



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Biopolímero con grafeno reducido en un colector de placa plana
para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres,
2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniería Ambiental

AUTORES:

Ramos Zanabria, Rosmery (ORCID: 0000-0003-1028-4951)

Sampayo Mozombite, Ronald Bryan (ORCID: 0000-0003-0179-7851)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a Dios, a nuestros padres, a nuestros hermanos y a todos los seres queridos que nos dieron su apoyo incondicional en los momentos más difíciles durante este proceso; gracias a cada uno de ellos que hemos concluido un paso muy importante en nuestras vidas.

Agradecimiento

Agradezco a mi institución la Universidad César Vallejo y al Dr. Benites por el apoyo brindado. A nuestros padres y hermanos. A los consejos y ánimos de cada docente y amistades. A cada uno de los involucrados en apoyar en esta tesis, muchas gracias.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	32
IV. PROCEDIMIENTO	37
V. RESULTADOS	62
VI. DISCUSIÓN	76
VII. CONCLUSIONES	78
VIII. RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	85
Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autores)	85
Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor)	86
Anexo 3. Acta de sustentación del trabajo de Tesis	87
Anexo 4. Autorización de publicación en repositorio institucional	88
Anexo 5. Instrumento de recolección de datos	89
Anexo 6. Mapa de ubicación del área de estudio	107
Anexo 7. Modelo del molde de la placa de biopolímero	108
Anexo 8: Matriz de operacionalización de variables	109

Anexo 9. Parámetros meteorológicos del 23 y 24 de mayo (24 horas), junio y julio	111
Anexo 10: Datos de estación meteorológica en el mes de junio	113
Anexo 12: Prueba de Laboratorio.....	115
Anexo 13: Pantallazo del Turnitin.....	119

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Validación de expertos</i>	35
Tabla 2. <i>Coordenadas UTM del área de estudio</i>	39
Tabla 3. <i>Promedio de parámetros meteorológicos del 23 y 24 de mayo de la estación meteorológica San Martín de Porres, Lima</i>	40
Tabla 4. <i>Valores para determinar la humedad del bagazo de caña</i>	47
Tabla 5. <i>Valores para determinar la humedad del residuo de papa</i>	47
Tabla 6. <i>Porcentaje de humedad del grafito</i>	49
Tabla 7. <i>Porcentaje de materia volátil del grafito</i>	49
Tabla 8. <i>Porcentaje de cenizas del grafito</i>	50
Tabla 9. <i>Porcentaje de carbono fijo del grafito</i>	50
Tabla 10. <i>Poder calorífico del grafito</i>	51
Tabla 11. <i>Reactivos utilizados en la reacción del óxido de grafeno</i>	52
Tabla 12. <i>Pruebas de tensión de la placa de biopolímero con grafeno reducido</i> .	54
Tabla 13. <i>Pruebas de elongación de placa de biopolímero con grafeno reducido</i>	55
Tabla 14. <i>Valores para determinar la dureza total del agua en el colector solar.</i>	57
Tabla 15. <i>Valores para determinar la dureza cálcica del agua en el colector solar</i>	57
Tabla 16. <i>Valores para determinar la alcalinidad del agua en el colector solar</i>	58
Tabla 17. <i>Valores para determinar la acidez del agua en colector solar</i>	58
Tabla 18. <i>Resultado de las pruebas físicas de la placa plana</i>	62
Tabla 19. <i>Resultado de las pruebas mecánicas de la placa</i>	62
Tabla 20. <i>Resultados de los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados</i>	63
Tabla 21. <i>Resultado de la caracterización del grafito</i>	66
Tabla 22. <i>Eficiencia de la calefacción de agua sanitaria</i>	66
Tabla 23. <i>Resultado de la caracterización del agua sanitaria en el colector</i>	67
Tabla 24. <i>Prueba de normalidad – hipótesis general</i>	68
Tabla 25. <i>Pruebas de muestras emparejadas – hipótesis general</i>	69
Tabla 26. <i>Pruebas de normalidad – hipótesis 1</i>	70
Tabla 27. <i>Pruebas para muestras emparejadas – hipótesis 1</i>	71
Tabla 28. <i>Pruebas de normalidad – hipótesis 2</i>	72
Tabla 29. <i>Pruebas de muestras emparejadas – hipótesis 2</i>	73

