 20 L de agua de mar y se simuló una radiación de 6,63 kWh/día. Sus resultados demostraron una eficiencia del 34,04% con una producción de agua destilada de 2,37 L/día por 6 días, una reducción de la conductividad eléctrica de 46,7 mS/cm a 4,13 mS/cm y una disminución en el pH de 7,5 a 6,6.

Claudio (2018) en su estudio "*Desalinización de agua para aplicaciones de potabilización mediante el desarrollo de tecnología solar sustentable*". Su objetivo fue evaluar el desempeño del prototipo para desalinizar agua salobre en condiciones reales. En su metodología utilizó membranas (101,6 cm de largo) por osmosis inversa en una estructura de aluminio (20x45x86 cm³) alimentada por 400 L de agua sintética con una conductividad eléctrica de 1,225 μ S/cm y sólidos totales disueltos de 615 mg/L a cielo despejado y parcialmente nublado. Sus resultados evidenciaron que a una máxima radiación (735,2 W/m²) con una presión de 77,2 psi, se obtuvo 24,5 L/min de agua dulce producida con una reducción de conductividad eléctrica de 1,225 a 32 μ S/cm y de los SDT de 615 a 16,1 mg/L.

Yabroudi et al. (2011) en su investigación "*Desalinización de agua empleando un destilador solar tubular*", determinaron la eficiencia del prototipo para la remoción de sales. En su metodología utilizaron 300 mL/día de agua sintética con solución de cloruro (30 000 mg/L). En el estudio se demostró que en un día soleado (477 W/m²) se logró una eficiencia del 99,8%, con una reducción de la salinidad de 30 000 mg/L a 120 mg/L y un volumen de 246 mL/día de agua producida.

Kabade et al. (2018) en su publicación "*Portable Water Dispenser for Desalination Using Solar Energy*", orientaron su investigación a la obtención de agua consumible mediante la energía solar en las costas, además de diseñar un prototipo de desalinización portátil y asequible. La construcción del prototipo fue forma rectangular y con un volumen de 2,5 L, utilizaron aluminio, vidrio y lentes de Fresnel. Sus resultados demostraron que, para una entrada de 1 L de agua salada la producción fue de alrededor de 700-800mL de agua potable en un día soleado, también se evidenciaron que la tasa de evaporación y condensación fue alta de 11 a.m. a 2 p.m. Finalmente, concluyeron que se puede obtener agua alrededor del 70-80% del agua suministrada, así mismo, la cantidad de agua dulce producida variará dependiendo del clima y el nivel de salinidad.

Ghahari, Rashid-Nadimi y Bemana (2019) en su investigación "*Metal-air desalination battery: Concurrent energy generation and water desalination*", determinaron el rendimiento del prototipo y la generación de energía mediante la desalinización de agua del Mar Caspio. En su metodología midieron la salinidad a través de la conductividad eléctrica a un pH en el rango de 2 a 12. Sus resultados demostraron una eficiencia de 37,8%, que redujo la salinidad de 12 g/L a 2,68 g/L, y generó 10 mW en 14 horas de funcionamiento de la batería de desalinización metal-aire.

Kusuma, Putra y Respati (2018) en su investigación "*A new cascade solar desalination System with integrated thermosyphons*", su objetivo fue determinar la eficiencia térmica y la capacidad de producción de agua dulce del prototipo. En su metodología utilizaron dos sistemas, 1 (con termosifones) y 2 (sin termosifones) que bombeaban directamente el agua de mar al tanque del sistema de desalinización. Sus resultados alcanzaron una eficiencia térmica de 18,78% para el sistema 1 y una eficiencia de 9,33% para el sistema 2, con una producción de 38,25 mL/h, 38,55 mL/h y 39,07 mL/h de caudales iniciales de 3600 mL/h, 7200 mL/h y 10800 mL/h respectivamente.

Gong et al. (2019) en su estudio "*Scalable, eco-friendly and ultrafast solar steam generators based on one-step melamine-derived carbon*". Su objetivo fue fabricar una esponja porosa de polimelamina. Una membrana (2x2x 0,3 cm³) y un material aislante de poliestireno (4,5 cm de diámetro y 0,3 cm de espesor) fueron sometidas a pruebas de evaporación bajo iluminación solar (1kW/m²). Concluyeron que la membrana tuvo una eficiencia fototérmica del 92% bajo irradiación de una lámpara equivalente a 1 sol, una

conductividad térmica ultra baja ($\sim 0,038$ W/mK), una red capilar hidrófila, y una tasa de evaporación solar ultrarrápida de $1,98$ kg /m²h.

Rahaoui et al. (2017) en su publicación “*Sustainable membrane distillation coupled with solar pond*”, evaluaron el efecto de la temperatura sobre la tasa de evaporación y la cantidad de agua dulce producida. En su metodología realizaron dos experimentaciones durante 15 horas, en la primera utilizaron una membrana de contacto directo con un estanque solar alimentado con agua sintética (1800 mg/L de salinidad) en el laboratorio y en la segunda, la membrana fue alimentada con 2300 mg/L de agua al aire libre. Sus resultados demostraron que a una temperatura de 39°C obtuvieron una tasa de evaporación de $5,76$ kg/m²h y $4,50$ kg/m² respectivamente, además de 1,70 L de agua dulce producida.

Ghazy y Fath (2016) en su artículo “*Solar desalination system of combined solar still and humidification – dehumidification unit*”. El propósito del estudio fue comparar la productividad de agua dulce de un sistema convencional de desalinización solar y un sistema que incorpora la humidificación-deshumidificación. El alambique solar convencional (A) fue fabricado a partir de 1 m² de aluminio negro recubierto con una lámina de lana de vidrio y una tapa de vidrio con una inclinación de 30°, al otro sistema se le agregó el subsistema humidificador-deshumidificador (B), su funcionamiento se dio con una irradiación solar de 800 W/m², temperatura de 30°C y un caudal de entrada de 0,2 kg/s. Los resultados obtenidos fueron que la productividad de agua para el sistema A fue de $6,5$ L/m²/día frente al sistema B de $4,2$ L/m²/día.

Jassón et al. (2015) en su investigación “*Solar Brackish Water Treatment for Irrigation Using Low-Pressure Nanofiltration*”. Se plantearon determinar la eficiencia del tratamiento en la remoción de sólidos disueltos totales (STD) y sulfatos para riego agrícola. En su metodología trataron con nanofiltración fotovoltaica a baja presión (NF-FV-BP) dos tipos de agua, la primera fue agua sintética con adiciones de sales (NaCl, Ca₂SO₄, Na₂SO₄) en la solución, con una salinidad de 1,843 mg/L; la segunda fue agua subterránea de la región con alto contenido en sulfatos (1,863 mg/L) y 2,195 mg/L de STD. Sus resultados fueron una eficiencia de remoción de 75,15% para STD y 98,21 % para sulfatos con una reducción de STD a 98,21 mg/L, una irradiación solar de 750 W/m² y una productividad de $3,2$ m²/día.

Aylas de la Vega (2017) realizó una tesis en “*Obtención de agua potable mediante un tratamiento solar (destilador cascada) del agua de mar en el distrito de la Punta Callao-2017*”. Su finalidad fue evaluar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua después del tratamiento. En su método utilizó dos prototipos de tratamiento solar, el prototipo “A” constituido por 6 bandejas y el “B” por 3 bandejas. Logró concluir que el modelo más eficiente fue el prototipo A, que alcanzó una eficiencia del 12% en un área de 1,5 m² y redujo la salinidad de 35 g/L a 1,81 g/L, así mismo disminuyeron: la conductividad eléctrica de 51,84 mS/cm a 1,05 mS/cm, la turbidez de 7,75 UNT a 1,03 UNT, el pH de 8,95 a 6,83, la DQO de 56,80 mg/L a 1,80 mg/L, y la DBO de 14,78 mg/L a 1,36 mg/L en contraste con los resultados del prototipo B que redujo la salinidad a 1,50 g/L, la conductividad eléctrica a 0,97 mS/cm, la turbidez a 0,68 UNT, el pH a 6,67, la DQO a 2,61 mg/L y la DBO a 0,79 mg/L.

Tapia Chauca (2017) en su publicación “*Reducción de salinidad de las aguas de la playa San Pedro- Lurín utilizando nanotecnología (grafenano) a escala laboratorio, 2017*”. Se propuso determinar la eficiencia de un sistema de reducción de sales, para tal efecto, sometió 3 muestras de agua al tratamiento con 3 concentraciones de grafeno (5 g, 10 g y 15g), además, aplicó un tratamiento con nanoburbujas. De esta manera, obtuvo mejores resultados cuando aplicó 15 g de grafeno, con una eficiencia de 45% en la remoción de sales; así mismo, redujo la salinidad de 34,48 g/L a 18,92 g/L, la conductividad eléctrica de 49,212 mS/cm a 18,04 mS/cm, la turbidez de 49,212 NTU a 18,04 NTU, las concentraciones de cloruros de 2,13 g/L a 0,97 g/L, la DBO de 2,53 mg/L a 0,82 mg/L, la DQO de 132,87 mg/L a 41,44 mg/L; y el pH de 5,52 a 7,04.

Posterior al estudio de los trabajos previos relacionados al tema de investigación, se exhibe la **teoría relacionada**, que se encuentran vinculadas a las variables de la investigación, las cuales están descritas lo más objetivamente; por lo tanto, servirá para entender con claridad el desarrollo de este estudio.

En los últimos años, con el creciente énfasis en la búsqueda de fuentes alternas del recurso hídrico para cubrir la actual demanda de agua dulce, se ha logrado numerosas investigaciones que reconocen el potencial del agua de mar para ser convertida en agua dulce. El agua de mar se caracteriza por presentar alta salinidad, en promedio, tiene una salinidad de aproximadamente 3,5%. Esto significa que cada kilogramo de agua de mar tiene aproximadamente 35 g de sales disueltas, las más predominantes son el sodio (Na⁺) y

cloruro (Cl⁻). El agua de los océanos es una mezcla homogénea que contiene un 96,5 % de agua y 3,5 % de sales en solución, como el cloruro de sodio (NaCl), que representa el 80% de los minerales contenidos en el agua de mar. En la Tabla 1 se observa los principales parámetros de agua de mar, como la concentración de las sales disueltas (Li y Liu, 2019).

Tabla 1. Composición y característica del agua de mar

Parámetro	Intervalos de referencia
Temperatura, °C	15 - 35
pH	7,9 - 8,1
Sales disueltas, mg/L	30.000 - 45.000
Conductividad, µS/cm (a 20°C)	44.000 - 58.000
Bicarbonatos, mg/L	120 - 170
Sulfatos, mg/L	2.425 - 3.000
Cloruros, mg/L	17.500 - 21.000
Nitrato, mg/L	59 - 120
Bromuros, mg/L	0,001 - 4,0
Fluoruros, mg/L	1
Boro, mg/L	4 - 6
Amonio, mg/L	0,005 - 0,05
Sodio, mg/L	9.600 - 11.700
Potasio, mg/L	350 - 500
Calcio, mg/L	350 - 525
Magnesio, mg/L	1.025 - 1.400
Estroncio, mg/L	12 - 14
Sílice (SiO ₂), mg/L	0,01 - 7,4
Carbono orgánico total, mg/L	1,2 - 3,0
Nitrógeno orgánico, mg/L	0,005 - 0,03

Fuente: (Sánchez et al. 2009).

Las características más resaltantes del agua de mar son la salinidad, la turbidez, el potencial de hidrógeno y la conductividad eléctrica. En la actualidad la **salinidad** se determina en referencia a la conductividad eléctrica. En los océanos el rango de variación es pequeño, ya que el 75% de las aguas oceánicas tienen salinidad entre 34,5 y 35 g/L (Barreiro, 2014). Presenta **turbidez** cuando hay presencia de materias en suspensión que producen la dispersión de la luz. El **pH** es un indicador del grado exacto de acidez o

basicidad de una sustancia presente en el agua o suelo, el cual se debe al equilibrio carbónico y a la actividad microbiana (IMARPE, 2015).

La **conductividad eléctrica** del agua es la capacidad del agua que deja pasar la corriente eléctrica. Si la concentración de sales solubles ionizadas es superior, mayor será el valor de C.E; sin embargo, esta correspondencia se puede alterar en presencia de sales poco solubles (Leijon y Boström, 2018).

La **desalinización** es un proceso que permite obtener agua dulce a partir de agua salobre, marina o residual. Esto se logra separando sales y otras sustancias contenidas en el agua (Naranjo González, 2007). Los métodos utilizados para reducir la salinidad pueden ser térmicos y no térmicos. Los métodos térmicos necesitan calor y se rigen bajo el principio de evaporación. Los métodos no térmicos se realizan a través de membranas y presiones altas.

En la Tabla 2 se observa los métodos más utilizados en la actualidad como la ósmosis inversa, la electrodiálisis y la nanofiltración; evaporación instantánea multietapa, multiefecto y desalinización solar (Tzen et al., 2012).

Tabla 2. Clasificación de los procesos de desalinización

Clase de separación	Energía utilizada	Proceso	Sistema
Agua de sales	Térmica	Evaporación	Destilación solar Destilación súbita flash Destilación multiefecto Termocompresión de vapor
	Frío	Cristalización	Formación de hidratos Congelación
	Mecánica	Evaporación Filtración	Compresión mecánica de vapor Ósmosis inversa
Sales de agua	Eléctrica	Filtración selectiva	Electrodiálisis
	Química	Intercambio	Intercambio iónico

Fuente: (Lattemann y Höpner, 2008)

La **evaporación solar** es una tecnología que utiliza la energía renovable de la radiación solar para obtener agua dulce, consta de tres etapas: la formación de una brecha de vapor,

el transporte de la fase de vapor y la condensación. Se lleva a cabo mediante un prototipo, generalmente, hecho de vidrio (Albloushi et al. 2019).

Las principales limitaciones de la desalinización convencional es el alto costo de los materiales utilizados para la desinfección de aguas residuales o la eliminación de sales en el agua de mar. Por otro lado, cuando se extrae la sal se originan restos salinos que al ser vertidos en el mar son perjudiciales para la flora marina, además, las complejas instalaciones necesitan de un gran consumo energético y generalmente los prototipos tienen vida limitada.

En la desalinización solar se usan membranas fototérmicas para acelerar el proceso de evaporación y es importante tener en cuenta el material fotoabsorbente. Se conoce que los materiales fotoabsorbentes a base de carbono ofrecen ventajas de absorción y estabilidad solar de bajo costo y fácil accesibilidad (Liu, Xu y Wang, 2017).

Los factores que se deben considerar para el proceso de reducción de la salinidad, son el aislante térmico, la radiación solar y las condiciones meteorológicas.

Según PALOMO (2017), es aquel material que al tener una baja conductividad térmica (W/mK) presenta una alta resistencia al calor y a la difusión del vapor de agua; es decir, reducen la transferencia de calor hacia el medio opuesto. Se considera aislante térmico a los materiales que poseen una conductividad térmica menor que $0,050 W/mK$ y una resistencia mayor que $0,25 m^2k/W$.

La **radiación solar** es la transferencia de calor por medio de ondas electromagnéticas emitidas por el sol (AEMET, 2015). Entre las radiaciones óptimas para diseñar un prototipo de desalinización solar están los valores de $477 W/m^2$ (Yabroudi et al. 2011) y $1 KW/m^2$ (Kou et al. 2019). Muchos estudios han encontrado que el aumento de la radiación solar mejora el rendimiento de los evaporadores (Abujazar et al. 2016).

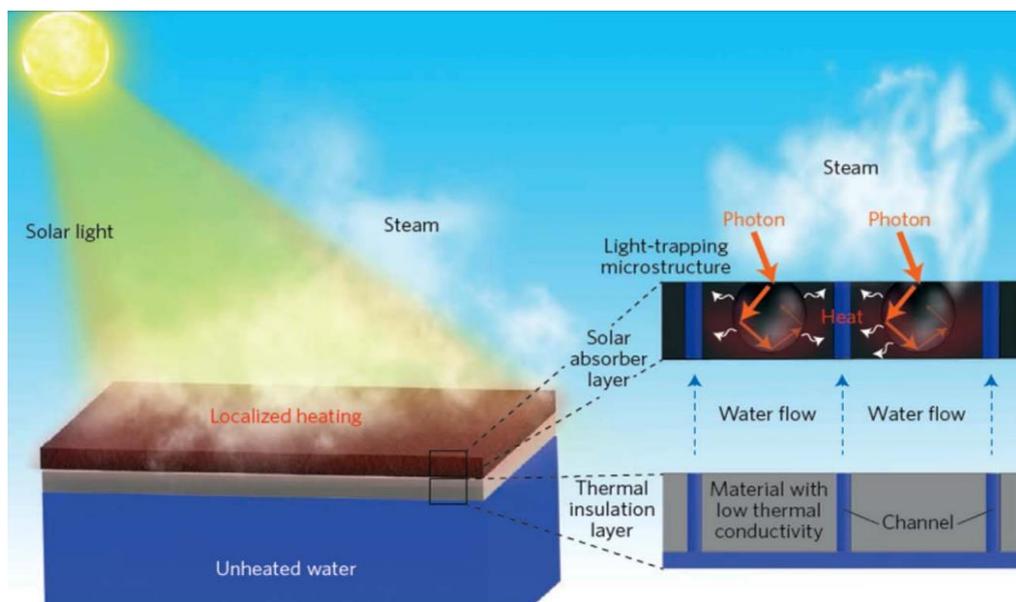
La productividad de los evaporadores solares es influenciada por las condiciones meteorológicas, tales como la velocidad del viento que al aumentar mejora los resultados, así mismo, es importante considerar la humedad atmosférica, ya que no puede ser controlada por el ser humano. Una humedad media del 65% durante las estaciones lluviosas y de 40% a 55% durante las estaciones secas conducen a un aumento del

rendimiento del sistema de reducción de la salinidad del agua de mar (Abujazar et al. 2016).

Atendiendo a todas estas consideraciones, surgen nuevas respuestas para mejorar el proceso de desalinización, sobre todo en la evaporación solar. Así es como surge el uso de membranas fototérmicas que, conducen muy bien el calor y logran evaporar más rápido el agua de mar, además de ser más económicas y eficientes. Las membranas pueden ser elaboradas con diversos materiales, pero deben poseer características que le permitan mantener una estructura porosa e hidrofílica (Zhu et al. 2019).

La **membrana fototérmica de biocarbón activado de poda**, es una lámina de tejido orgánico, resistente, recubierto de un material fotoabsorbente, cuya función es captar la luz solar para luego convertirla en energía térmica. Además, se utiliza para la absorción de la energía debido al material fotoabsorbente inserto en ella (Politano et al., 2017).

El Proceso fototérmico que se da en el sistema de reducción de la salinidad es la transformación de la energía solar en energía térmica mediante un fluido o superficie absorbente; es decir, la materia captura los fotones incidentes de la radiación solar y los transforma en energía calórica (Figura 1). Se logra por absorción directa en un fluido de transferencia de calor o indirectamente por alguna superficie absorbente de color negro (Chang et al., 2016).



Fuente: (Chang et al., 2016)

Figura 1. Proceso fototérmico mediante membrana

El objetivo de un material fotoabsorbente es transformar la energía solar, en forma de ondas electromagnéticas, a energía térmica. El absorbedor ideal está formado de una estructura metálica; sin embargo, existe una variedad de absorbedores solares basados en otros materiales, los cuales deben ampliar el ancho de la banda de absorción para captar la energía solar, además, el color negro es un excelente absorbedor solar (Chang et al. 2018). Entre los materiales fotoabsorbentes de bajo costo tenemos a la madera carbonizada, hongos y esponjas de carbono, al ser naturalmente de color negro poseen mejores propiedades (Zhang, Ravi y Tan, 2019).

La madera carbonizada o biocarbón, se obtiene de un proceso de carbonización llamado pirolisis. El biocarbón es rico en carbono y es reconocido por su potencial como producto de bajo costo y alta eficiencia de absorción solar (Chang et al., 2019). El biocarbón se convierte en activado mediante un proceso de activación térmica, por lo que adquiere mejores propiedades físicas.

Entre las propiedades físicas del biocarbón está la humedad, que es la relación entre la presión del vapor de agua y la presión máxima de la misma a una temperatura determinada. Así mismo, la materia volátil es un importante componente para realizar la caracterización de la calidad del combustible, su composición es, principalmente, de derivados de carbón y el método más utilizado para su determinación es la del crisol (James G. Speight, 2005).

Por otra parte, la ceniza es un derivado del carbón que se obtiene por un proceso de calentamiento (Setton y Bernier, 2002). Por consiguiente, el carbono fijo es aquel que se obtiene después de la expulsión de la materia volátil; es decir, es la materia mineral presente en el carbón (Vermani, 2003). El poder calorífico de un material carbonoso se puede medir por la cantidad de energía térmica que se producirá en la combustión, el análisis promedio aproximado de la materia prima de carbón activado presenta un poder calorífico en el rango de 3 000 a 7 000 KJ/Kg y es dependiente del tipo de madera que se utiliza (Li y Liu, 2019).

Cabe resaltar que los principios que intervienen en la presente investigación son la 1ra y 2da Ley de la Termodinámica, los mecanismos de transferencia de calor y los procesos físicos de cambio de estado del agua. La primera ley de la termodinámica se considera una extensión de la ley de conservación de la energía, donde explica que la energía no se crea

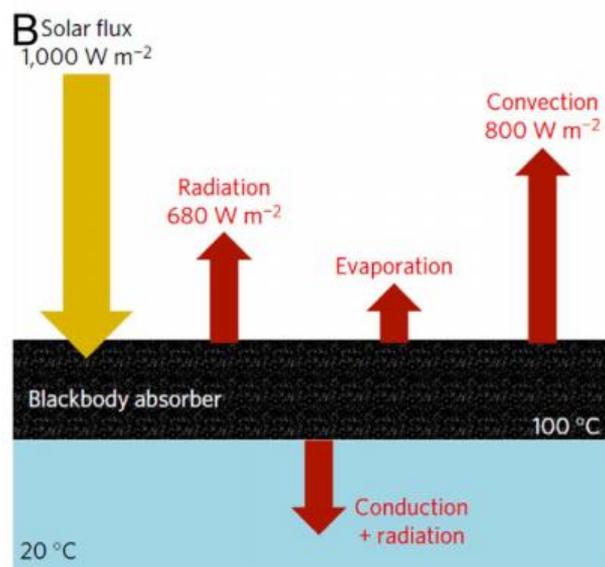
ni se destruye solo puede transformarse, de esta manera, esta ley establece que la energía total de un sistema se mantiene, derivándose el principio de Bernoulli que indica el flujo constante, el cual es la suma de todas las formas de energía de un fluido.

La segunda ley de la termodinámica relaciona al sistema y sus alrededores para constituir un sistema compuesto aislado, donde se da la generación de la entropía, la variable entropía, es la medida de la probabilidad que ocurra un desorden de las moléculas en un proceso, se expresa mediante la siguiente fórmula (Akbarpour, Hashem y Emami, 2017).

$$\Delta S_{universo} = \Delta S_{sistema} + \Delta S_{alrededores} \geq 0$$

Donde S es la entropía.

En la investigación actúan las tres formas de mecanismos de transferencia de calor, Figura 2, los cuales son radiación, convección y conducción. La radiación solar es la transferencia de calor por medio de ondas electromagnéticas emitidas por el sol (Gul y Alper, 2019).



Fuente: Zheng et al., 2014

Figura 2. Mecanismos de transferencia de calor

La convección se refiere a la transferencia de calor entre dos superficies a causa del movimiento de un fluido (Huezo y Morán, 2012) y la conducción es un proceso de transferencia de energía en forma de calor basado en el contacto directo de los cuerpos, en los fluidos ocurre siempre y cuando este se encuentre macroscópicamente en reposo y se rige por la Ley de Fourier, la cual relaciona el flujo de energía y la gradiente de temperatura (Huezo y Morán, 2012)

En cuanto al cambio de fase del agua, que es una transferencia de calor asociada a la transferencia de masa, tenemos la evaporación y condensación. La **evaporación** es un proceso físico que consiste en el cambio de estado del agua, se da gracias a la radiación solar, que proporciona la energía necesaria a las moléculas de agua para su cambio de un estado líquido a gaseoso, regresando de manera directa a la atmosfera en forma de vapor (James G. 2020). Por otro lado, la **condensación** se define como el cambio de estado de vapor de agua a líquido, que ocurre cuando un vapor saturado o sobrecalentado se encuentra con un objeto que tiene una temperatura por debajo de la temperatura de saturación o cuando el vapor de agua es sometido a altas presiones y disminuye la fuerza de atracción de las moléculas (Faghri y Zhang, 2006).

Seguidamente a la revisión de la teoría relacionada y la realidad problemática se propuso como **problema general**: ¿En qué medida el uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda reduce la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma?

Y como **problemas específicos** tenemos al específico 1: ¿Cuáles son los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, playa Tortugas – Casma, antes de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda? El problema específico 2: ¿Cuáles son los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, playa Tortugas – Casma, después de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda? El problema específico 3: ¿Cuál es la eficiencia de reducción de la salinidad del agua de mar, playa Tortugas – Casma, después de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda?

Justificación del estudio en el ámbito teórico: Los resultados de la investigación ampliaron la base teórica del tratamiento de reducción de la salinidad del agua de mar que servirá como antecedente para futuras investigaciones. Cabe señalar que, no existen investigaciones científicas, a nivel nacional, enfocadas al reaprovechamiento del biocarbón activado de poda como material fotoabsorbente.

Justificación del estudio en el ámbito práctico: La investigación desarrollo una alternativa de solución a la escasez hídrica en las poblaciones rurales costeras, aprovechando la energía solar. Se estableció una nueva metodología de la aplicación de la desalinización mejorada con una membrana fototérmica elaborada a base de biocarbón activado de poda.

Justificación del estudio en el ámbito social: La técnica que se utilizó aumenta la disponibilidad de agua dulce que puede ser aprovechada por los pobladores, sobre todo para aquellas viviendas unifamiliares que se abastecen de camiones cisternas una vez al día y a precio elevado. Además, se reaprovecho un residuo proveniente de los restos de poda que aún no tiene un tratamiento efectivo.

Justificación del estudio en el ámbito económico: En la elaboración de la membrana fototérmica se reciclaron materiales, como el poliestireno, el biocarbón activado, que puede ser conseguidos de la carbonización de los restos de poda, además, la construcción del prototipo para el tratamiento, puede ser con materiales que estén al alcance de todos. Por ello, esta tecnología es económica a comparación de otras tecnologías convencionales.

Justificación del estudio en el ámbito ambiental: Mediante esta investigación se aborda dos objetivos de desarrollo sostenible, uno de ellos está enfocado a la salud y el bienestar, y el otro aborda el tema de agua limpia y saneamiento; es decir, tiene la finalidad de enfrentar la escasez de agua que se vive en la actualidad.

El objetivo general se planteó con el siguiente enunciado: Demostrar que el uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda reduce la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma. El objetivo específico 1: Determinar los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, Playa Tortugas – Casma. El objetivo específico 2: Mejorar los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, Playa Tortugas – Casma, utilizando una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda. El objetivo específico 3: Determinar la eficiencia de reducción de la salinidad del agua de mar, utilizando una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda.

La **hipótesis general** es: El uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda reduce la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma. H1: Los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, playa Tortugas – Casma, antes de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda son altos en conductividad, sulfatos, fosfatos y sólidos totales. H2: Los valores de los parámetros físicos-químicos del agua de mar, Playa Tortugas – Casma, difieren luego de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda. H3: El uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda tiene una eficiencia de reducción de la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma mayor al 50%.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, además, presentó un nivel explicativo, pues estuvo enfocada en explicar la eficiencia que tiene el uso de una membrana fototérmica elaborada de biocarbón activado de poda en la reducción de la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma.

La Figura 3 detalla el diseño experimental, el cual fue de sub-tipo pre-experimental, debido a la modificación de las características del agua de mar, Playa Tortugas – Casma (variable dependiente) mediante la aplicación de un tratamiento solar con una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda (variable independiente).

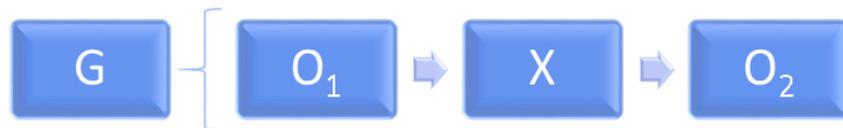


Figura 3. Diseño Experimental

Dónde:

G: Agua de mar, Playa Tortugas- Casma.

O1: Análisis del agua de mar, Playa Tortugas, antes de aplicar el tratamiento.

X: Aplicación del tratamiento para la reducción de la salinidad mediante una membrana fototérmica base de biocarbón activado.

O2: Análisis del agua de mar, Playa Tortugas, después de aplicar el tratamiento.

2.2. Operacionalización de las variables

En la Tabla 3 se exhibe las variables de la investigación, sus dimensiones e indicadores con los cuales fueron medidos para dar respuesta al problema de investigación planteado.

Variable independiente (X): Membrana fototérmica de biocarbón activado de poda.

Variable dependiente (Y): Reducción de la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma.

Tabla 3. Operacionalización de las variables

Membrana fototérmica de biocarbón activado de poda para la reducción de la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas– Casma, 2019					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
INDEPENDIENTE: Membrana fototérmica de biocarbón activado de poda.	Es una lámina de tejido orgánico, resistente, recubierto de un material fotoabsorbente, cuya función es captar la luz solar para luego convertirla en energía térmica que calienta la membrana, que por conducción calienta el agua hasta evaporarla. También es reconocida por producir agua desalada a alta temperatura con una mayor eficiencia y consumo de energía relativamente bajo (Politano, et al, 2016, p.1).	El biocarbón activado de poda fue utilizado para elaborar una membrana fototérmica, posteriormente fue incorporadas a un sistema de reducción de la salinidad del agua de mar. Se evaluaron las características físicas del biocarbón activado de poda y los parámetros de operación.	Características físicas del biocarbón activado de poda	Humedad	%
				Materia volátil	%
				Ceniza	%
				Carbono fijo	%
				Poder calorífico	Kcal/ Kg
				Tamaño de partícula	µm
			Parámetros de operación	Cantidad de biocarbón	g
				Temperatura	°C
				Tiempo de exposición solar	h
				Irradiación solar	W/m ²
				Tiempo de retención	h
				Conductividad térmica	W/mK
DEPENDIENTE: Reducción de la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas-Casma.	El agua de mar se caracteriza por presentar alta salinidad en comparación con el agua potable, aguas residuales, etc. El agua de mar está compuesta en su mayoría por solución de iones, como el cloro, el magnesio y sulfatos. En la actualidad la salinidad se determina mediante la medición de la conductividad eléctrica (Barreiro, 2014, p. 9).	El agua de mar, Playa Tortugas - Casma, fue analizada en función a los parámetros físico - químicos del agua de mar y las características del agua tratada, que permitió determinar la eficiencia de reducción de la salinidad por medio de la medición de sus parámetros físico - químicos.	Parámetros físico - químicos del agua de mar	Temperatura	°C
				pH	-
				Conductividad Eléctrica	µS/cm
				Potencial Redox	mV
				Turbidez	NTU
				Cloruros	mgCl ⁻ /L
				Sodio	%
				Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L
				Fosfatos	mg/L
				OD	mgO ₂ /L
DQO	mgO ₂ /L				
DBO ₅	mgO ₂ /L				

				Sulfatos	mgSO ₄ ⁻ /L
				Sólidos Totales	mg/L
				Sólidos Disueltos	mg/L
		Parámetros físico - químicos del agua tratada		Temperatura	°C
				pH	-
				Conductividad Eléctrica	µS/cm
				Potencial Redox	mV
				Turbidez	NTU
				Cloruros	mgCl ⁻ /L
				Sodio	%
				Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L
				Fosfatos	mg/L
				OD	mgO ₂ /L
				DQO	mgO ₂ /L
				DBO ₅	mgO ₂ /L
				Sulfatos	mgSO ₄ ⁻ /L
				Sólidos Totales	mg/L
				Sólidos Disueltos	mg/L
			Eficiencia de reducción de salinidad	$\%RS = \frac{Si - Sf}{Si} \times 100$ Dónde: Si: Salinidad inicial Sf: Salinidad final %RS: Porcentaje de remoción de sales	%

2.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población estuvo representada por el cuerpo de agua de mar, Playa Tortugas, ubicado en el distrito Comandante Noel, provincia de Casma, departamento de Ancash. Se encuentra frente a la isla Los Chimus y la isla Tortuga.

Muestra

Se recolectó 30 litros de agua de mar, Playa Tortugas – Casma, para la experimentación y se dispuso 3 L como unidad de análisis.

Muestreo

El tipo de muestreo fue no probabilístico a conveniencia. El muestreo tuvo como guía la metodología establecida en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de Agua, lo que permitió datos confiables.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para obtener datos confiables y válidos, se diseñó instrumentos de recolección que permitieron alcanzar el propósito de la investigación y, estos a su vez, fueron revisados minuciosamente por expertos en la materia.

Técnica

La técnica de recolección de datos para la presente investigación fue la observación. La observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o conducta que manifiesta el objeto de estudio. Los análisis de los parámetros físicos - químicos del agua de mar y el agua tratada fueron determinados mediante métodos estandarizados (Tabla 4), que permitieron obtener resultados confiables.

Tabla 4. Métodos de determinación de parámetros físico-químicos

PARÁMETRO	MÉTODO	EQUIPO	REACTIVOS	MATERIALES
Humedad	ASTM D-2216(2010) /ISO 1170	Balanza analítica HWA-S Estufa Mufla EDYBE		Guantes Gorro Guardapolvo Crisol Pinza Espátula Pipeta graduada de 1 mL. Clase A Fiola aforada Bureta (25 mL) Probeta (100 mL) Balde (4 mL) Propipeta Frascos Winkler (300 mL) Caja térmica Matraz Erlenmeyer (250 mL) Vaso precipitado (150 mL)
Materia volátil	ASTM D-3175-2010			
Cenizas	ASTM D5142-2015			
Carbono fijo	ASTM D - 3172 -2015			
Poder calorífico	ASTM D-5865- 2015/ISO 210			
Tamaño de la partícula	Microscopia	Microscopio Electrónico de Barrido		
Temperatura	Potenciométrico	Multiparámetro con Agitador magnético EZDO PL - 700 AL- 2018		
pH				
Conductividad Eléctrica				
Potencial Redox		Medidor digital PH - 013		
Turbidez		Turbidímetro EZDO TUB - 430		
Cloruros	Método de Mohr		AgNO ₃	
Sodio	Espectrofotometría visible	Espectrofotómetro UV-VIS		
Sulfatos				
Fosfatos				
Alcalinidad	Fenolftaleína		H ₂ SO ₄ Fenolftaleína	
Oxígeno Disuelto	Winkler		MnSO ₄	
DQO	K ₂ Cr ₂ O ₇		Álcali yoduro - azida	
DBO ₅	Winkler		H ₂ SO ₄ Na ₂ S ₂ O ₃ Almidón Sulfato Ferroso Amoniacal H ₂ SO ₄ K ₂ Cr ₂ O ₇ Agua de dilución Sulfato Ferroso Amoniacal H ₂ SO ₄ K ₂ Cr ₂ O ₇	
Solidos Disueltos Totales	Físico	Balanza analítica HWA-S Estufa Mufla		

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos (Anexo 2) obtenidos de la experimentación y observación fueron:

- Ficha de datos 1: Ficha de Datos de campo
- Ficha de datos 2: Ficha de Características físicas del biocarbón activado de poda
- Ficha de datos 3: Ficha de Parámetros de operación
- Ficha de datos 4: Ficha de Parámetros físico – químicos del agua de mar
- Ficha de datos 5: Ficha de Parámetros físico – químicos del agua tratada
- Ficha de datos 6: Ficha de eficiencia de reducción de sales

Validez

Los instrumentos fueron evaluados por 03 profesionales de la Universidad César Vallejo (Tabla 5), con amplia experiencia en el tema desarrollado, ellos en base a sus conocimientos validaron los instrumentos descritos.

Tabla 5. Validación por juicio de expertos

Expertos	Porcentaje Promedio
Dr. Castañeda Olivera, Carlos	95%
Dr. Benites Alfaro, Elmer	95%
Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio	90%
Promedio	93,3 %

Confiabilidad

Para CORRAL (2008), existen instrumentos que no requieren de cálculo de confiabilidad, como las cadenas de custodia, listas de cotejo, hojas de registro y observación, entre otros; sin embargo, es necesario comprobar su validez a través del juicio de expertos (p. 245).

2.5. Procedimiento

La Figura 4 expone las principales etapas y procesos que se realizaron durante el desarrollo de la investigación, que tiene por inicio la delimitación del área de estudio y como paso final la caracterización del agua después del tratamiento.

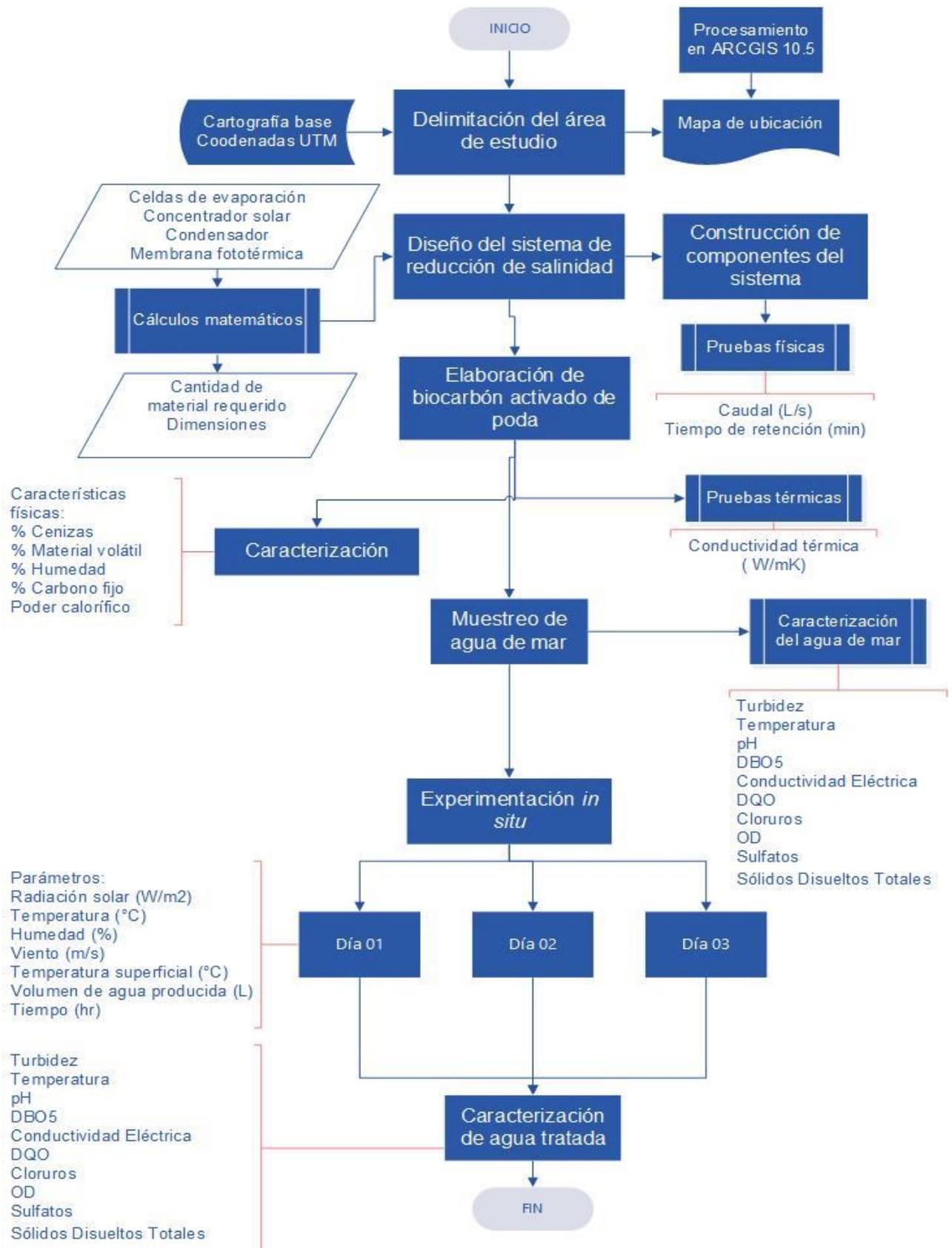


Figura 4. Procedimiento de la investigación

Etapa 1: Delimitación del área de estudio

Se realizó una visita de campo a la Playa Tortugas, y mediante un GPS se delimitó la zona de estudio. Las coordenadas se muestran en la Tabla 6. Así mismo, se realizó el mapa de ubicación representado en la Figura 5.