Tabla 30. <i>Pruebas de normalidad – hipótesis 3</i>	74
Tabla 31. <i>Parámetros meteorológicos día 23</i>	111
Tabla 32. <i>Parámetros meteorológicos día 24</i>	112
Tabla 33. <i>Escala de colores</i>	113
Tabla 34. <i>Datos de la estación meteorológica mes de junio</i>	113
Tabla 35. <i>Estación meteorológica Promedio por día: Junio – Julio, 2020</i>	114

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Estructura química de los compuestos de óxido de grafeno (GO), óxido de grafeno reducido (RGO), grafeno y nanopartículas de grafeno (G-N).....	17
<i>Figura 2.</i> Componentes principales que conforman un colector solar de placa plana para calentar agua.	20
<i>Figura 3.</i> Transmisión de calor en un colector solar.....	23
<i>Figura 4.</i> Distribución de un colector de circulación natural.	24
<i>Figura 5.</i> Diseño preprueba/posprueba con un solo grupo.	32
<i>Figura 6.</i> Fases del procedimiento de experimentación	37
<i>Figura 7.</i> Procedimiento de la Fase 1.....	38
<i>Figura 8.</i> Toma de puntos en el área de investigación.....	38
<i>Figura 9.</i> Perímetro del área de estudio y punto de ubicación del colector de placa plana	39
<i>Figura 10.</i> Evaluación de radiación solar de 12 horas del 23 (izquierdo) y 24 de mayo (derecha).	41
<i>Figura 11.</i> Control metereológico.	41
<i>Figura 12.</i> Procedimiento de la Fase 2.....	43
<i>Figura 13.</i> Placa de biopolímero con grafeno reducido.	44
<i>Figura 14.</i> Caracterización del bagazo de caña y almidón de papa.	45
<i>Figura 15.</i> Escala de pH.....	46
<i>Figura 16.</i> Potenciómetro del bagazo de caña y almidón de papa.....	46
<i>Figura 17.</i> Caracterización del grafito.....	48
<i>Figura 18.</i> Obtención del grafeno a partir del grafito.	51
<i>Figura 19.</i> Procedimiento de la fase 3.....	53
<i>Figura 20.</i> Procedimiento de la Fase 4.....	55
<i>Figura 21.</i> Caracterización del agua en el colector solar.....	56
<i>Figura 22.</i> Procedimiento de la Fase 5.....	59
<i>Figura 23.</i> Colector de placa plana de biopolímero con grafeno reducido	59
<i>Figura 24.</i> Colector de placa plana de biopolímero con grafeno reducido y control meteorológico.....	60
<i>Figura 25.</i> Resultado de temperatura de los recursos utilizados.....	63
<i>Figura 26.</i> Resultado de pH de los recursos utilizados	64

<i>Figura 27.</i> Resultado de C.E de los recursos utilizados.	64
<i>Figura 28.</i> Resultado del potencial redox de los recursos utilizados.	65
<i>Figura 29.</i> Resultado de la humedad de los recursos utilizados.	65
<i>Figura 30.</i> Mapa de ubicación del área de estudio en ArcGIS.	107
<i>Figura 31.</i> Modelo del molde de la placa en AutoCAD.	108
<i>Figura 32.</i> Datos en la estación meteorológica del día 07 de julio.	114