Tabla 6. Ubicación de área de estudio

Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
01	782522.3003	8963849.0014
02	783829.4506	8964134.6016
03	784064.2688	8963569.0536
04	782645.4378	782645.4378

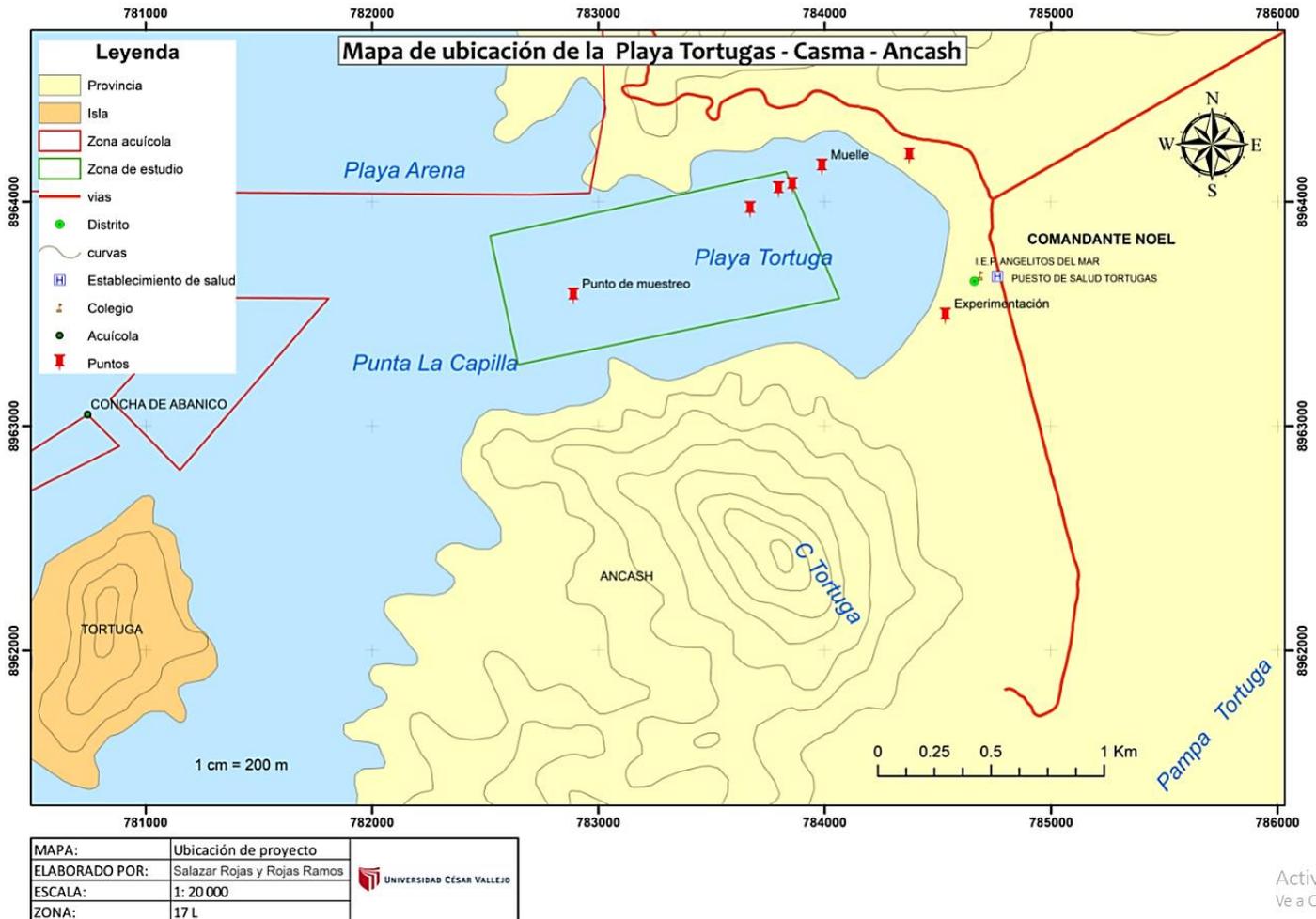


Figura 5. Mapa de ubicación de zona de estudio

Etapa 2: Diseño del sistema de reducción de salinidad

El sistema se compone de 06 partes que permitieron optimizar la reducción de la salinidad del agua de mar, estas se observan en la Figura 6.

1. Entrada de agua de mar
2. Celdas continuas de evaporación
3. Membrana fototérmica
4. Concentrador solar parabólico
5. Condensador
6. Colector de agua tratada

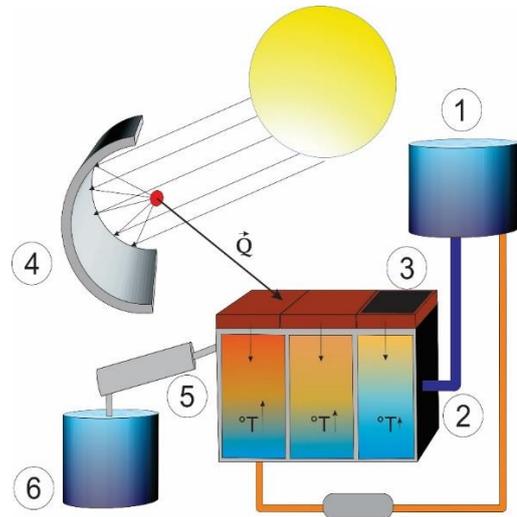


Figura 6. Sistema de reducción de salinidad de agua de mar

Prototipo piloto de reducción de salinidad

Basado en la primera ley de la termodinámica y el principio de Bernoulli, se inventó un modelo de un prototipo de 3 celdas continuas de acero inoxidable de 12 cm x 29.80 cm x 19.80 cm, para lograr el incremento de la temperatura del fluido hasta alcanzar el cambio de fase líquido-vapor. Así mismo, se diseñó 03 bandejas de cobre como soporte de la membrana fototérmica. Este modelo se plasmó en AutoCAD y posteriormente se construyó en un taller de soldadura.

Concentrador solar parabólico

La radiación solar es uno de factores principales para desarrollar esta investigación, es por ello que se diseñó un concentrador tipo parabólico que se fundamenta en el teorema de la longitud del arco y en la función de la parábola, se realizaron los cálculos mediante integrales definidas descritas a continuación:

Teorema de la Longitud del arco

La diferencial de la longitud del arco se infiere por medio del primer Teorema fundamental del cálculo, descubierto por Newton-Barrow y Leibniz, el cual proporciona un método simplificado para determinar integrales definidas (Purcell, Varberg y Rigdon, 2007).

$$L = \int_a^b \sqrt{1 + f'(x)^2} dx = \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$$

Integral

$$L = \int_a^b \sqrt{a^2 + x^2} dx = \frac{x}{2} \sqrt{a^2 + x^2} + \frac{a^2}{2} \ln(x + \sqrt{a^2 + x^2})$$

Función de la parábola

La función tiene relación con la función cuadrática, que fue empleado por primera vez por Diofanto de Alejandría (Santiago, 2009).

$$f(x) = y = \frac{x^2}{4a}$$

Derivada de la función

$$f'(x) = y' = \frac{dy}{dx} = \frac{2x}{4a} = \frac{x}{2a}$$

Solución

$$L = \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx = \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{x}{2a}\right)^2} dx$$

$$L = \int_0^{2a} \sqrt{1 + \left(\frac{x}{2a}\right)^2} dx = \int_0^{2a} \sqrt{1 + \frac{x^2}{4a^2}} dx$$

$$L = \int_0^{2a} \sqrt{\frac{4a^2 + x^2}{4a^2}} dx = \int_0^{2a} \sqrt{\frac{1}{4a^2} (4a^2 + x^2)} dx$$

$$L = \int_0^{2a} \frac{1}{2a} \sqrt{(4a^2 + x^2)} dx = \frac{1}{2a} \left[\int_0^{2a} \sqrt{(4a^2 + x^2)} dx \right]$$

$$L = \frac{1}{2a} \left[\frac{x}{2} \sqrt{4a^2 + x^2} + \frac{4a^2}{2} \ln(x + \sqrt{4a^2 + x^2}) \right]$$

$$L = \frac{1}{2a} \left[\frac{x}{2} \sqrt{4a^2 + x^2} + 2a^2 \ln(x + \sqrt{4a^2 + x^2}) \right]$$

$$L = \lim_{0 \rightarrow 2a} \left(\frac{x}{2} \sqrt{4a^2 + x^2} + 2a^2 \ln(x + \sqrt{4a^2 + x^2}) \right)$$

$$L = \frac{1}{2a} \left[\frac{2a}{2} \sqrt{4a^2 + (2a)^2} + 2a^2 \ln(2a + \sqrt{4a^2 + (2a)^2}) - \frac{0}{2} \sqrt{4a^2 + (0)^2} + 2a^2 \ln(0 + \sqrt{4a^2 + (0)^2}) \right]$$

$$L = \frac{1}{2a} \left[a\sqrt{4a^2 + 4a^2} + 2a^2 \ln(2a + \sqrt{4a^2 + 4a^2}) - \emptyset + 2a^2 \ln(\sqrt{4a^2}) \right]$$

$$L = \frac{1}{2a} \left[a\sqrt{8a^2} + 2a^2 \ln(2a + \sqrt{8a^2}) - 2a^2 \ln(\sqrt{4a^2}) \right]$$

$$L = \frac{1}{2a} \left[a\sqrt{8a^2} + 2a^2 \ln(2a + \sqrt{8a^2}) - 2a^2 \ln(2a) \right]$$

$$L = \frac{a\sqrt{8a^2}}{2a} + \frac{2a^2 \ln(2a + \sqrt{8a^2})}{2a} - \frac{2a^2 \ln(2a)}{2a}$$

$$L = \frac{\sqrt{8a^2}}{2} + a \ln(2a + \sqrt{8a^2}) - a \ln(2a)$$

$$L = \frac{2a\sqrt{2}}{2} + a \ln(2a + 2a\sqrt{2}) - a \ln(2a) = a\sqrt{2} + a \ln(2a + 2a\sqrt{2}) - a \ln(2a)$$

$$L = a\sqrt{2} + a \ln(2a(1 + \sqrt{2})) - a \ln(2a)$$

$$L = a(\sqrt{2} + \ln(2a(1 + \sqrt{2}))) - \ln(2a)$$

De la función tenemos:

Por ser una solución con una variable sustituible, se tomó el valor aproximado a las dimensiones del largo de las celdas del prototipo.

$$a = 10 ; y = \frac{(20)^2}{4(10)}; \quad 2a = 20; \quad y = 10$$

Distancia focal	Longitud del Arco
10	45.91174299

Reemplazando los valores en la función de la parábola tenemos la siguiente grafica mostrada en la Figura 7.

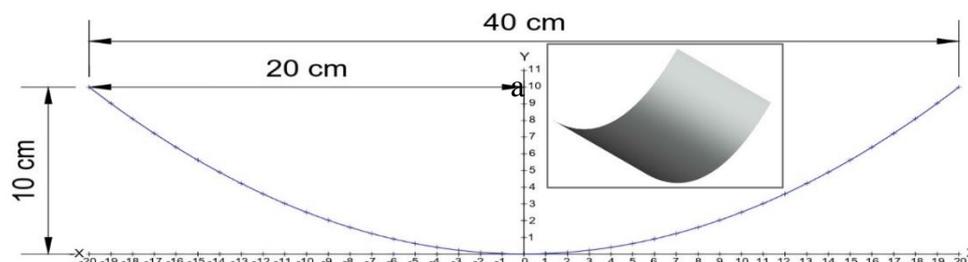


Figura 7. Gráfica de la parábola del concentrador solar. (a) Representación en 3D.

La construcción del concentrador parabólico se detalla en la Figura 8. El material empleado fue triplay, se cortó la base de la parábola con una distancia focal de 10 cm y el lado recto de 40 cm. La superficie de la parábola se compuso de 15 tiras de 45x3 cm de triplay, que fueron cortadas y forradas con cinta adhesiva de aluminio.

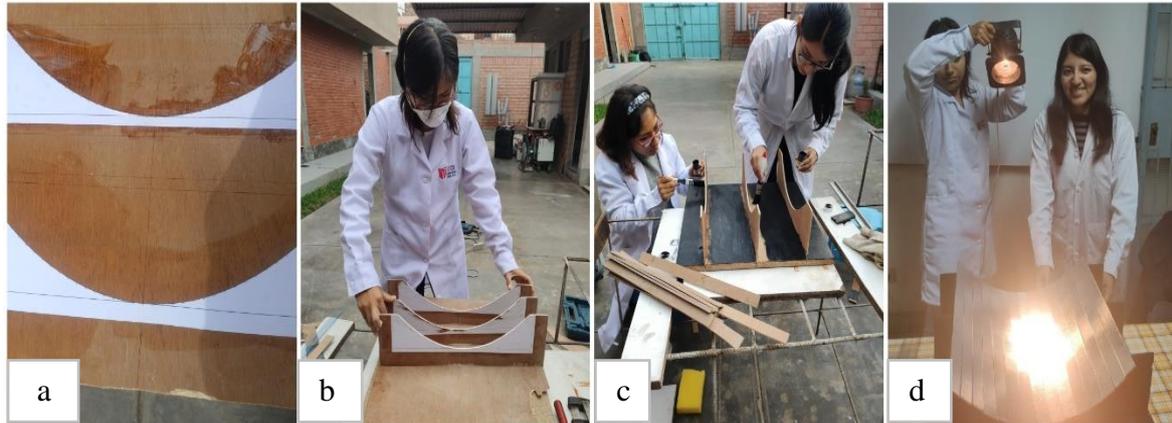


Figura 8. Construcción del concentrador solar parabólico. a) Recorte del triplay, b) armado de la base del concentrador solar, c) pintado y armado del concentrador solar y d) prueba de reflexión solar con un foco direccional.

Etapas 3: Elaboración del biocarbón activado de poda

En relación al material fotoabsorbente, se decidió optar por la elaboración como se muestra en la Figura 9, para ello se utilizó 30 kg de biomasa de poda seca de Ponciana del Parque Nacional Antonio Raimondi.



Figura 9. Elaboración de biocarbón activado de poda. a) Llenado del horno pirolizador, b) sellado del horno, c) extracción del biocarbón hecho en 04 horas por pirolisis lenta a 500°C – 600°C, d) estabilización del biocarbón antes de ser activado y e) biocarbón activado en proceso de molienda.

Etapa 4: Caracterización del material fototérmico

Se realizó la caracterización física del biocarbón activado como se muestra en la Figura 10.

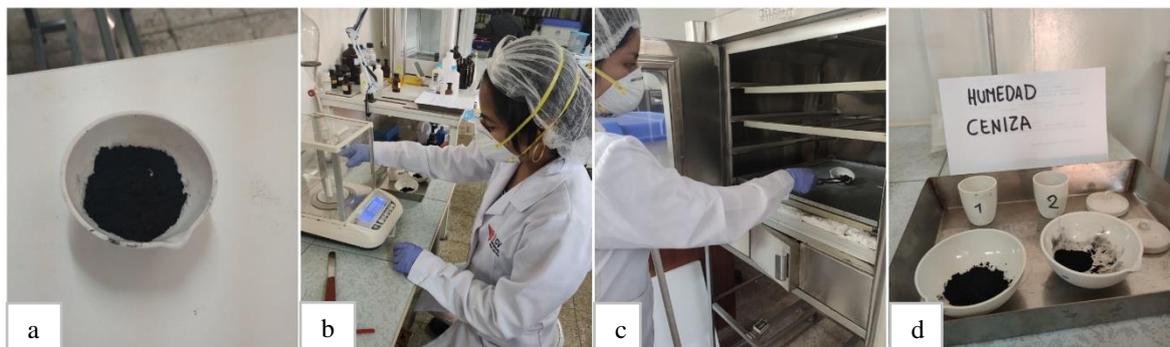


Figura 10. Caracterización del biocarbón activado. a) Muestra inicial, b) pesado inicial y final, c) muestra retirada de la estufa y d) muestras analizadas.

Humedad

El porcentaje de la humedad se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(W_{\text{agua}}) \times 100}{W_{\text{carbón}}}$$

Dónde H es la humedad relativa y W es el peso de la muestra

En la Tabla 7, se presenta los valores obtenidos de la determinación de la humedad del biocarbón activado.

Tabla 7. Porcentaje de humedad

Ítem	Peso del crisol	Peso del crisol + Muestra	Peso del crisol + Muestra a 105°C	Peso de Muestra	%Humedad
1	44,528	46,325	46,144	1,797	10,07
1.1	48,397	50,776	50,537	2,379	10,04

Materia volátil

El porcentaje de materia volátil se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia volátil} = \frac{W_{\text{materia volátil}}(100\%)}{W_{\text{carbón}}}$$

En la Tabla 8, se muestra los valores obtenidos de la determinación de la materia volátil.

Tabla 8. Porcentaje de materia volátil

Ítem	Peso del crisol	Peso del crisol + Muestra	Peso del crisol + Muestra a 900°C- 7mín	Peso de Muestra	%MV
1	24,585	25,390	25,279	0,805	13,78
1.1	26,993	27,760	27,658	0,767	13,29

Ceniza

El porcentaje de ceniza se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{W_{\text{ceniza}} \times W_{\text{carbón}} (100\%)}{W_{\text{muestra}}}$$

En la Tabla 9, se expone los valores obtenidos de la determinación de cenizas en el biocarbón activado. El promedio fue de % 55,65.

Tabla 9. Porcentaje de cenizas

Ítem	Peso del crisol	Peso del crisol + Muestra	Peso del crisol + Muestra a 900°C- 1h	Peso de Muestra	%Ceniza
1	24,585	25,390	25,034	0,805	55,77
1.1	26,993	27,760	27,419	0,767	55,54

Carbono Fijo

El porcentaje de carbono fijo se calculó mediante la siguiente fórmula que está relacionada con el resultado de materia volátil.

$$\% \text{ Carbono Fijo} = 100 - (\% \text{ Ceniza} + \% \text{ MV})$$

$$\% \text{ Carbono Fijo} = 100 - (55,65\% + 13,78\%)$$

$$\% \text{ Carbono Fijo} = 3656\%$$

Poder calorífico (PC)

El poder calorífico se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$PC = (\text{Factor de poder calorífico})(\%CF) + (\text{Factor de poder calorífico})(\%MV)$$

$$PC = (82)(\%CF) + (120)(\%MV)$$

$$PC = 4150,5 \text{ Kcal/Kg}$$

Para mejorar el tratamiento se realizaron pruebas térmicas con diferentes cantidades de biocarbón activado, 70 g, 100 g y 150 g. Las pruebas se realizaron durante 10 minutos y los valores obtenidos se muestran en la Tabla 10, donde el valor más alto fue de 68°C y se utilizó para conocer la transmitancia térmica del material fotoabsorbente.

Tabla 10. Prueba térmica de biocarbón activado de poda

Cantidad	N° Celda	Temperatura (°C)	
		Biocarbón	Agua
70 g	C1	31	24
	C2	55	24
	C3	44	24
100 g	C1	22	24
	C2	66	24
	C3	35	24
150 g	C1	31	25
	C2	68	25
	C3	32	25

Posteriormente se halló la **transmitancia térmica**, se aplicó la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{Rt}$$

Dónde:

$$RT = Rsi + R1 + R2 + Rse$$

Rsi = Resistencia Térmica Superficial Interior (UNE EN ISO 10 456:2001)

$$Rsi = 0,04$$

Rse = Resistencia Térmica Superficial Exterior (UNE EN ISO 10 456:2001)

$$R_{se} = 0,07$$

R1 = Resistencia Térmica del biocarbón activado

R2 = Resistencia Térmica del cobre

Reemplazando tenemos que la Transmitancia térmica de la membrana fototérmica de biocarbón activado de poda es:

$$U = \frac{1}{0,11 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 9,08 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Para calcular la **resistencia térmica** de cada material (Tabla 11), se aplicó la siguiente fórmula:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Donde:

e = Espesor del Material (m)

λ = Conductividad Térmica del Material (W/Km)

Tabla 11. Resistencia térmica del biocarbón activado de poda

Código	Espesor (m)	λ (W/mK)	Resistencia Térmica (W/m²K)
R1	0,015	345,2	0,00004
R2	0,005	372,1	0,00001

La **conductividad térmica** (Tabla 12), se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\lambda = \frac{W}{mK}$$

Donde:

W= Amperio x Voltio

m= Distancia

K= Temperatura

Tabla 12. Conductividad térmica del biocarbón activado de poda

Código	A	V	Watts (W)	Distancia (m)	Temperatura (K)	Conductividad térmica (W/Km)
B-150g	5,35	220	1177	0,01	341	345,16

Etapa 5: Muestreo y caracterización del agua de mar

En la Tabla 13, se describe la fecha, el volumen y la ubicación exacta del punto donde se recolectó la muestra.

Tabla 13. Coordenadas punto de muestreo de agua de mar

Código	Coordenadas UTM			Fecha	Hora	Muestra (L)
	Este	Norte	Zona			
AM-PTC	783670,78	8963964,12	17 L	26/10/19	2:00 p.m.	30

Caracterización del agua de mar

Siguiendo la guía de Métodos Normalizados para las pruebas de agua y agua residuales (APHA, 2012) Se realizó la medición de los parámetros físico - químicos del agua de mar, mediante el Método Potenciométrico. El primer paso fue la calibración del Multiparámetro - Agitador magnético (EZDO PL - 700 AL- 2018), Medidor digital PH – 013 y Turbidímetro (EZDO TUB – 430), seguidamente se colocó el electrodo correspondiente en la muestra de agua y procedió a dar lectura.