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de un biopolímero con grafeno reducido en un colector solar de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres. Se caracterizó los parámetros físico-químicos de los principales materiales que se utilizaron para la elaboración de la placa absorbente. En el caso de la papa y el bagazo de caña de azúcar se determinaron los datos de humedad, temperatura, pH, conductividad eléctrica y potencial redox y en el del grafito parámetros datos del % de humedad, materia volátil, ceniza y carbono fijo. El grafeno reducido se obtuvo por el método de Hummers y posterior reducción térmica. Luego, la placa absorbente fue sometida a pruebas físicas y mecánicas. A fin de evaluar la calefacción de agua sanitaria, se construyó un colector de placa plana de capacidad de 20L para las pruebas con la estación meteorológica durante 3 h (1 a 3:00 pm) por 24 días (15 de junio al 8 de julio). Los resultados mostraron que la tensión máxima, la elongación de rotura y la eficiencia de la placa fueron de 0.0027MPa, 0.67%, respectivamente. Lo que concluyó que la placa de biopolímero con grafeno reducido en el colector solar de placa plana logró calentar el agua sanitaria, aunque mostrando una cierta fragilidad en su estructura.

Palabras clave: Biopolímero, grafeno reducido, colector solar, calefacción y agua sanitaria.

Abstract

The present investigation had the objective of determining the efficiency of a biopolymer with reduced graphite in a flat plate solar collector for sanitary water heating in San Martín de Porres. The physical-chemical parameters of the main materials used for the elaboration of the absorber plate were characterized. In the case of potato and sugar cane bagasse, data on humidity, temperature, pH, electrical conductivity and redox potential were determined, and in the case of graphite, data on % humidity, volatile matter, ash and fixed carbon were determined. The reduced graphite was obtained by the Hummers method and subsequent thermal reduction. Then, the absorber plate was subjected to physical and mechanical tests. In order to evaluate the sanitary water heating, a 20L capacity flat plate collector was built for testing with the weather station for 3 h (1 to 3:00 pm) for 24 days (June 15 to July 8). The results showed that the maximum stress, elongation at break and plate efficiency were 0.0027MPa, 0.67%, respectively. This concluded that the biopolymer plate with reduced graphite in the flat plate solar collector was able to heat the sanitary water, although it showed a certain fragility in its structure.

Keywords: Biopolymer, reduced graphene, thermal energy, solar collector, heating and domestic water.

I. INTRODUCCIÓN

La demanda global de energía térmica, incluidos los usos finales de calefacción y refrigeración, representa aproximadamente el 50% del consumo final en el mundo. Dicha energía se basa en gran medida en los combustibles fósiles y contribuye con casi el 40% de las emisiones mundiales de CO₂ (REN21, 2019). Por ello, al buscarse la integración de la energía renovable en las redes de calefacción y refrigeración se vio como una opción viable la aplicación de las tecnologías solares térmicas en diferentes industrias (IPCC, 2011). Lo cual, se ha ratificado en cifras de rendimientos anuales de energía térmica solar mundial que ascendió de 51 TWh en 2000 a 396 TWh en 2018; representando para ese último año un ahorro de 42,6 millones de toneladas de petróleo y 137,5 millones de toneladas de CO₂.

La utilidad primordial de los sistemas solares térmicos es el calentamiento de agua sanitaria. En el 2017, la energía térmica aportada a nivel mundial para la calefacción de agua de uso doméstico representó el 94%. Esos sistemas fueron abastecidos principalmente por colectores de agua vidriados (placa plana, tubo de vacío) y los no vidriados. La capacidad total instalada para ese año fue de 336,4 GWth (colectores de tubos evacuados), 107,2 GWth (colectores de placa plana) y 28,7 GWth (colectores de agua no vidriados) (Weiss y Spörk-Dür, 2019).

Estos colectores solares tienen como pieza central el absorbente; que en el caso de los colectores convencionales de placa plana se componen de metales (láminas de cobre o aluminio) recubiertos de pinturas específicas capaces de absorber la radiación solar (Evangelisti et al., 2019), los cuales presentan desventajas como el elevado precio resultante en su fabricación (REN21, 2019) y el alto peso durante el transporte (Kim et al., 2016). A razón de esto, surgió la motivación de sustituir estos materiales con otras opciones como los polímeros; ya que estos colaboran en la reducción de costos, libertad de diseño e integración a edificios, así como en la facilidad de montaje debido al peso ligero (Klein et al., 2017).