Los parámetros químicos como los cloruros se realizaron mediante el Método de Mohr. Se tomó 100 mL de agua de mar, se adicionó $K_2Cr_2O_7$ y se tituló con $AgNO_3$. Finalmente, se aplicó la fórmula referida del método:

$$\frac{mg\ Cl^-}{L} = \frac{(Vg)(N_{AgNO_3})(1000)}{V_{muestra\ (mL)}}$$

Los valores de los Sulfatos, se obtuvieron mediante el método de espectrometría visible. Se determinó la concentración de sulfatos mediante la siguiente fórmula:

$$K = \frac{\text{Promedio de lecturas}}{\text{Estándar del sulfato (20ppm)}}$$

$$Ab = 2 - \text{Log}(\% T) = 2 - \text{Log}(50\%) = 62,19$$

$$C = \frac{Ab}{K} = C = \frac{62,19}{0,00484} = 3313,48 \text{ mg SO}_4^-/\text{L}$$

Dónde:

λ : Longitud de onda (510 nm)

Ab: Absorbancia

T: Transmitancia

C: Concentración

Los valores de la alcalinidad, se obtuvieron mediante el método de la fenolftaleína, se tomó 50 mL de agua de mar, se valoró con H_2SO_4 y se tituló con fenolftaleína. Finalmente se aplicó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg CaCO}_3}{L} = \frac{(Vg)(N_{\text{H}_2\text{SO}_4})(50\ 000)}{V_{\text{muestra (mL)}}$$

$$\frac{\text{mg CaCO}_3}{L} = \frac{(6\text{mL})(0,0196\ \text{N})(50\ 000)}{50\text{mL}} = 11,76 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$$

Los valores del oxígeno disuelto se lograron por medio del Método Winkler, se tomó 100 mL de agua de mar en un frasco winkler y se tituló con Tiosulfato de potasio. Finalmente se empleó la fórmula:

$$OD \left(\frac{\text{mg O}_2}{L} \right) = \frac{(Vg_{\text{KIO}_3})(N_{\text{KIO}_3})(8\ 000)(V_{\text{Winkler}})}{(V_{\text{muestra (mL)}})(V_{\text{Winkler}} - 2)}$$

$$OD \left(\frac{\text{mg O}_2}{L} \right) = \frac{(2,8\ \text{mL})(0,02551\ \text{N})(8\ 000)(300\text{mL})}{(100\text{mL})(300\text{mL} - 2)}$$

$$OD \left(\frac{\text{mg O}_2}{L} \right) = 5,75 \text{ mgO}_2/\text{L}$$

Los valores obtenidos de la Demanda Química de Oxígeno se obtuvieron mediante el Método del $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, se trabajó con 3 mL de agua de mar y agua destilada (V_{BK}) se le añadió $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ Y H_2SO_4 , la muestra fue sometida a digestión en una caja térmica por 2 horas; transcurrido el

tiempo se dejó enfriar, se trasvaso a un matraz de Erlenmeyer, se adicionó ferroína y se tituló con Sulfato Amónico Ferroso. Finalmente se aplicó la fórmula:

$$DQO \left(\frac{mg O_2}{L} \right) = \frac{(Vg_{BK} - Vg_{SAF})(N_{SAF})(8\ 000)}{V_{muestra} (mL)}$$

$$DQO \left(\frac{mg O_2}{L} \right) = \frac{(4mL - 3,9mL)(0,1923N)(8\ 000)}{3mL}$$

$$DQO \left(\frac{mg O_2}{L} \right) = 51,28mgO_2/L$$

Los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, que se obtuvieron mediante el Método Winkler. Se realizaron los siguientes cálculos:

$$DBO_5 \left(\frac{mg O_2}{L} \right) = \frac{(Vg_{KIO_3})(N_{KIO_3})(8\ 000)(V_{Winkler})}{(V_{muestra} (mL))(V_{Winkler} - 2)}$$

$$DBO_5 \left(\frac{mg O_2}{L} \right) = \frac{Oxígeno\ Disuelto\ Inicial - Oxígeno\ Disuelto\ Final}{Porcentaje\ de\ dilución}$$

$$DBO_5 \left(\frac{mg O_2}{L} \right) = \frac{6,16\ mgO_2/L - 4,11mgO_2/L}{10}$$

$$DBO_5 \left(\frac{mg O_2}{L} \right) = 20,5$$

Los Sólidos Totales se cuantificaron mediante el método físico en la Tabla 14, se colocó 100 mL de la muestra en un vaso precipitado para Sólidos Totales y otra muestra para Sólidos disueltos que fue filtrada, ambas fueron llevadas a la plancha de digestión, se dejó calentar, enfriar, desecar y se pesó. Finalmente se aplicaron las fórmulas.

$$ST = \frac{(Peso\ del\ vaso + Muestra\ seca\ 105^{\circ}C) - (Peso\ del\ vaso\ seco\ 105^{\circ}C)(1000)}{V_{muestra} (mL)}$$

$$SST = ST - SD$$

Tabla 14. Parámetros físicos del Agua de Mar – Playa Tortugas – Casma

Código	Vaso seco 105°C (g)	Vaso + muestra seca 105°C (g)	Muestra (mL)	Concentración de Sólidos (mg/L)
Sólidos totales (ST)	63.200	67.046	100	38,460
Sólidos disueltos (SD)	69.370	73.049	100	36,790
Sólidos suspendidos totales (SST)	38,460	36,790	100	1670

Etapas 6: Tratamiento de reducción de la salinidad

Se instaló el sistema de reducción de la salinidad, tal como se observa en la Figura 11, se tomó en cuenta la nivelación del prototipo para mantener un flujo constante en todo el tratamiento, seguidamente se determinó el caudal para mejorar el tiempo de retención del prototipo.



Figura 11. Sistema de reducción de la salinidad

Se puede observar en la Figura 12, el funcionamiento del sistema, desde el llenado con agua de mar hasta la recolección del agua tratada. Los componentes, específicamente, se detallan en la Figura 6.

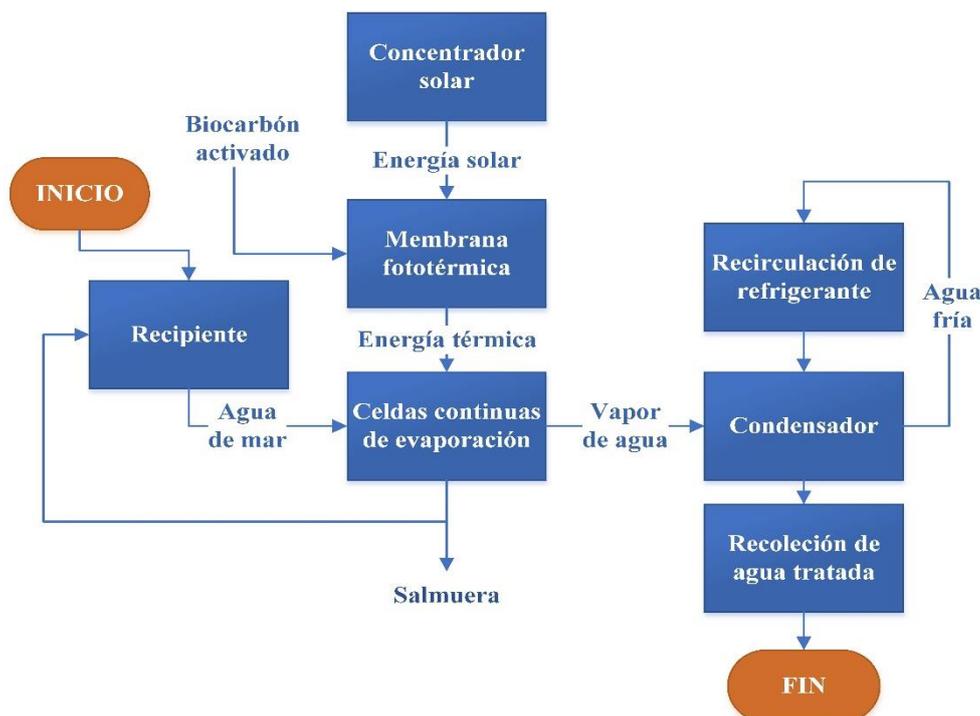


Figura 12. Diagrama de funcionamiento del sistema de reducción de la salinidad

Se realizaron 03 pruebas de caudal mediante el método volumétrico. Se utilizó una probeta graduada de 1L y se midió el tiempo cada 100 mL. Los valores obtenidos se detallan en la Tabla 15, donde el mayor caudal fue de 5,47 L/h. Así mismo, se calculó el tiempo de retención del prototipo para las 03 pruebas realizadas, obteniéndose 6,25 h de TR más alto y 0,55h de TR más bajo.

Tabla 15. Determinación del caudal de operación

N° Medición	Volumen (L)	Tiempo (h)		
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
1	0,1	0,054	0,041	0,018
2	0,2	0,186	0,091	0,036
3	0,3	0,362	0,141	0,055
4	0,4	0,551	0,174	0,072
5	0,5	0,786	0,219	0,091
6	0,6	1,051	0,267	0,109
7	0,7	1,253	0,331	0,127
8	0,8	1,507	0,393	0,146
9	0,9	1,863	0,471	0,164
10	1,0	2,083	0,557	0,183
Caudal (L/h)		0,48	1,80	5,47

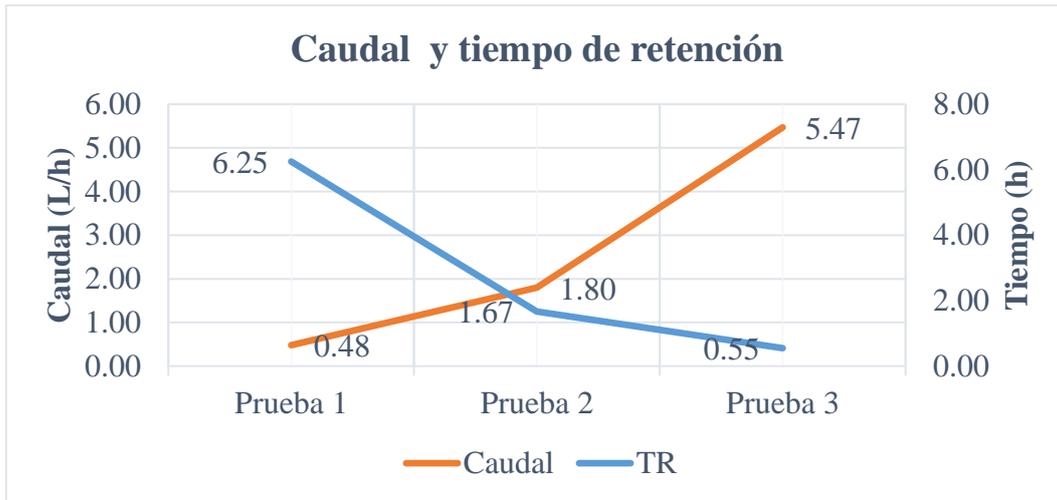


Figura 13. Determinación del caudal y tiempo de retención

Durante la experimentación en la Playa Tortugas – Casma (Figura 14), se instaló el sistema de reducción de la salinidad, se ajustó al caudal hallado en gabinete, se buscó el ángulo adecuado para ubicar el concentrador solar y se mantuvo un flujo constante de agua de enfriamiento al condensador. El proceso se dio de 8:00 a.m. a 4:00 p.m., durante este período se midió parámetros meteorológicos y la temperatura superficial del material fotoabsorbente a cada hora por 3 días. Las horas de producción de agua tratada fueron de 11:00 am a 2:00 pm, en este periodo se logró obtener un total de 3,3L el primer día, 3,9L el segundo día y 3,2L el tercer día. Se observa en la Tabla 21 (ver Anexo 6) los valores de la temperatura superficial de la membrana fototérmica, donde la temperatura máxima fue de 132°C reportado el segundo día de tratamiento. La radiación solar alcanzó los 0,98KW/m² a las 12:00 pm y la humedad relativa 49 %.



Figura 14. Tratamiento in-situ de reducción de la salinidad

Etapa 7: Caracterización del agua tratada

La muestra recolectada de agua tratada, después de la experimentación, fue caracterizada para poder comparar las variaciones en las características del agua de mar, Playa Tortugas – Casma. Inicialmente, se midieron los parámetros físico - químicos mediante el mismo procedimiento de la caracterización inicial del agua de mar.

2.6. Métodos de análisis de datos

Los datos provenientes del proceso de observación, fueron organizados y analizados con la estadística descriptiva. Este análisis permitió entender las peculiaridades del grupo de estudio. Posterior a ello, las dimensiones de la variable dependiente e independiente se compararon mediante cuadros en Excel y se presentaron gráficamente.

Por otro lado, los datos obtenidos fueron procesados usando estadísticos de prueba, a través del software IBM SPSS.

2.7. Aspectos éticos

Los investigadores de la presente investigación se comprometieron a mantener un comportamiento profesional y ético con la finalidad de obtener y presentar la veracidad de los resultados. Asimismo, la investigación respetó el reglamento de investigación, código de ética y la resolución rectoral N° 0089-2019 de la Universidad César Vallejo. También, la tesis fue sometida al software Turnitin, para verificar su originalidad.

III. RESULTADOS

Características del biocarbón activado de poda (Ponciana)

En la Tabla 16 se muestran los valores de las principales propiedades físicas del biocarbón activado.

Tabla 16. Características físicas del biocarbón activado de poda

Parámetro	Unidad de medida	Ponciana
Humedad	%	10,7
Material volátil	%	13,78
Cenizas	%	55,77
Carbono fijo	%	30,45
Poder calorífico	Kcal/Kg	4150,5
Tamaño de partícula	µm	44
Tiempo de elaboración	h	3

Del total de la masa del biocarbón, el 55,65% se convierte en cenizas al ser elevado a temperaturas $> 700^{\circ}\text{C}$, este porcentaje evidencia la cantidad de residuo sólido que persiste tras una combustión total. Por otro lado, se tiene un contenido de carbono fijo más bajo que otras biomásas, es decir la materia mineral presente en el biocarbón activado está representado por un 30,81 % y posee un poder calorífico de 4150,5 Kcal/Kg, cifra referente a la cantidad de energía térmica que se producirá en la combustión. El tamaño de partícula fue de 44 µm, clasificándose como un biocarbón activado en polvo.

Resultados iniciales y finales de los parámetros físico-químicos

De acuerdo a los objetivos planteados, se demuestra mediante los resultados la mejor de los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, Playa Tortugas– Casma, utilizando una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda.

Temperatura:

En la Figura 15 se puede observar los resultados de temperatura para la muestra de agua de mar y su tratamiento durante 3 días. En el Día 01 se obtuvo un aumento de temperatura de 17,8 a 18,8°C, de igual manera en el Día 02 y 03, la temperatura aumentó a 18,05 °C y 18,04°C, respectivamente.

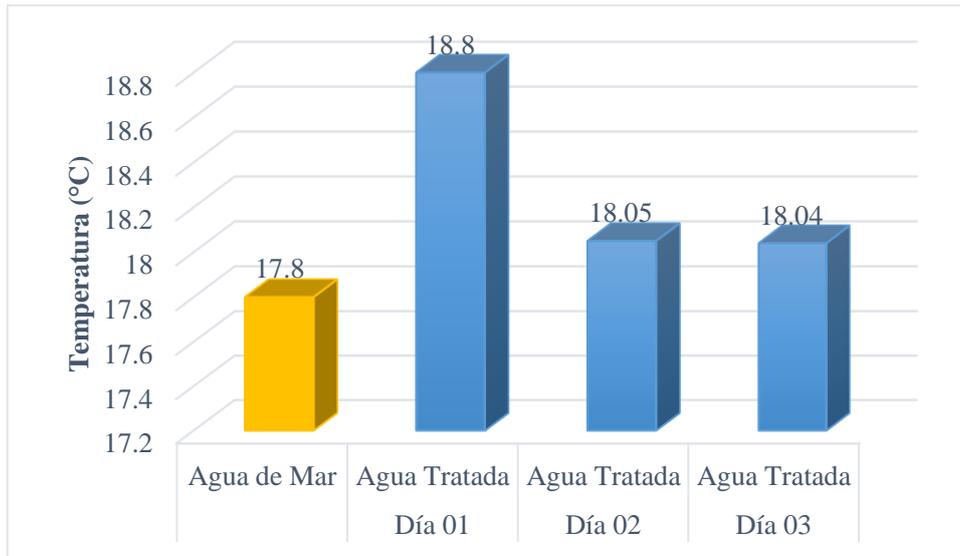


Figura 15. Resultados de temperatura

pH:

En la Figura 16 se observan los resultados de pH para la muestra de agua de mar y su tratamiento durante 3 días. En el Día 01 se obtuvo una reducción de pH de 8,1 a 6,65, en el Día 02 y 03, se mantuvo un pH de 7.

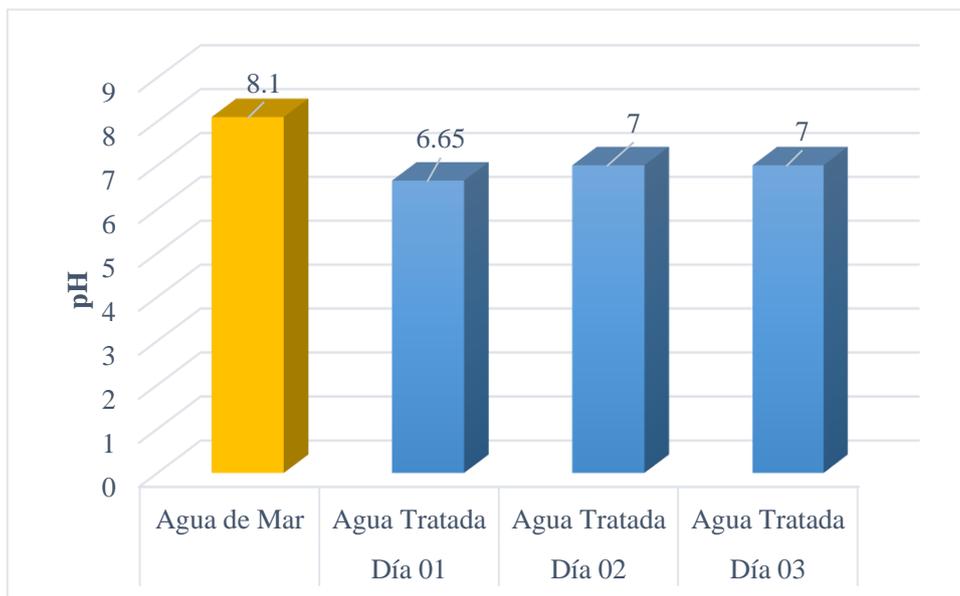


Figura 16. Resultados de pH

Conductividad Eléctrica:

En la Figura 17 se observan, los resultados de la conductividad eléctrica para la muestra de agua de mar y su tratamiento durante 3 días. El Día 01 se obtuvo la reducción de 50800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 4530 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de igual manera, en el Día 02 y 03, hubo una reducción a 4545 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 4540 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente.