Pero a pesar de estas ventajas, para considerar el uso de polímeros como una opción acorde a las políticas de energía renovable. Deben ser consciente de que al utilizar plásticos como materia prima está sometido a los problemas que padece los combustibles fósiles.

Como el de ser un recurso agotable, perjudicial para el medio ambiente (Evangelisti et al., 2019) y tener un pronóstico de aumento en el precio en el mercado futuro (Klein et al., 2017). Dado a esto, el empleo de biopolímeros técnicos se ven como una atractiva solución debido a que estos materiales son de origen biológico o biodegradable, además que ya han sido probados en diferentes industrias donde están bien establecidos en diversas aplicaciones.

Respecto a la aplicación de biopolímeros técnicos como absorbentes de colectores solares, las investigaciones recientes indican que teóricamente hay biopolímeros biodegradables potenciales (Klein et al., 2017). He aquí el interés de esta investigación, ya que no se ha realizado una verificación en campo de la aplicación de estos biopolímeros técnicos en colectores solares a condiciones climáticas propias del ambiente de Perú; tampoco se ha dado opciones de solución que estén acorde a las recomendaciones teóricas dadas para una mejor resistencia y estabilidad a largo plazo del biopolímero.

En la **formulación del problema** de investigación se propuso preguntas, las que se dividieron de la siguiente forma: para el problema general se detalló la interrogante ¿Cuál es la eficiencia del biopolímero con grafeno reducido en el colector solar de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martin de Porres, 2020?, y para los problemas específicos se tuvieron preguntas como ¿Cuáles son las características de la placa de biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martin de Porres, 2020?, ¿Cuáles son los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martin de Porres, 2020? y ¿Cuáles son las características del grafito utilizado en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martin de Porres, 2020?.

La **justificación** de la realización de esta investigación es sustentada bajo los siguientes argumentos:

Según su implicancia práctica, este estudio nos brindó una opción de colector solar de placa plana para la calefacción de agua sanitaria, con un menor porcentaje de

generación de gases de efecto invernadero a bajo costo en el futuro. Debido a que el material absorbente tiene como materia prima a un biopolímero que proviene de recursos naturales (Klein, 2017).

Según su implicancia social, el prototipo tiene trascendencia para la sociedad por su posible uso para calefacción de agua de uso doméstico en diferentes partes del Perú a bajo precio, enfocándose a poblaciones con bajo recursos económicos que cuentan con condiciones climáticas favorables.

Según el valor teórico, esta investigación brindó datos experimentales del empleo de un biopolímero a base de almidón en un colector de placa para la calefacción de agua sanitaria basados a las condiciones climáticas del distrito de San Martín de Porres del presente año, que pudieron compararse con los datos teóricos que se tienen sobre el uso de biopolímeros como absorbente solar. Además, se dio aportes de nuevas recomendaciones respecto al uso de rellenos fusionados como el grafeno reducido y el bagazo de caña.

Según el aporte ambiental, se tiene que el uso de un biopolímero como absorbente solar de un colector de placa plana contribuye a la reducción del uso de materiales provenientes de combustibles fósiles. Así como al ser una alternativa de energía renovable a base de energía solar colabora con la minimización de generación de CO₂ eq, adicionando que se buscó un uso específico en un colector de placa plana, ya que dicho colector solar que es más usado en edificaciones para la mejora de la calidad del aire (REN21, 2019).

Según el aporte tecnológico, con este estudio se pudo obtener un prototipo de colector solar con biopolímero con grafeno reducido, postulándose como una nueva opción de material absorbente de colectores de placa plana de a bajo costo y adaptable a la disponibilidad de recursos de cada región.

Como **objetivo** general para esta investigación se planteó: Determinar la eficiencia del biopolímero con grafeno reducido en el colector solar de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020, basándose en objetivos específicos como: Determinar las características de la placa de biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana para la calefacción

de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020, Determinar los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020, y Determinar las características del grafito utilizado en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

Para **la hipótesis** general de la presente investigación se propuso que el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana es eficiente para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020; simulando un resultado final semejante a los obtenidos en colectores solares comerciales. Las hipótesis específicas postularon que: Las características de la placa absorbente de biopolímero con grafeno reducido en un colector de placa plana son favorables para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020, Los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana son adecuados para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020, y que: Las características del grafito utilizado en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana son las necesarias para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Para encontrar soluciones en relación a la problemática expuesta en la presente investigación se debe mencionar trabajos previos internacionales y nacionales relacionados a estos temas.

Entre **los trabajos previos internacionales** referente a aplicación de bioplásticos en colectores solares tenemos a Klein et al. (2017), estudio en el que se evaluó 5 biopolímeros técnicos respecto a su potencial para aplicaciones solares específicas y el comportamiento de envejecimiento. Se aplicaron análisis de pruebas de tracción, calorimetría diferencial de barrido, análisis mecánico dinámico y exposición al Xenontest a muestras de $\sim 150\text{mm} \times 15\text{mm} \times 400 \mu\text{m}$ a distintas temperaturas en un intervalo de 1000 h en medios acuosos (agua destilada) y aire como parte de la metodología. Donde se indicó que en caso de bioplásticos renovables como la biopoliamida (Bio-PA), a pesar de evidenciar una severa reducción de la tensión de rotura (5%) ante la radiación UV presentaba un potencial en colectores solares de aire y de placa plana. Mientras que en pruebas realizadas a biopolímeros biodegradables como al ácido poliláctico (PLA) se obtuvo resultados de cambios morfológicos en todos los análisis hechos, especialmente ante la exposición al xenón causando daños irreversibles en la estructura. Así pues, se recomendó la estabilización de los biopolímeros con rellenos absorbentes típicos en los dos casos y un empleo del ácido poliláctico a baja temperatura para efectos favorables. Se concluyó que se presenta mayor potencial en los biopolímeros como la biopoliamida y el acetato de celulosa, además de la necesidad de un mayor enfoque en la optimización de la estabilidad a largo plazo de estos materiales a partir de recursos renovables.

Albizzati (2015) en la investigación que evaluó sistemas solares de colectores de placa plana y de tubos evacuados combinados con fuentes auxiliares de energía como electricidad y gas licuado, se aplicó un análisis de ciclo de vida para determinar el impacto energético y ambiental del uso de energía solar. Esta evaluación se enmarcó en el cálculo de indicadores de sustentabilidad para el calentamiento solar de agua sanitaria. Para ello, primero se precisó el aporte solar y la eficiencia térmica mensual y anual para luego estatuir la energía solar térmica generada y la emisión de gases eludidas. Después se restó la energía consumida

y la emisión provocada por las exigencias del sistema de absorción solar para realizar la amortización energética imprescindible para recuperar la energía consumida y ambiental que generan los gases emitidos por cada instalación. Con lo que se alcanzó resultados principales que a pesar que la mayor contribución solar a la demanda y a la eficiencia térmica lo brindaba el colector de tubos evacuados con electricidad, el colector de placa plana aporta la máxima mitigación total con una cifra de 21 375.2 kg CO₂ eq. Lo cual apoya al uso de este tipo de colectores para la calefacción de agua sanitaria para una mayor mitigación de CO₂.

Iranmanesh et al. (2017), en el trabajo que buscó la mejora del rendimiento térmico del colector solar de tubos de vacío mediante el uso de nanofluidos de nanoplaquetas de grafeno (GNP) con diferente concentración de 0,025, 0,05, 0,075 y 0,1% en peso. Evaluó las propiedades físicas y térmicas de este nanofluido; incluida la estabilidad, la capacidad térmica específica, la viscosidad y la conductividad térmica. Para ello, se empleó una metodología que contó con 2 cálculos como fueron el de la eficiencia del colector con la norma ASHRAE 93-2003 y la eficiencia térmica con análisis de caudal volumétrico variable de 0,5, 0,1 y 1,5L /min en el colector solar. Además, se realizaron exámenes como la transmisión de microscopía electrónica y la microscopía electrónica de barrido de emisión de campo para la indagación del comportamiento morfológico de las nanoplaquetas de grafeno y el cálculo de la eficiencia del colector la norma ASHRAE 93-2003. Donde se obtuvo que la eficiencia térmica del colector solar dio una mejora de hasta el 90.7% para 0,1% en peso a un caudal de 1.5 L / min cuando se usó el nanofluido GNP como medio de absorción. Además, señaló que al aumento de GNP %m también aumenta la ganancia de energía térmica, alcanzando una temperatura de salida más alta del fluido cuando se utilizan nano-hojas de grafeno.