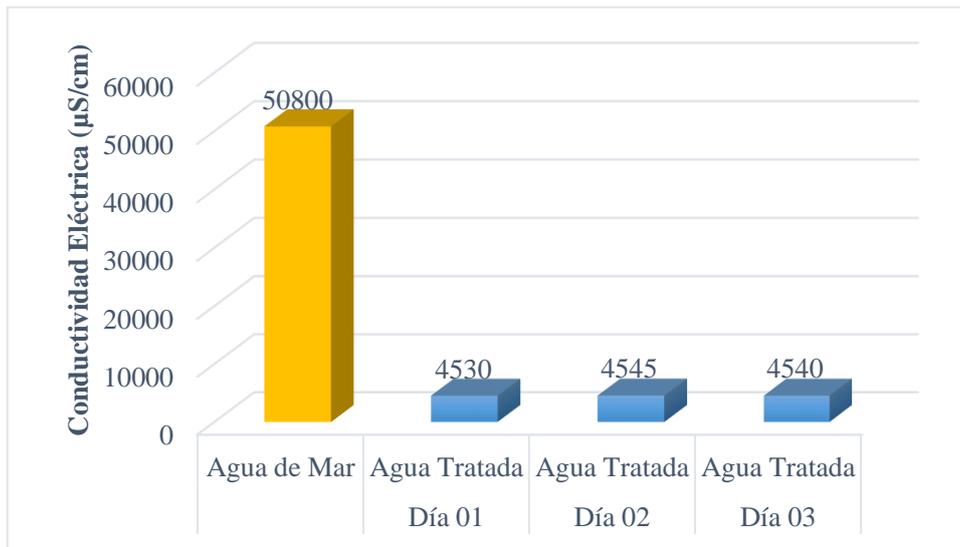


Figura 17. Resultados de conductividad eléctrica

Potencial Redox:

En la Figura 18, se puede observar los resultados del potencial redox para la muestra de agua de mar y su tratamiento durante 3 días. En el Día 01 se logró una reducción de potencial redox de 215 mV hasta 180 mV, mientras que en el Día 02 y 03, se logró 185 mV para ambos días

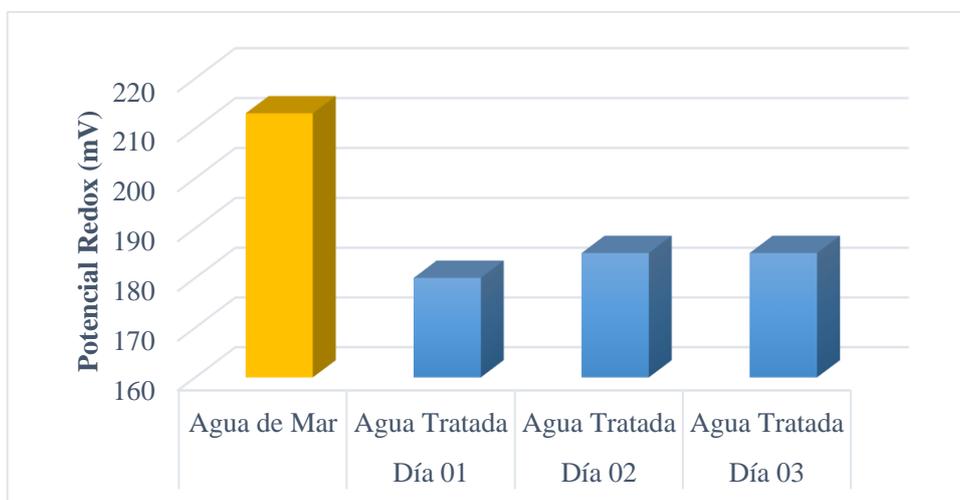


Figura 18. Resultados de potencial Redox

Turbidez:

Los niveles de turbidez del agua de mar tratada (Figura 19), en el Día 01, disminuyó de 7,5 NTU hasta 7 NTU, esta disminución se le atribuye al uso de la membrana fototérmica de biocarbón activado de poda. En el Día 02 la turbidez se redujo a 6,95 NTU y el Día 03 a 6,99 NTU.

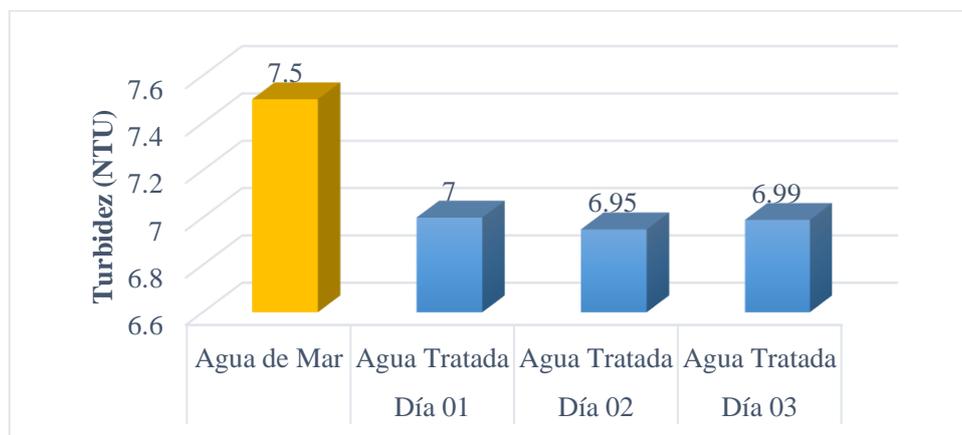


Figura 19. Resultados de turbidez

Cloruros:

El parámetro cloruros de la muestra de agua de mar, presentó una concentración de 19.505,50 mg Cl⁻/L, mientras que los valores obtenidos después del Día 01, Día 02 y Día 03 de tratamiento (Figura 20), disminuyeron significativamente a 28,614 mg Cl⁻/L, 28,601 mg Cl⁻/L y 28,6 mg Cl⁻/L, respectivamente. Esto sucedió debido al cambio de fase líquido-vapor experimentado durante el tratamiento, que permitió la evaporación del agua.

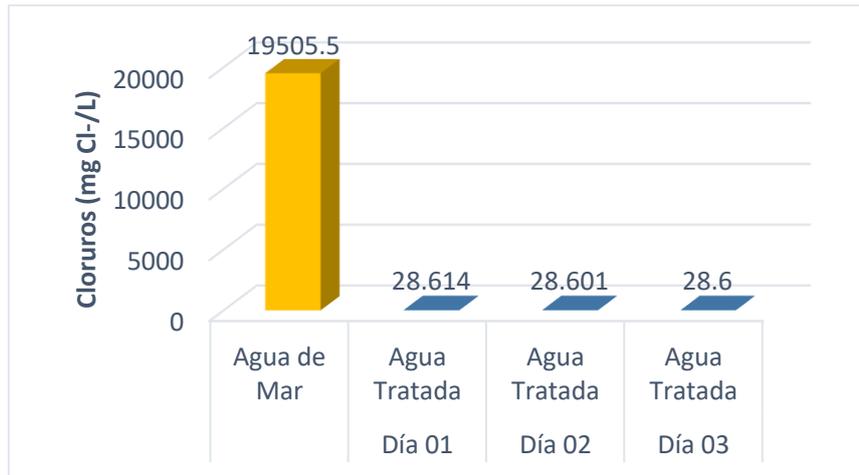


Figura 20. Resultados de cloruros

Sodio:

En la Figura 21 se puede observar que las concentraciones finales de sodio de la muestra de agua de mar tratada variaron de acuerdo a la concentración inicial que fue 23,4%, el resultado para el Día 01 fue de 12,3%, el Día 02 se redujo a 12,29% y el Día 03 a 12,31%, presentando una ligera entre sí.

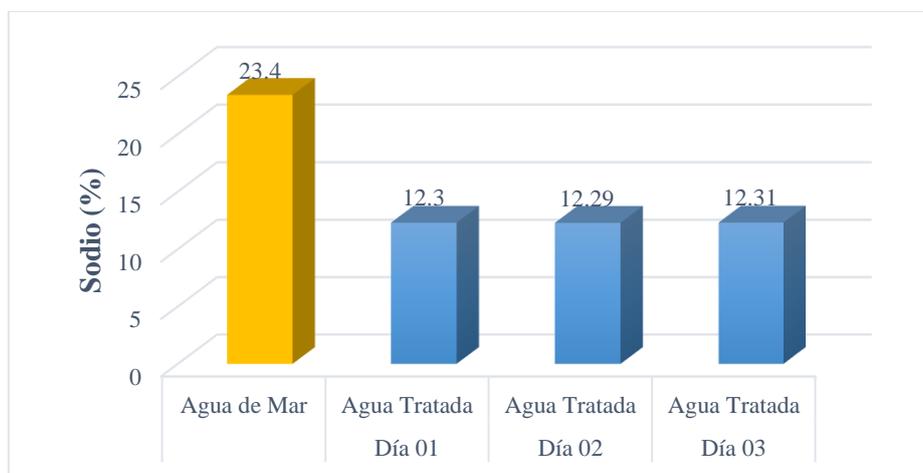


Figura 21. Resultados de sodio

Alcalinidad:

En cuanto a la alcalinidad del agua de mar tratada, se obtuvieron las siguientes cantidades para los 3 días de tratamiento (Figura 22). El Día 01 se obtuvo una reducción de 11,76 mgCaCO₃/L a 5,88 mgCaCO₃/L, el día 02 y 03, los valores llegaron hasta 6 mgCaCO₃/L y 6,04 mgCaCO₃/L, respectivamente.

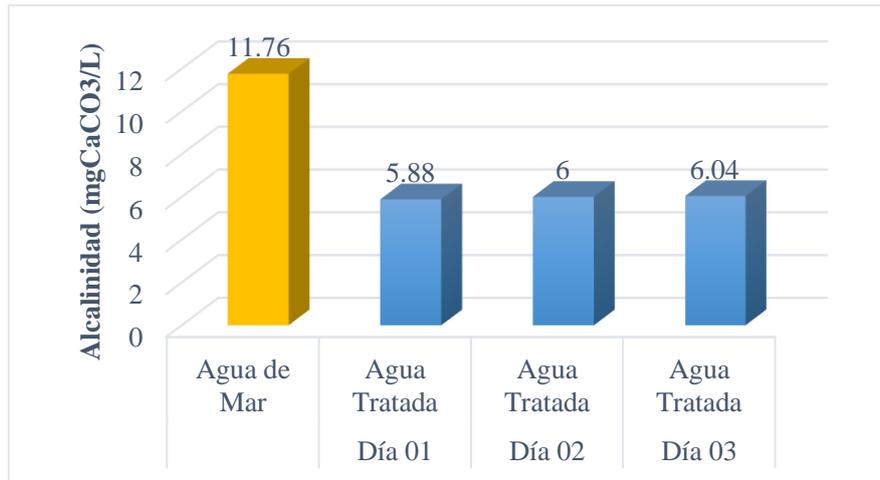


Figura 22. Resultados de alcalinidad

Fosfatos:

Se puede observar en la Figura 23, los resultados de la concentración de fosfatos en la muestra de agua de mar y después del tratamiento de 3 días. En el Día 01 se obtuvo una reducción de 123,75 a 67,5 mg/L, de igual manera en el Día 02 y 03, la concentración de fosfatos se redujo a 67,63 mg/L y 67,66 mg/L, respectivamente.

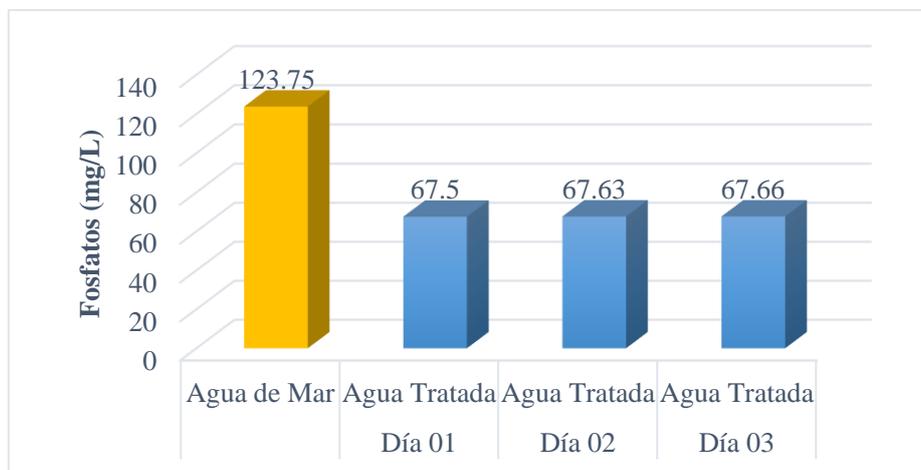


Figura 23. Resultados de fosfatos

Oxígeno Disuelto:

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua de mar (Figura 24), fue de 5,75 mgO₂/L antes del tratamiento, mientras que después del Día 01, 02 y 03 de tratamiento, las cantidades aumentaron a 5,95 mgO₂/L, 6 mgO₂/L y 6,05 mgO₂/L, correspondientemente. Por tanto, los

resultados mostrados después del tratamiento son indicadores de mejora en la calidad del agua.

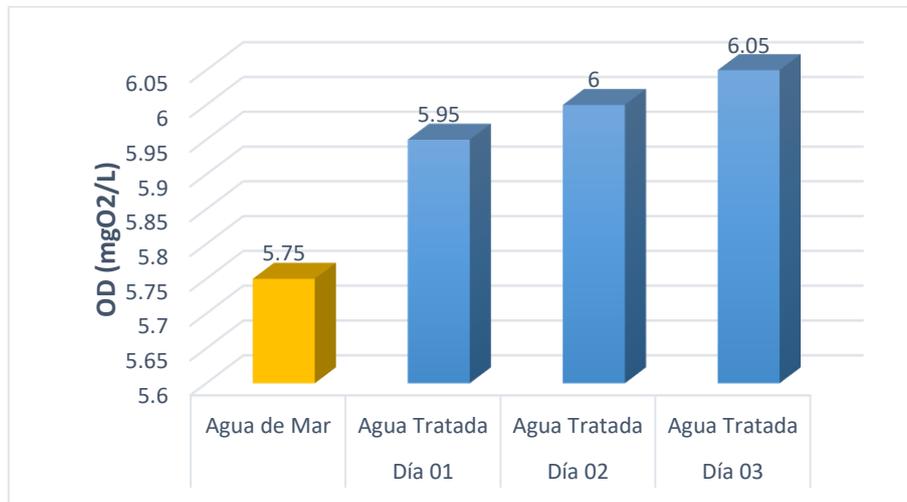


Figura 24. Resultados de oxígeno disuelto

Demanda Química de Oxígeno:

Se puede observar en la Figura 25, los resultados de la cantidad de la demanda química de oxígenos de la muestra de agua de mar y su tratamiento durante 3 días. En el Día 01 se incrementó de 51,28 a 102,56 mgO₂/L, de igual manera en el Día 02 y 03, aumentó la cantidad de DQO a 100 mgO₂/L y 100,09 mgO₂/L, respectivamente.

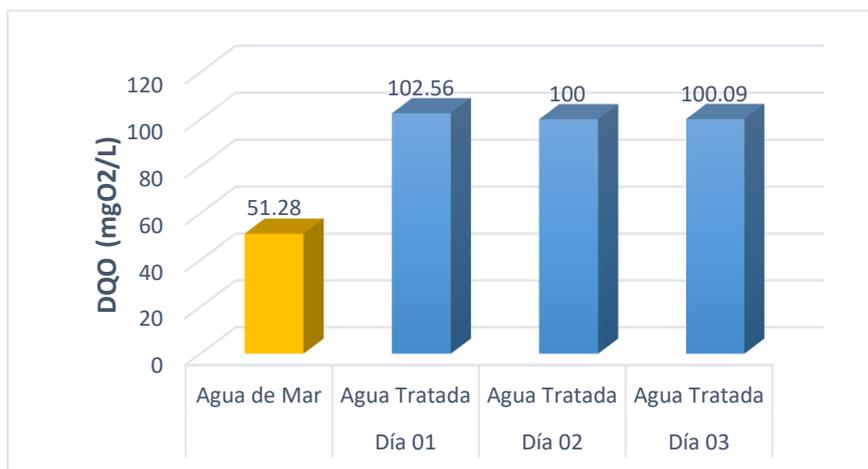


Figura 25. Resultados de DQO

Demanda Bioquímica de Oxígeno:

En la Figura 26, se observan los resultados de la cantidad de la demanda bioquímica de oxígeno en la muestra de agua de mar y su tratamiento durante 3 días. En el Día 01 aumentó de 20,5 a 42,67 mgO₂/L, en el Día 02 y 03, aumentó a 40,65 mgO₂/L y 40,7 mgO₂/L, correspondientemente.

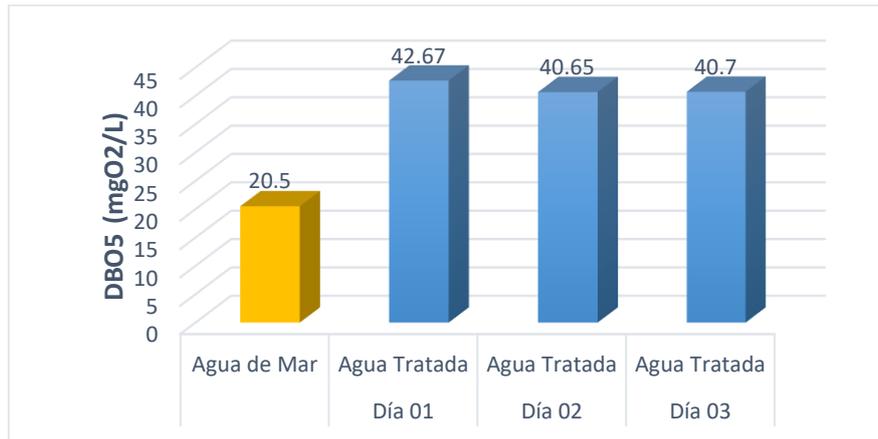


Figura 26. Resultados de DBO₅

Sulfatos:

En la Figura 27, se muestran los resultados de la concentración de sulfatos en la muestra de agua de mar y su tratamiento durante 3 días. En el Día 01 se obtuvo una reducción de 3313,48 a 11,078 mgSO₄⁼/L, en el Día 02 y 03, disminuyó a 11,055 mgSO₄⁼/L y 11,045 mgSO₄⁼/L, respectivamente.

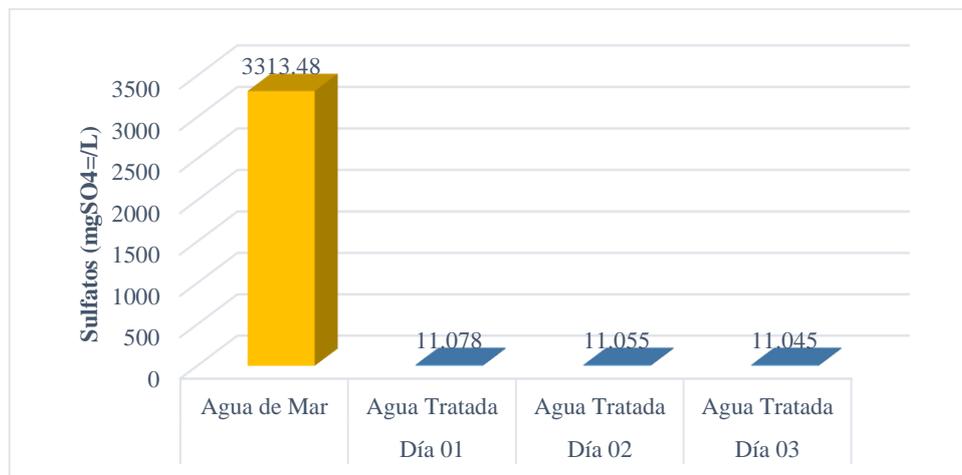


Figura 27. Resultados de sulfatos

Sólidos Totales:

Se puede observar en la Figura 28, los resultados de la cantidad de sólidos totales en la muestra de agua de mar y su tratamiento durante 3 días. En el Día 01 se obtuvo una reducción de 38,46 a 14,6 mg/L, de igual manera en el Día 02 y 03, la cantidad de sulfatos redujeron a 14,59 mg/L y 14,57 mg/L, respectivamente.

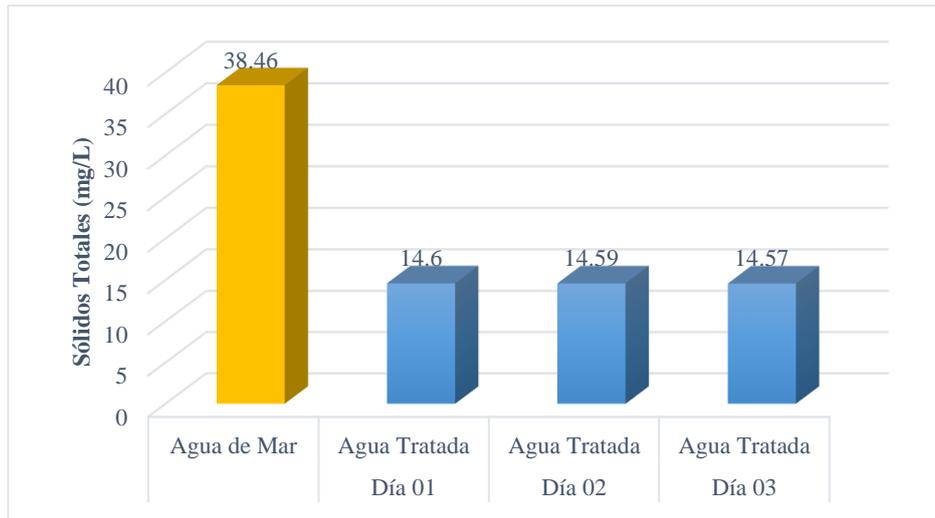


Figura 28. Resultados de sólidos totales

Sólidos Disueltos:

Se puede observar en la Figura 29, los resultados de la concentración de sólidos disueltos en la muestra de agua de mar y su tratamiento durante 3 días. En el Día 01 se obtuvo la disminución de 36.790 a 1.080 mg/L, en el Día 02 y 03, la concentración de sólidos disueltos redujo a 1.076 mg/L y 1.075 mg/L, respectivamente.

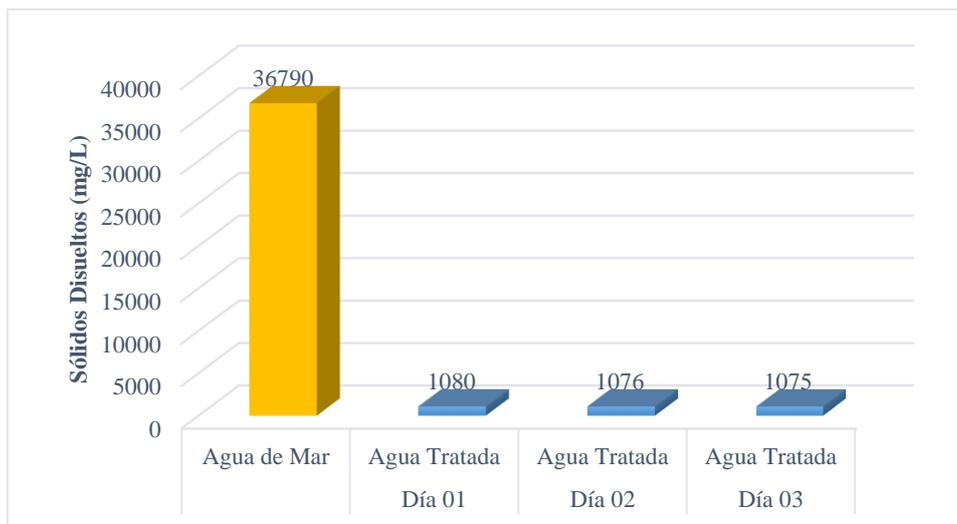


Figura 29. Resultados de sólidos disueltos

Salinidad:

La eficiencia de reducción de salinidad obtenida para los días de tratamiento 01, 02 y 03 (Figura 30), fue de 91,08 %, es decir, el uso de la membrana fototérmica de biocarbón activado de poda es altamente eficiente para reducir la salinidad en el agua de mar.

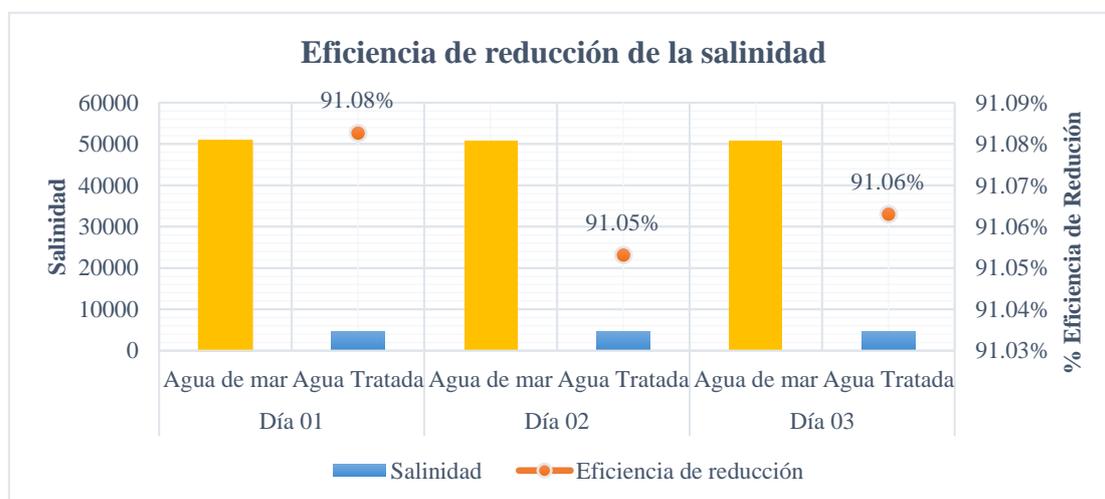


Figura 30. Resultados de la eficiencia de reducción de salinidad

Prueba de normalidad

La prueba de normalidad determina si la distribución es normal o no. Puesto que el número de datos es menor a 50, entonces se trabajó con el estadístico de Shapiro-Wilk.

El criterio usado para la prueba de normalidad fue:

Si $p\text{-valor} > \alpha=0.05$, la distribución es Normal

Si $p\text{-valor} < \alpha=0.05$, la distribución es No Normal.

Hipótesis específica 1:

Los resultados de los parámetros físico – químicos del agua de mar de la Playa Tortugas – Casma inicial se mantienen constantes, es por ello que no se presenta el p-valor. Sin embargo, estos datos se presentaron de manera descriptiva como parte de los resultados de la investigación.

Hipótesis específica 2:

H0: Los resultados de los parámetros físico – químicos del agua de mar de la Playa Tortugas – Casma, luego de usar la membrana fototérmica de biocarbón activado se ajustan a una distribución normal.

H1: Los resultados de los parámetros físico – químicos del agua de mar de la Playa Tortugas – Casma, luego de usar la membrana fototérmica de biocarbón activado no se ajustan a una distribución normal.

En la Tabla 17 se observa que la significancia es mayor al nivel de significancia propuesta en las reglas de aceptación, es por esta razón que se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que los resultados de los parámetros físico – químicos del agua de mar de la Playa Tortugas – Casma, luego de usar la membrana fototérmica de biocarbón activado se ajustan a una distribución normal. Dada la normalidad de los datos se eligió la prueba paramétrica de t de student para muestras relacionadas.

Tabla 17. Prueba de normalidad - Hipótesis 2

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura Final	,381	3	.	,760	3	,022
Conductividad Eléctrica Final	,253	3	.	,964	3	,637
Turbidez Final	,314	3	.	,893	3	,363
Cloruros Final	,362	3	.	,803	3	,122
Sodio Final	,175	3	.	1,000	3	1,000
Alcalinidad Final	,292	3	.	,923	3	,463
Oxígeno Disuelto Final	,196	3	.	,996	3	,878
DQO Final	,374	3	.	,776	3	,059
DBO Final	,377	3	.	,769	3	,041
Sulfatos Final	,268	3	.	,951	3	,573
Sólidos Totales Final	,253	3	.	,964	3	,637
Sólidos Disueltos Final	,314	3	.	,893	3	,363

a. Corrección de significación de Lilliefors

Hipótesis específica 3:

H1: Los resultados de la salinidad del agua de mar de la Playa Tortugas – Casma, luego de usar la membrana fototérmica de biocarbón activado se ajustan a una distribución normal.

H0: Los resultados de la salinidad del agua de mar de la Playa Tortugas – Casma, luego de usar la membrana fototérmica de biocarbón activado no se ajustan a una distribución normal.

Como el p-valor es $0,004 < \alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la distribución es normal (Tabla 18).

Tabla 18. Prueba de normalidad - Hipótesis 3

Uso de la membrana fototérmica de biocarbón activado	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Salinidad Inicial	,175	3	.	1,000	3	1,000
Salinidad Final	,362	3	.	,803	3	,122

a. Corrección de significación de Lilliefors

Contraste de la hipótesis

Hipótesis general:

Para contrastar la hipótesis de investigación se utilizó la prueba paramétrica de t para muestras relacionadas, como se muestra en la Tabla 19, Donde:

Ho: El uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda no reduce la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma.

H1: El uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda reduce la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma.

Tabla 19. Prueba de la Hipótesis General

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par Salinidad 1 Inicial - Salinidad Final	46261,66667	7,63763	4,40959	46242,69375	46280,63958	10491,160	2	,000

Como p-valor es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que el uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda reduce la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas– Casma.

IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación se construyó un prototipo de 3 celdas de acero inoxidable y 3 bandejas de cobre como soporte de la membrana fototérmica de biocarbón activado de poda, bajo el principio de evaporación el prototipo cumplió una función de destilador solar de forma similar que Zhang, Zheng y Wu (2015), quienes construyeron un sistema de destilación solar compuesto por una carcasa de evaporación, colector solar y bomba de circulación de agua. Por otro lado, Ghazy y Fath (2016) diseñaron un prototipo de destilación solar que consistió en utilizar un sistema de humidificación – deshumidificación y adicionaron aluminio negro recubierto con una lámina de lana de vidrio como material fotoabsorbente, en el presente estudio se utilizó biocarbón activado y de color negro para una mayor absorción de luz. El biocarbón fue obtenido a partir de restos de poda que pasaron por un tratamiento térmico. Esta elección de material está en concordancia con Zhang, Ravi y Tan (2019) que utilizaron residuos de comida como material fotoabsorbente, Kou et al. (2019) usaron nanotubos de carbono. Safaei y Tavakoli (2017) trabajaron con membranas de óxido de grafeno. Por otro lado, Han et al. (2019) utilizaron cascara de huevo carbonizado y Xu et al. (2017) trabajaron con champiñones naturales y carbonizados.

El tratamiento de reducción de la salinidad fue realizado en 3 días, con un tiempo de 6 h/día. Similarmente, Zhang, Ravi y Tan (2019) realizaron un tratamiento de 10 horas utilizando un prototipo flotante de cuerpo de espuma y residuos de comida carbonizados. Por otro lado, Wang, Zhu y Zheng (2018) trabajaron en un tratamiento que duró 9 horas utilizando un sistema de captación de energía solar y desmineralización del agua de mar mediante una película porosa flotante. Mientras, Yabroudi et al. (2011) y Rahaoui et al. (2017) realizaron tratamientos con un destilador solar tubular y una membrana de contacto directo con un estanque solar que duraron 24 h y 15 h, respectivamente.

El tratamiento de reducción de la salinidad fue realizado a condiciones ambientales de 0,98 KW/m² y 49 % de humedad relativa en concordancia Huang, Shaolong et al. (2019) trabajaron con una temperatura ambiental de 25,5 °C y una humedad relativa de 46 % y Gong et al. (2019) realizaron el tratamiento a una radiación de 1 KW/m².

Los resultados de los parámetros físico – químicos del agua de mar con respecto al tratamiento fue una reducción en el pH de 8,1 a 6,65. Similarmente Aylas (2017) realizó un tratamiento con un destilador cascada y obtuvo como resultado una reducción del pH de

8,95 a 6,83, mientras que Tapia (2017) utilizó nanotecnología (grafenano) y logró un aumento de pH de 5,52 a 7,04, esto se debe a la variación de la temperatura.

Los valores de conductividad eléctrica y la cantidad de sólidos disueltos totales en el agua de mar tuvieron una reducción de 50800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 4530 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1670 a 380 mg/L respectivamente, en relación con Claudio (2018) quien trabajó con membranas por osmosis inversa y logró una reducción de 1,225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una reducción de sólidos disueltos totales de 615 a 16,1 mg/L.

La eficiencia de reducción de la salinidad en la presente investigación fue de 91,08 %. Comparablemente Yabroudi et al. (2011) Y Safaei y Tavakoli (2017) obtuvieron una eficiencia de 99,8 % y 50 %, a diferencia de Ghahari, Rashid-Nadimi y Bemana (2019) quienes trabajaron con una batería de desalinización metal – aire y alcanzaron una eficiencia de 37, 8 %.

La producción de agua tratada durante el tratamiento solar fue de 3,9 L/día, resultados mayores a Rahaoui et al. (2017) quienes obtuvieron una producción de 1, 70 L/día y Kabade et al. (2018) realizaron la experimentación con un prototipo de desalinización portable de aluminio, vidrio y lentes de Fresnel y obtuvieron una producción de 700 – 800 mL de agua.

V. CONCLUSIONES

Los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, playa Tortugas – Casma, antes de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda presentaron valores elevados, sobre todo en la conductividad (50800 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sulfatos (3313,48 mgSO_4^-/L), fosfatos (123,75 mg/L) y sólidos totales (38,46 mg/L). Después de usar la membrana fototérmica de biocarbón activado de poda durante los tres días de tratamiento, los valores difirieron, puesto que se logró reducir la concentración de sulfatos y fosfatos presentes en el agua de mar de la Playa Tortugas – Casma, cuyos valores fueron de 11,045 mgSO_4^-/L y 67,5 mg/L , respectivamente. Los cloruros redujeron de 19 505,5 mgCl^-/L a 28, 614 mgCl^-/L , y el porcentaje de sodio disminuyó de 23,4% a 12,29 %. Se logró reducir la turbidez de 7,5 a 6,95 NTU; la disminución de los sólidos totales, de 38, 46 a 14,57 mg/L ; y los sólidos disueltos decrecieron de 36.790 a 1.075 mg/L .

El uso de la membrana fototérmica de biocarbón activado de poda presentó una eficiencia de reducción de la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma del 91,08 %, durante los 03 días de tratamiento.

Se obtuvo 3,9 L de agua tratada en 6 h, con una radiación incidente de 0,98 KW/m^2 a las 12:00 pm, que aumentó la temperatura superficial de la membrana fototérmica hasta 138°C.

VI. RECOMENDACIONES

Usar un pre-tratamiento de coagulación-floculación para reducir los sólidos totales y sólidos suspendidos del agua de mar que se desea tratar.

Implementar un sinfín en el sistema de reducción de la salinidad para la recirculación del agua de enfriamiento del condensador.

Utilizar materiales más ligeros y resistentes como el vidrio templado de 8mm para la construcción del sistema de reducción de la salinidad.

Construir un concentrador solar de mayor dimensión para que la radiación reflejada abarque mayor área superficial y consecuentemente mayor calentamiento. Además, implementar un parante móvil para ajustar el concentrador solar al ángulo de radiación solar.

REFERENCIAS

- ABUJAZAR, M., FATIHAH, S., RAKMI, A. y SHAHRUM, M. The effects of design parameters on productivity performance of a solar still for seawater desalination: A review. Malasia: Elsevier B.V, 2016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916416300819>
DOI: 10.1016/j.desal.2016.02.025.
- AKBARPOUR, M., HASHEM-OL-HOSSEINI, A. y MOHSEN, E. A comprehensive analysis of a laboratory scale counter flow wet cooling tower using the first and the second laws of thermodynamics. *Journal of Applied Thermal Engineering*, 2017. vol. 125. pp. 1389-1401. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.07.090>
ISSN 13594311.
- ALBLOUSHI, A. [et al.]. Renewable Energy-Powered Membrane Systems for Water Desalination. *Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes*. India: Elsevier, 2019. pp. 153-177. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-04760-5>.
- AYLAS, A. Obtención de agua potable mediante un tratamiento solar (destilador cascada) del agua de mar en el distrito de la Punta - Callao - 2017. Tesis (Título profesional de Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6845/DE LA VEGA - AA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6845/DE_LA_VEGA_AA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- CHANG, R. [et al.]. A comparative study on biochar properties and Cd adsorption behavior under effects of ageing processes of leaching, acidification and oxidation. *Environmental Pollution*, 2019. vol. 254. pp. 113-123. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026974911933307X>
DOI 10.1016/j.envpol.2019.113123
ISSN 02697491.
- CHANG, C. [et al.]. Efficient Solar-Thermal Energy Harvest Driven by Interfacial Plasmonic Heating-Assisted Evaporation [en línea]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2016. 8(35): 23412-23418. [Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsami.6b08077>.
ISSN 1944-8244

- CHANG, F. [et al.]. In-situ establishment of binary composites A-Fe₂O₃/Bi₂O₃ with both photocatalytic and photo-Fenton features. *Chemosphere*, 2018. vol. 210. pp. 257-266.
DOI 10.1016/j.chemosphere.2018.07.010.
ISSN 18791298,
- CHEN, C. [et al.]. Sustainably integrating desalination with solar power to overcome future freshwater scarcity in China [en línea]. *Global Energy Interconnection*, 2019, 2 (2). pp. 98-113. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2096511719300404>.
ISSN 20965117
- CHEN, C., KUANG, Y. y HU, L. Challenges and Opportunities for Solar Evaporation [en línea]. *Sciencedirect*, 2019, 3(3). pp. 683-718. [Fecha de consulta: 6 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435118306299>
ISSN 25424351
- CLAUDIO, O. Desalinización de agua para aplicaciones de potabilización mediante el desarrollo de tecnología solar sustentable. S.l.: CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ÓPTICA A.C. (CIO), 2018. Disponible en: <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1002/873>.
- FAGHRI, A. y ZHANG, Y. CONDENSATION. *Transport Phenomena in Multiphase Systems* [en línea]. S.l.: Elsevier, 2006. pp. 581-677. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123706102500131>.
- GHAHARI, M., RASHID-NADIMI, S. y BEMANA, H. Metal-air desalination battery: Concurrent energy generation and water desalination. *Journal of Power Sources*, 2019. pp. 197-203.
ISSN 03787753.
DOI 10.1016/j.jpowsour.2018.11.042.
- GHAZY, A. y FATH, H. Solar desalination system of combined solar still and humidification–dehumidification unit. *Heat and Mass Transfer/Waerme- und Stoffuebertragung*, 2016. vol. 52, n.º11. pp. 2497-2506.
ISSN 14321181.

DOI 10.1007/s00231-016-1761-1.

GIORDANO, M., BARRON, J. y ÜNVER, O. Water Scarcity and Challenges for Smallholder Agriculture [en línea]. *Sustainable Food and Agriculture*, 2019. pp. 75-94. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329687727_Water_Scarcity_and_Challenges_for_Smallholder_Agriculture

GONG, F. [et al.]. Scalable, eco-friendly and ultrafast solar steam generators based on one-step melamine-derived carbon sponges toward water purification. *Nano Energy*, 2019. vol. 58. pp. 322-330.

ISSN 22112855.

DOI 10.1016/j.nanoen.2019.01.044.

GORJIAN, S. y GHOBADIAN, B. Erratum: Solar desalination: A sustainable solution to water crisis in Iran Renew [en línea]. *Sustain. Energy*, 2015. n. ° 48: 571-584 [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/275549622_Solar_desalination_A_sustainable_solution_to_water_crisis_in_Iran

HAN, X. [et al.]. 2019. Bio-derived ultrathin membrane for solar driven water purification [en línea]. *Nano Energy*, 2019. vol. 60, pp. 567-575. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/journal/nano-energy/vol/60/suppl/C>

ISSN 22112855.

DOI 10.1016/j.nanoen.2019.03.089

HUANG, J., HE, Y., CHEN, M. y WANG, X. Separating photo-thermal conversion and steam generation process for evaporation enhancement using a solar absorber. *Applied Energy*, 2019. pp. 244-252.

ISSN 03062619.

DOI 10.1016/j.apenergy.2018.11.090.

HUANG, S. [et al.]. Multifunctional molybdenum oxide for solar-driven water evaporation and charged dyes adsorption [en línea]. *Applied Surface Science*, 2019. vol. 491. pp. 328-334. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169433219318641>

ISSN 01694332.

DOI 10.1016/j.apsusc.2019.06.155.

HUEZO, F. y MORÁN, J. Generalidades de la energía solar; destiladores solares; construcción detallada del destilador solar [en línea]. S.l.: Universidad del El Salvador, 2012. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2066>.

IMARPE. CALIDAD DEL AMBIENTE MARINO Y COSTERO EN LA REGIÓN ÁNCASH, 2012 [en línea]. *Instituto del Mar del Perú*, 2015. vol. 42, n.º 2. pp. 436-459 [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2019]. Disponible en: [http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/2992/3/Informe 42%284%29-2.pdf](http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/2992/3/Informe%2042%284%29-2.pdf).

INSTITUTO DE PROMOCIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA. Agenda del Agua 2030: Contribuciones para el cumplimiento de los Objetivo de Desarrollo Sostenible: una propuesta desde la sociedad civil [en línea]. Lima, 2017. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.iproga.org.pe/descarga/agenda2030.pdf>.

JAMES G. Water chemistry. *Natural Water Remediation* [en línea]. S.l.: Elsevier, 2019. pp. 91-129. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128038109000036>.

JAMES, G. Handbook of Coal Analysis [en línea]. S.l, 2005. vol. 166. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2019] Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=IBmisxug6EUC&dq=volatile+material&source=gbs_navlinks_s.

ISBN 9780471718505

JASSÓN, F. [et al.]. Solar Brackish Water Treatment for Irrigation Using Low-Pressure Nanofiltration [en línea]. *Tecnología y ciencias del agua*, 2015. vol. 6. pp. 5-17. [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/310439288_Solar_Brackish_Water_Treatment_for_Irrigation_Using_Low-Pressure_Nanofiltration.

KABADE, P. [et al.]. Portable Water Dispenser for Desalination Using Solar Energy [en línea]. *Journal of Mechanical Engineering*, 2018, 11(3): 7-17. [Fecha de consulta: 15

- de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=3311926>
- KOU, H. [et al.]. Recyclable CNT-coupled cotton fabrics for low-cost and efficient desalination of seawater under sunlight [en línea]. *Desalination*, 2019. pp. 29-38. ISSN 00119164. DOI 10.1016/j.desal.2019.04.005.
- KUSUMA, M., PUTRA, N. y RESPATI, R. A new cascade solar desalination system with integrated thermosyphons [en línea]. *International Journal of Technology*, 2018, 9(2) : 297-306. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324821880_A_New_Cascade_Solar_Desalination_System_with_Integrated_Thermosyphons ISSN 20872100. DOI 10.14716/ijtech.v9i2.990
- LATTEMANN, S. y HÖPNER, T. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination [en línea]. *Desalination*, 2008. vol. 220, n.º 1-3. pp. 1-15. [Fecha de consulta: 8 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916407006005>. ISSN 00119164. DOI 10.1016/j.desal.2017.10.049.
- LEIJON, J. y BOSTRÖM, C. Freshwater production from the motion of ocean waves – A review. *Desalination*, 2018. vol. 435. pp. 161-171. ISSN 00119164. DOI 10.1016/j.desal.2017.10.049.
- LEIROUX, A., MARTIN, V. y ZHENG, H. Addressing water shortages by force of habit. *Resource and Energy Economics*, 2018. vol. 53. pp. 42-61. ISSN 09287655. DOI 10.1016/j.reseneeco.2018.02.004.
- LI, D. y LIU, S. Seawater Quality Detection [en línea]. *Water Quality Monitoring and Management*. Elsevier, 2019. pp. 233-249. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128113301000090>.
- LI, X. [et al.]. Graphene oxide-based efficient and scalable solar desalination under one sun with a confined 2D water path. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2016, 113 (49): 13953-13958.

ISSN 10916490.

DOI 10.1073/pnas.1613031113.

LIU, G., XU, J. y WANG, K. Solar water evaporation by black photothermal sheets. *Nano Energy*, 2017. vol. 41. pp. 269-284. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211285517305451>

ISSN 22112855.

DOI 10.1016/j.nanoen.2017.09.005.

MARÍA, J., CASAÑAS, A., SÁNCHEZ-COLOMER, M. y ZARZO, A. Guía de Desalación: aspectos Técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano [en línea]. *Ministerio De Sanidad Y Política Social*. Madrid, 2009. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2019]. Disponible en: https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/docs/Guia_desalacion.pdf.

MERCADO, C. y LAM, E. Evaluación de un sistema de desalinización solar, tipo concentrador cilíndrico parabólico de agua de mar evaluation of a solar [en línea]. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2015. vol. 6, n.º 4. pp. 19. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6308821>.

NARANJO, M. La desalinización [en línea]. *Agua y Ambiente*, 2007. vol. 20, n.º 1. pp. 2. [Fecha de consulta: 7 de octubre de 2019] Disponible en: <https://investiga.uned.ac.cr/revistas/index.php/biocenosis/article/view/1302/1378>.

VERMANI, O. Applied Chemistry : Theory And Practice [en línea]. S.l, 2003. s.n. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2019] Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=I5RXInZLQycC&dq=fixed+carbon&source=gs_navlinks_s.

ISBN 9788122408140

ONU. El agua, fuente de vida 2005-2015. [en línea]. S.l, 2015: [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.un.org/waterforlifedecade/>.

POLITANO, A. [et al.]. Photothermal Membrane Distillation for Seawater Desalination [en línea]. *Advanced Materials*, 2017. vol. 29, n.º 2. pp. 1603504. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/adma.201603504>.

ISSN 09359648.

DOI 10.1002/adma.201603504.

RAHAOUI, K. [et al.]. Sustainable Membrane Distillation Coupled with Solar Pond. *Energy Procedia*, 2017. vol. 110. pp. 414-419.

ISSN 18766102.

DOI 10.1016/j.egypro.2017.03.162.

RAJ, R. y BAIJU, V. Thermodynamic analysis of a solar powered adsorption cooling and desalination system. *Energy Procedia*, 2019. pp. 885-891.

DOI 10.1016/j.egypro.2019.01.226.

SAFAEI, S. y TAVAKOLI, R. 2017. On the design of graphene oxide nanosheets membranes for water desalination. *Desalination*, vol. 422, pp. 83-90. ISSN 00119164.

DOI 10.1016/j.desal.2017.08.013.

SETTON, R., BERNIER, P. y LEFRANT, S. Carbon Molecules and Materials [en línea]. *CRC Press*, 2002. pp. 512. Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=sJbSBQAAQBAJ&dq=carbone+ashes>. ISBN 9781482263138

TAPIA, J. Reducción de salinidad de las aguas de la playa San Pedro- Lurín utilizando nanotecnología (grafenano) a escala laboratorio, 2017. Tesis (Título profesional de Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/17165>.

TZEN, E., ZARAGOZA, G. y ALARCÓN PADILLA, D.C. Solar desalination. *Comprehensive Renewable Energy*, 2012. pp. 529-565.

ISBN 9780080878737.

UNICEF. Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines. [en línea]. Ginebra, 2017. Disponible en: https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2018/01/JMP-2017-report-es_0.pdf.

VON, G. Water desalination as a long-term sustainable solution to alleviate global freshwater scarcity A North-South approach [en línea]. *Desalination*, 2004. vol. 165. pp. 71-72. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916404002115>.

- WANG, Q., ZHU, Z. y ZHENG, H. Investigation of a floating solar desalination film. *Desalination*, 2018. vol. 447. pp. 43-54.
ISSN 00119164.
DOI 10.1016/j.desal.2018.09.005.
- WU, X. [et al.]. Photothermal materials: A key platform enabling highly efficient water evaporation driven by solar energy [en línea]. S.l.: Elsevier, 2019. [Fecha de consulta: 1 de junio de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468606918303514>
- XU, N. [et al.]. Mushrooms as Efficient Solar Steam-Generation Devices. *Advanced Materials*, 2017. vol. 29, n.º 28. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317016021_Mushrooms_as_Efficient_Solar_Steam-Generation_Devices
ISSN 15214095.
DOI 10.1002/adma.201606762.
- YABROUDI, S. [et al.]. Desalinización de agua empleando un destilador solar tubular [en línea] *Interciencia*, 2011. vol. 36, n.º 10. pp. 731-737. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2019].
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33921449004>.
- ZEEVALLOS, I. Purificación del agua por condensación provocada por calentador automático seguidor solar con supervisión de mini-scada Fast-tools [en línea]. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2015. [Fecha de consulta: 2 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/3033>.
- ZHANG, Y., RAVI, S. y TAN, S. Food-derived carbonaceous materials for solar desalination and thermo-electric power generation. *Nano Energy*, 2019. vol. 65. pp. 104006.
ISSN 22112855.
DOI 10.1016/j.nanoen.2019.104006.
- ZHANG, L., ZHENG, H. y WU, Y. Experimental study on a horizontal tube falling film evaporation and closed circulation solar desalination system [en línea] *Renewable Energy*, 2015. vol. 28, n.º 8. pp. 1187-1199. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2019].
Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960148102002136>.

ISSN 09601481.

DOI 10.1016/S0960-1481(02)00213-6.

ZHENG, H. General Problems in Seawater Desalination. *Solar Energy Desalination Technology*, 2017. pp. 1-46.

DOI 10.1016/b978-0-12-805411-6.00001-4

ZHENG, X. [et al.]. Seawater desalination in China: Retrospect and prospect. *Chemical Engineering Journal*, 2014. vol. 242. pp. 404-413.

ISSN 13858947.

DOI 10.1016/j.cej.2013.12.104.

ZHU, M. [et al.]. Carbonized daikon for high efficient solar steam generation. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2017. vol. 191. pp. 83-90.

ISSN 09270248.

DOI 10.1016/j.solmat.2018.11.015.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Tabla 20. Matriz de consistencia

Membrana fototérmica de biocarbón activado de poda para la reducción de la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas– Casma, 2019.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
General	General	General	Variable independiente: Membrana fototérmica de biocarbón activado de poda.	Tipo de Investigación: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Nivel de Investigación: Explicativa Diseño de Investigación: Pre- experimental Población: Agua de mar, Playa Tortugas – Casma Muestra: 30 litros de agua de mar
¿En qué medida el uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda reduce la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma?	Demostrar que el uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda reduce la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma.	El uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda reduce la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma.		
Específicos	Específicos	Específicos	Variable dependiente: Reducción de salinidad del agua de mar, Playa Tortugas- Casma	
¿Cuáles son los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, playa Tortugas – Casma, antes de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda?	Determinar los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, Playa Tortugas – Casma.	Los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, playa Tortugas – Casma, antes de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda son altos en conductividad, sulfatos, fosfatos y sólidos totales.		
¿Cuáles son los valores de parámetros físico-químicos del agua de mar, playa Tortugas – Casma, después de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda?	Mejorar los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar, Playa Tortugas – Casma, utilizando una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda.	Los valores de los parámetros físicos-químicos del agua de mar, Playa Tortugas – Casma, difieren luego de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda.		
¿Cuál es la eficiencia de reducción de la salinidad del agua de mar, playa Tortugas – Casma, después de usar una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda?	Determinar la eficiencia de reducción de la salinidad del agua de mar, utilizando una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda.	El uso de una membrana fototérmica de biocarbón activado de poda tiene una eficiencia de reducción de la salinidad del agua de mar, Playa Tortugas – Casma mayor al 50%.		

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

FICHA 1. FICHA DE DATOS DE CAMPO				
MEMBRANA FOTOTÉRMICA DE BIOCARBÓN DE PODA PARA LA REDUCCIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR, PLAYA LAS TORTUGAS - CASMA				
Nombres y Apellidos: Rojas Ramos, Frances Leyla Salazar Rojas, Jasmin Carolyn				
Zona de estudio: Playa Tortugas, Comandante Noel – Casma – Ancash				
Línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales				
Punto	Coordenadas UTM		Fecha	Hora
	Este	Norte		
P1				
P2				
P3				
P4				
PM				


 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivares
 * DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP. 130267
 Investigador CONCYTEC: 17089


 ELMER GONZALES BENTES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 7199


 H. ROSALES
 OIP 25450

Figura 31. Ficha 1: Datos de campo



FICHA 2. FICHA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL BIOCARBÓN ACTIVADO DE PODA							
MEMBRANA FOTOTÉRMICA DE BIOCARBÓN DE PODA PARA LA REDUCCIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR, PLAYA LAS TORTUGAS – CASMA.							
Nombres y Apellidos:		Rojas Ramos, Frances Leyla Salazar Rojas, Jasmin Carolyn					
Zona de estudio:		Playa Tortugas, Comandante Noel – Casma – Ancash					
Línea de investigación:		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales					
Muestra	N° Repeticiones	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL BIOCARBÓN ACTIVADO DE PODA					
		Tamaño de la partícula mm	Humedad %	Materia Volátil %	Cenizas %	Carbono Fijo %	Poder Calorífico Kcal/Kg


 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP. 130267
 Investigador CONCYTEC: 17089


 ELMER GONZALEZ BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71996


 H. ACOSTA S.
 OIP 25450

Figura 32. Ficha 2: Características físicas del biocarbón de poda



FICHA 3. FICHA DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN							
MEMBRANA FOTOTÉRMICA DE BIOCARBÓN DE PODA PARA LA REDUCCIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR, PLAYA LAS TORTUGAS – CASMA							
Nombres y Apellidos:	Rojas Ramos, Frances Leyla Salazar Rojas, Jasmin Carolyn						
Zona de estudio:	Playa Tortugas, Comandante Noel – Casma – Ancash						
Línea de investigación:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales						
Fecha	Día	PARÁMETROS DE OPERACIÓN					
		Cantidad de Biocarbón g	Irradiación Solar W/m²	Temperatura °C	Tiempo de exposición solar Hr	Tiempo de retención Hr	Conductividad térmica W/mK


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP. 130267
Investigador CONCYTEC: 17089


ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71996

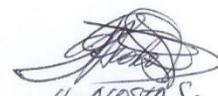

H. ACOSTA S.
CIP 25450

Figura 33. Ficha 3: Parámetros de operación



FICHA 4. FICHA DE PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA DE MAR	
MEMBRANA FOTOTÉRMICA DE BIOCARBÓN DE PODA PARA LA REDUCCIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR, PLAYA LAS TORTUGAS – CASMA	
Nombres y Apellidos:	Rojas Ramos, Frances Leyla Salazar Rojas, Jasmin Carolyn
Zona de estudio:	Playa Tortugas, Comandante Noel – Casma – Ancash
Línea de investigación:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA DE MAR	
Temperatura, °C	
pH	
Conductividad Eléctrica, $\mu\text{S}/\text{cm}$	
Potencial Redox, mV	
Turbidez, NTU	
Cloruros, mg/L	
Sodio, %	
Sulfato, mg/L	
Alcalinidad, mgCaCO ₃ /L	
Fosfatos, mg/L	
OD, mgO ₂ /L	
DQO, mgO ₂ /L	
DBO ₅ , mgO ₂ /L	
Sulfatos, mgSO ₄ ⁻ /L	
Sólidos Totales, mg/L	
Sólidos Disueltos, mg/L	


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP. 130267
Investigador CONCYTEC: 17086


ELMER GONZÁLEZ BENITES ALFARO
INGENIERO QUÍMICO
R.S. CIP N° 71998


H. ACOSTAS.
CIP 25450

Figura 34. Ficha 4: Parámetros físico-químicos del agua de mar



FICHA 5. FICHA DE PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS DEL AGUA TRATADA			
MEMBRANA FOTOTÉRMICA DE BIOCARBÓN DE PODA PARA LA REDUCCIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR, PLAYA LAS TORTUGAS - CASMA			
Nombres y Apellidos:	Rojas Ramos, Frances Leyla Salazar Rojas, Jasmin Carolyn		
Zona de estudio:	Playa Tortugas, Comandante Noel - Casma - Ancash		
Línea de investigación:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales		
PARÁMETRO FÍSICO - QUÍMICO	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3
Temperatura, °C			
pH			
Conductividad Eléctrica, µS/cm			
Potencial Redox, mV			
Turbidez, NTU			
Cloruros, mg/L			
Sodio, %			
Sulfato, mg/L			
Alcalinidad, mgCaCO ₃ /L			
Fosfatos, mg/L			
OD, mgO ₂ /L			
DQO, mgO ₂ /L			
DBO ₅ , mgO ₂ /L			
Sulfatos, mgSO ₄ ⁼ /L			
Sólidos Totales, mg/L			
Sólidos Disueltos, mg/L			


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Ojeda
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP. 130267
Investigador CONCYTEC: 17089


ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
REG. CIP N° 71986


J. ACOSTA
CIP 25450

Figura 35. Ficha 5: Parámetros físico-químicos del agua tratada

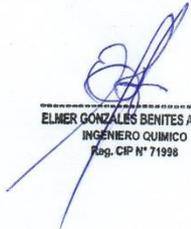


FICHA 6. FICHA DE EFICIENCIA DE REDUCCIÓN DE SALES

MEMBRANA FOTOTÉRMICA DE BIOCARBÓN DE PODA PARA LA REDUCCIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR, PLAYA LAS TORTUGAS - CASMA

Nombres y Apellidos:	Rojas Ramos, Frances Leyla Salazar Rojas, Jasmin Carolyn			
Zona de estudio:	Playa Tortugas, Comandante Noel – Casma – Ancash			
Línea de investigación:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
Muestra	Día	Salinidad		% Reducción de sales
		Inicial (g)	Final (g)	

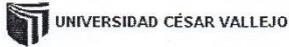

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP. 130267
Investigador CONCYTEC: 17089


ELMER GONZÁLES BENITES ALFAR
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71998


CIP 25450
H. ACOSTA S.

Figura 36. Ficha 6: Eficiencia de reducción de sales

Anexo 3. Validación de instrumentos de recolección de datos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - ASESOR DE TESIS UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: TECNOLOGÍA METALÚRGICA AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha A. Fichero de datos de campo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Romos, Frances Leyla y Salazar Rojas, Jasmín Carolyn

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 130267
 DNI No. 42922258 Telf. 976194774

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - ASESOR DE TESIS UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: TECNOLOGÍA METALÚRGICA AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2: Ficha de características físicas del biocarbón
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Ramos, Francis Leyla y Salazar Rojas, Jasmín Carolyn

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												/	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												/	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												/	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												/	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												/	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												/	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												/	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												/	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												/	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												/	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

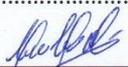
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 130267
 DNI No. 42922258 Telf.: 976194774

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CASTAÑEDA OLIVERA CARLOS SUBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - ASESOR DE TESIS
 1.3. Especialidad o línea de investigación: TECNOLOGÍA METALURGICA AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 3: Ficha de parámetros de operación
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas, Ramos, Frances Leyla y Salazar Rojas, Jasmín Carolyn

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 13.0267
 DNI No. 4292258 Telf. 926194274

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - ASESOR DE TESIS UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: TECNOLOGÍA METALÚRGICA AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 4: Ficha de parámetros físico-químicos de agua de mar
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Poias Ramos, Frances Leyla y Salazar Poias, Jasmín Carolyn

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP. 13.026.7

DNI No. 4292728. Telf.: 926194774

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - ASESOR DE TESIS UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: TECNOLOGÍA METALURGICA AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 5: Ficha de parámetros físico-químicos del agua tratada
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Kojas Ramos, Frances Leyla y Salazar Kojas, Jasmín Carolyne

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 130267
 DNI No. 4292278. Telf. 976194779

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CASTAÑEDA OLIVERA CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - ASESOR DE TESIS UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: TECNOLOGÍA METALÚRGICA AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha G: Ficha de eficiencia de reducción de sales
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Ramos, Francis Leyla y Salazar Rojas, Jasmín Carolyn

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP: 130267
 DNI No: 927858 Telf.: 95619779

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO, EUMER GONZALES
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE
 1.3. Especialidad o línea de investigación: JNG. QUÍMICO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 1. FICHA DE DATOS DE CAMPO
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS RAMOS, FRANCES Y CALAZAR ROJAS, JASMÍN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....
 EUMER GONZALES BENITES ALFARO
 DNI No.....
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO, ELMER GONZALES
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. QUIMICO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 2. FICHA DE CARACT. FISIC. DE B.A. PODA.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rojas Ramos, Frances Leyla y Salazar Rojas, Jasmín Carolyn

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima..... del 201

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....

DNI No..... Telf.....

ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71955

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO, ELMER
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. QUIMICO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 3. FICHA DE PARAMETROS DE OP.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS RAMOS, FRANCES Y SALAZAR ROJAS, JASMIN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201

ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 TITULO CIP N° 71998

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP

DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO, ELMER GONZALES
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. QUÍMICO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FILHA 4... FILHA DE PARÁMETROS FÍSIC-QUÍMICO DE AM
 1.5. Autor(A) de Instrumento: DOJAS RAMOS, FRANCES Y SALAZAR DOJAS, JASMIN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....
 DNI No. ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 71996

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO, ELMER
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. QUÍMICO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHAS, FICHA DE PARÁMETROS FISC-EX DE AMT
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS RAMOS, FRANCES Y SALAZAR ROJAS, JAEMIN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....
 DNI No.....
 ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO, ELMER GONZALES
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. QUIMICO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 6. FICHA DE EFICIENCIA DE R.S
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS RAMOS, FRANCÉS V SALAZAR ROSAS JASMIN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

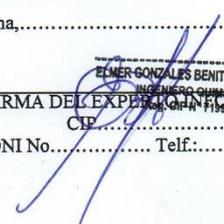
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201


 ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 FIRMA DEL EXPERTADOR APLICANTE
 CIE.....
 DNI No..... Telf.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:..... ACOSTA SUASHABAR EUSTERIO HORACIO
 1.2. Cargo e institución donde labora:..... DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación:..... CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..... FICHA 1. FICHA DE DATOS DE CAMPO
 1.5. Autor(A) de Instrumento:..... ROJAS RAMOS, FRANCÉS Y SALAZAR ROJAS, JASMIN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 28 de noviembre del 201 9


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 25950
 DNI No. 08306373 Telf.: 974142836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR GUSTAVO HORACIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 2. FICHA DE CARACTERÍSTICAS FÍSIC DEL BICARBÓN
 1.5. Autor(A) de Instrumento: RUJAS RAMOS, FRANCÉS y SALAZAR POJAS, JASMIN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 28710
 DNI No. 08306575 Telf: 974142836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS N.
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 3: FICHA DE PARÁMETROS DE OP.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS RAMOS, FRANCIS Y SALAZAR ROJAS, JASMIN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

90
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP... 25450
 DNI No. 08306978 Telf.: 974142836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA PUMSABAR, EUSTERIO HORACIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RRHH
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 4 FICHA DE PARÁMETROS FISIO-QX AM
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS RAMOS, FRANCIS Y SALAZAR ROJAS, JASMIN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 25430
 DNI No. 0830045 Telf: 974142836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UCv
 1.3. Especialidad o línea de investigación: CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA S FICHA DE PARAMETROS PISCICULTURA AMT
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS RAMOS, FRANCÉS Y SALAZAR ROJAS, JASMIN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 25030
 DNI No. 78506571 Telf.: 920142236

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA B: FICHA DE EFICIENCIA DE R.S
 1.5. Autor(A) de Instrumento: RODAS RAMOS, FRANCIS LEVIA Y SALAZAR ROJAS WASHMIN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
/

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 28 de noviembre del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 25950
 DNI No. 0870615 Telf. 974142636

Anexo 4. Plano de prototipo

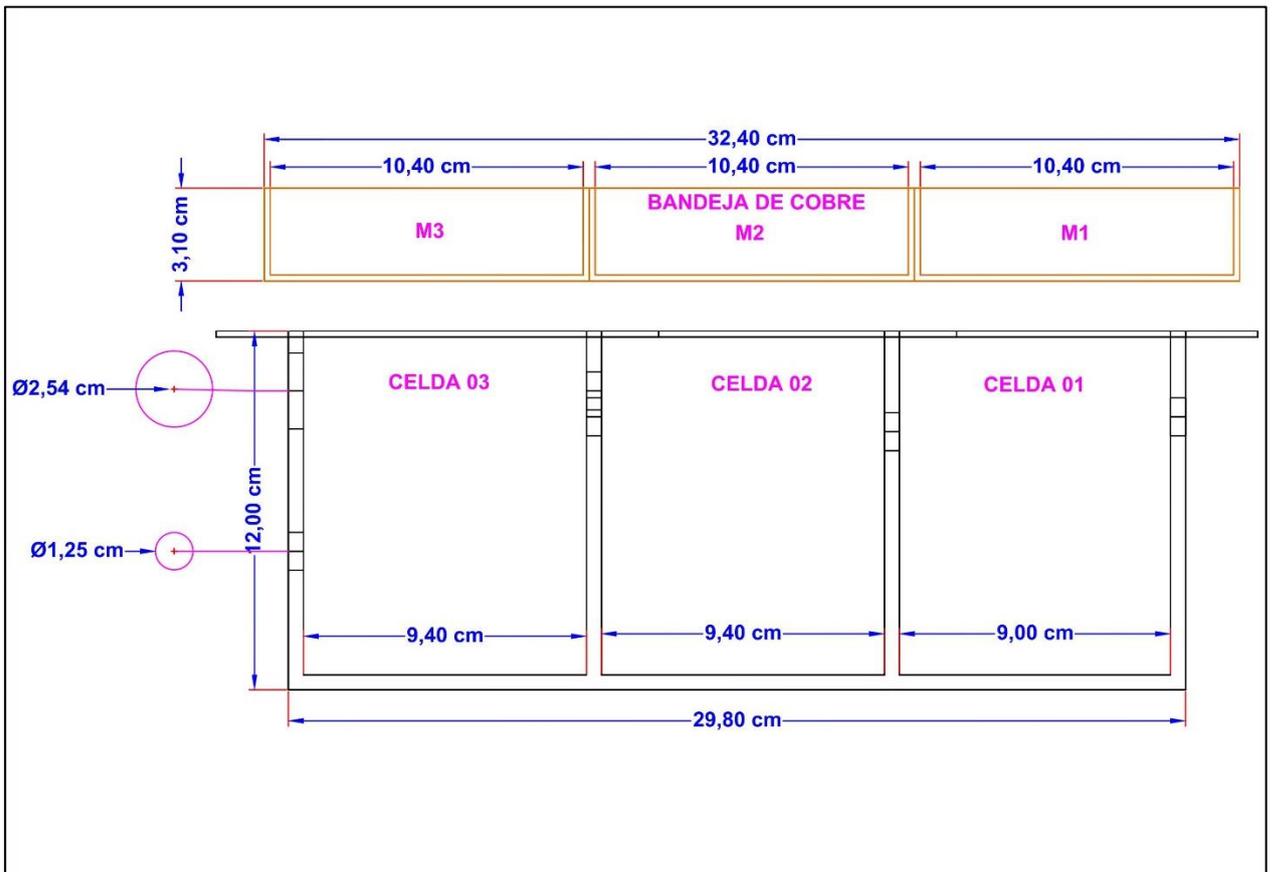


Figura 37. Vista lateral del prototipo

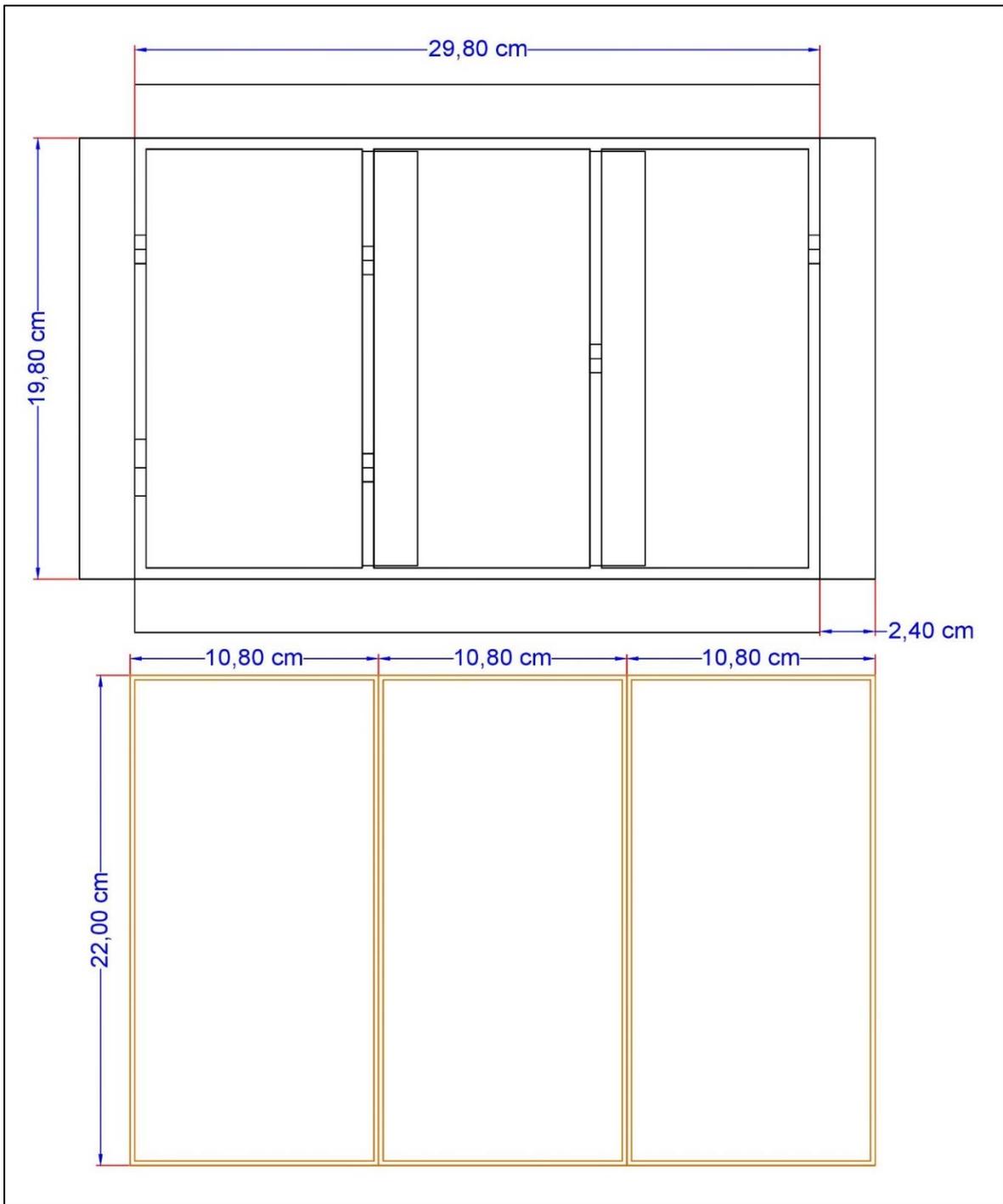


Figura 38. Vista de frente del prototipo



Figura 43. Residuo de sales

Anexo 6. Pruebas térmicas de biocarbón activado de poda

Tabla 21. Obtención de agua tratada por temperatura de la membrana fototérmica

Días	Hora	Temperatura superficial de membrana			Volumen (L)
		C1	C2	C3	
Día 01	10:00:00	40	45	48	0
	11:00:00	50	90	63	0.5
	12:00:00	70	119	86	1
	13:00:00	67	95	75	1
	14:00:00	52	54	55	0.8
	15:00:00	43	51	50	0
	16:00:00	40	50	46	0
	Total				
Día 02	10:00:00	40	48	41	0
	11:00:00	50	110	52	0.8
	12:00:00	70	138	78	1.2
	13:00:00	67	120	68	1.1
	14:00:00	52	115	50	0.8
	15:00:00	43	70	48	0
	16:00:00	39	50	38	0
	Total				
Día 03	10:00:00	42	45	41	0
	11:00:00	50	91	52	0.6
	12:00:00	70	120	86	1
	13:00:00	67	97	75	0.9
	14:00:00	61	76	61	0.7
	15:00:00	50	61	53	0
	16:00:00	41	45	39	0
	Total				

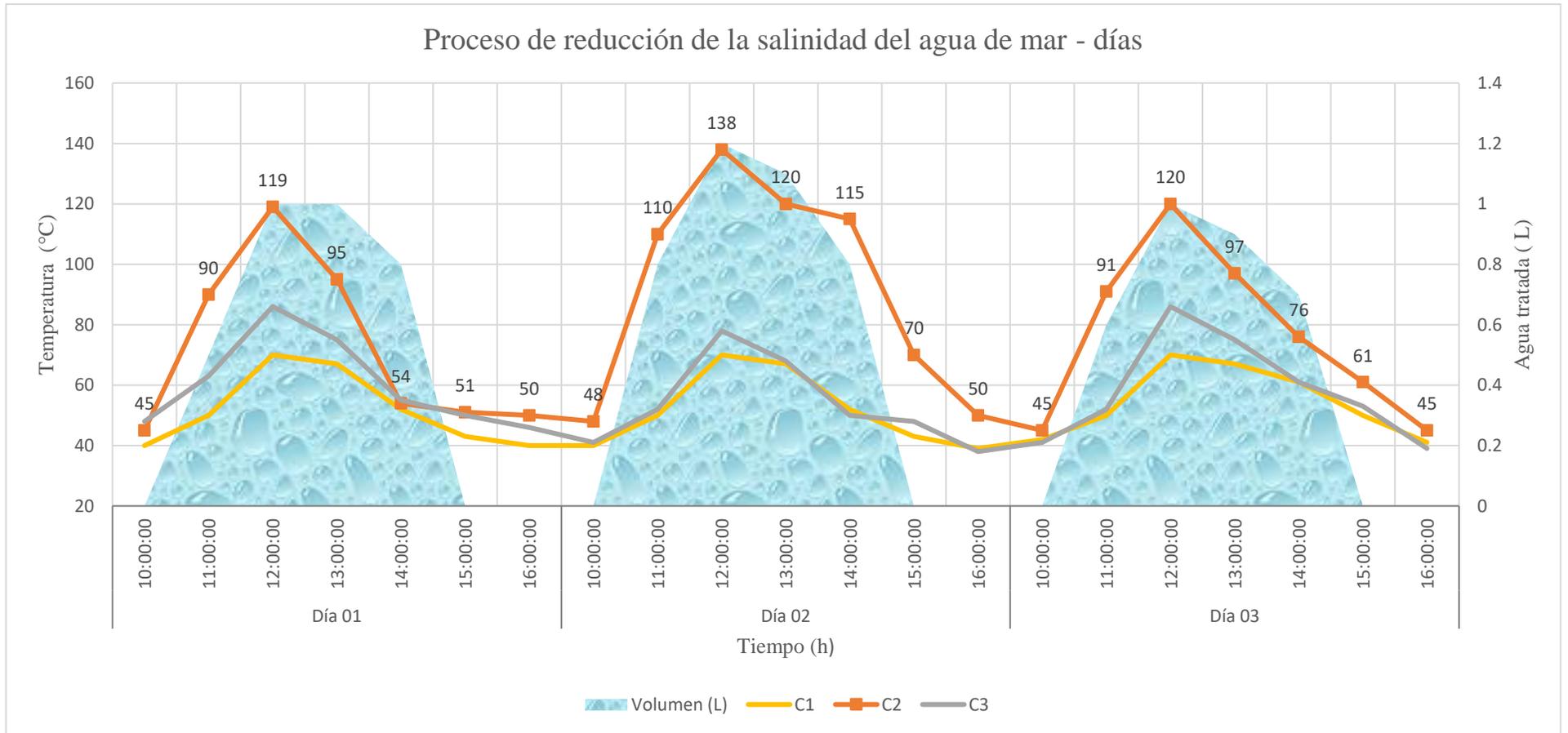


Figura 44. Producción de agua tratada

Tabla 22.

Parámetros

AÑO / MES / DÍA	HORA	TEMPERATURA (°C)	RADIACIÓN (KW/m ²)	HUMEDAD (%)
Día 01	10:00	22,70	0,85	56
	11:00	24,70	0,87	49
	12:00	26,60	0,97	45
	13:00	27,50	0,85	45
	14:00	28,00	0,78	43
	15:00	28,10	0,65	43
Día 02	10:00	24,20	0,8	52
	11:00	26,10	0,85	51
	12:00	27,00	0,98	49
	13:00	27,90	0,75	45
	14:00	26,60	0,7	51
	15:00	26,30	0,68	47
Día 03	10:00	24,10	0,84	56
	11:00	25,70	0,86	51
	12:00	27,20	0,96	48
	13:00	28,20	0,84	46
	14:00	28,50	0,79	46
	15:00	28,40	0,68	49

meteorológicos durante la experimentación

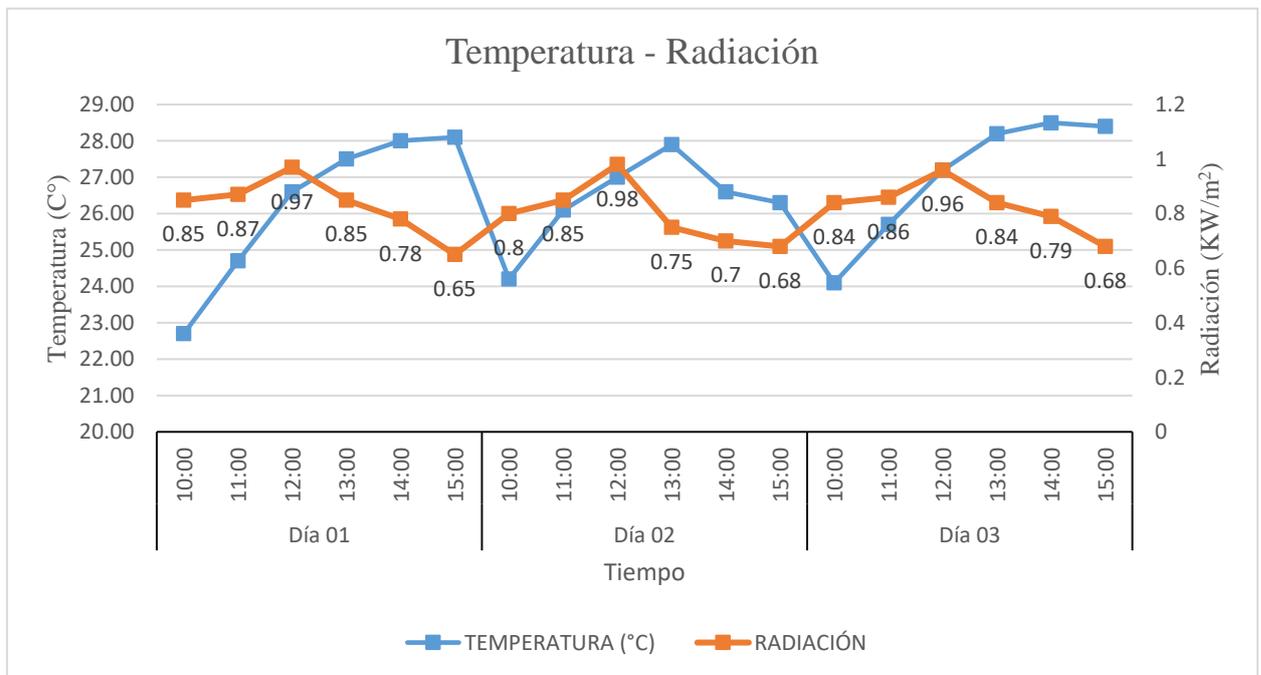


Figura 45. Temperatura y radiación por horas de tratamiento

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Temperatura Inicial y Final es normal con la media 18,05 y la desviación estándar 0,387.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,038 ¹	Rechace la hipótesis nula.
2	La distribución de pH Inicial y Final es normal con la media 7,49 y la desviación estándar 0,679.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,063 ¹	Conserve la hipótesis nula.
3	La distribución de Conductividad Eléctrica Inicial y Final es normal con la media 27.669,17 y la desviación estándar 25.338,559.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,056 ¹	Conserve la hipótesis nula.
4	La distribución de Potencial Redox Inicial y Final es normal con la media 198,17 y la desviación estándar 16,351.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,058 ¹	Conserve la hipótesis nula.
5	La distribución de Turbidez Inicial y Final es normal con la media 7,24 y la desviación estándar 0,285.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,056 ¹	Conserve la hipótesis nula.
6	La distribución de Cloruros Inicial y Final es normal con la media 9.767,05 y la desviación estándar 10.667,935.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,056 ¹	Conserve la hipótesis nula.
7	La distribución de Sodio Inicial y Final es normal con la media 17,85 y la desviación estándar 6,080.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,056 ¹	Conserve la hipótesis nula.
8	La distribución de Alcalinidad Inicial y Final es normal con la media 8,87 y la desviación estándar 3,170.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,056 ¹	Conserve la hipótesis nula.
9	La distribución de Fosfatos Inicial y Final es normal con la media 95,68 y la desviación estándar 30,753.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,056 ¹	Conserve la hipótesis nula.
10	La distribución de Oxígeno Disuelto Inicial y Final es normal con la media 5,87 y la desviación estándar 0,138.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,065 ¹	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es ,05.

¹Lilliefors corregido

Figura 46. Prueba de normalidad

Anexo 7. Resultados de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Análisis de Biomasa de Poda

Solicitado por: Jasmín Carolyn Salazar Rojas

Procedencia de la Muestra: Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi - Ancón

Recepción de la Muestra: 20 / 09 / 2019

Caracterización del Física del biocarbon activado de poda Ponciana

código	Humedad (%)	Materia Volátil (%)	Cenizas (%)	Carbono Fijo (%)	Poder calorífico (Kcal/kg)
P-PAR	10.7	13.78	55.77	30.45	4150.5

(método ASTM D-2216(2010) /ISO 1170)
(método ASTM D-3175-2010)
(método ASTM D5142 – 2015)
(método ASTM D – 3172 -2015)
(Método ASTM D- 5865 – 2015) /ISO 210

Lima, 15 de Octubre del 2019


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Figura 47. Constancia de caracterización física del biocarbón activado de poda



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Análisis de muestra de Agua de Mar

Solicitado por: Jasmín Carolyn Salazar Rojas

Procedencia de la Muestra: Playa la Tortuga – Casma

Recepción de la Muestra: 15 / 09 / 2019

Caracterización del Agua de Mar

Código	Temperatura (°C)	pH acido/base	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Potencial Redox (mv)	Turbidez NTU
AM – PTC	17.8	8.10	50,800	213	7.50

Código	Cloruros (mgCl/L)	Sodio (%)	Sulfatos (%)	Alcalinidad mgCaCO_3/L	Fosfatos (mg/l)
AM – PTC	19,505.50	23.4	0.331348	11.76	123.75

Código	Oxígeno Disuelto (mgO_2/L)	Demanda Química de Oxígeno (mgO_2/L)	Demanda bioquímica (mgO_2/L)	Concentración de sulfatos (mgSO_4/L)	Solidos totales (mg/L)	Solidos disueltos (mg/L)
AM – PTC	5.75	51.28	20.5	3313.48	38,460	36,790

Método winkler, método potenciométrico, método de Mohr, método espectrofotometría visible

Lima, 05 de Octubre del 2019


MSc. Atilio Mendoza
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Figura 48. Constancia de caracterización del agua de mar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Análisis de Agua de Mar Tratada

Solicitado por: Jasmín Carolyn Salazar Rojas

Procedencia de la Muestra: Playa la Tortuga – Casma

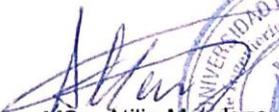
Recepción de la Muestra: 12 / 11 / 2019

Caracterización del Agua de Mar Tratada

Parámetros	Día 01	Día 02	Día 03
Temperatura, °C	18,8	18,05	18,04
pH	6,65	7,00	7,00
Conductividad Eléctrica, u S/cm	4530	4545	4540
Potencial Redox mV	180	185	185
Turbidez, NTU	7,00	6,95	6,99
Cloruros, mg Cl/L	28,614	28,601	28,600
Sodio, %	12,30	12,29	12,31
Alcalinidad, mg CaCO ₃ /L	5,88	6,00	6,04
Fosfatos, mg/L	67,5	67,63	67,66
Oxígeno Disuelto, mg O ₂ /L	5,95	6,00	6,05
DQO mg/L	102,56	100,00	100,09
DBO mg/L	42,67	40,65	40,70
Sulfatos mg/L	11,078	11,055	11,045
Sólidos Totales, mg/L	1460	14,59	14,57
Sólidos Disueltos, mg/L	1080	1076	1075

Método winkler, método potenciométrico, método de Mohr, método Espectrofotometría visible

Lima, 19 de Noviembre del 2019


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Figura 49. Constancia de caracterización del agua de mar tratada