Ahmadi (2016), en el trabajo que tuvo como objetivo investigar el efecto del nanofluido de grafeno en el rendimiento térmico de los colectores solares de placa plana. Se analizó la estructura del grafeno mediante imágenes de microscopía electrónica de barrido de emisión de campo y espectroscopia UV-vis. Además, se preparó el nanofluido de grafeno / agua mediante un método de dos pasos (ultrasonido y transitorio de alambre caliente corto) con diferentes fracciones de masa (0.01 y 0.02). % en peso). Se estudió a fondo la conductividad térmica, la

viscosidad cinemática y la influencia del nanofluido. Donde se indicó que la dispersión del grafeno en el fluido base puede aumentar la eficiencia térmica del colector solar hasta un 18.87% y la temperatura del agua en el calentador solar alcanzaba hasta 71°C. Se reveló que el nanofluido de grafeno puede mejorar efectivamente el rendimiento de los sistemas de calentamiento de agua por energía solar.

Rouf y Kokini (2016) en la investigación que evaluó trabajos sobre la fabricación, aplicación y mecanismos de unión entre biopolímeros con diferentes formas de grafeno para la formación de compuestos ecoamigables. En estos documentos se revisaron la integración de bioplásticos biodegradables, como el PLA, almidón, quitosano, celulosa, biopoliamidas y otros materiales con diferentes tipos de grafeno, incluyendo óxido de grafeno (GO), óxido de grafeno reducido (RGO), nanoplaquetas de grafeno (PNB). Se utilizó análisis de espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR), difracción de rayos X (XRD), Raman, microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía electrónica de transmisión (TEM) y de microscopía de fuerza atómica (AFM) para la evaluación de mecanismos de mejora de las propiedades de los biopolímeros-grafeno. Con la cual se pudo concluir, que la existencia de grupos amino, hidroxilo o carboxilo en los bioplásticos conlleva a una relación muy eficiente con los grupos funcionales en grafeno y GO. También se indicó que el empleo del grafeno como nanorelleno ha llevado a la producción de nanocompuestos de bajo coste, ligeros y de alto refuerzo. Incluyendo el impacto respetuoso con el medio ambiente porque la cantidad de grafeno en la película suele ser muy pequeña (5%).

Andrić et al. (2018) en el trabajo que investigó la influencia de los parámetros arquitectónicos y urbanos en el uso de colectores solares térmicos y otras fuentes de energía renovables, se eligió un bloque urbano típico de la ciudad de Kragujevac, Serbia para la aplicación de cálculos. En las que se definió los principios de diseño en todo el país y la región de los Balcanes basados en las recomendaciones desarrolladas por el Ministerio de minería y energía y las regulaciones serbias. Señalaba que los colectores necesarios para la preparación de agua caliente sanitaria ocupan pequeños porcentajes de la superficie del tejado de las viviendas, dejando espacio suficiente para la aplicación de otros sistemas

solares. Asimismo, qué través del modelo sencillo de este, quedó establecido la reducción de las emisiones de CO₂ al utilizar sistemas solares para la preparación de agua caliente sanitaria.

Karki et al. (2019) en la investigación que desarrolló para proporcionar ayuda a los pequeños y medianos fabricantes a tomar decisiones de diseño para la aplicación de sistemas de colectores solares planos en sus operaciones. Se llegó a aplicar un modelo simplificado que determinaba el costo de los sistemas de energía y la cantidad de energía recolectada del colector de placa plana solar, que se complementado con un software de soporte de decisiones para diferentes escenarios hipotéticos y un análisis de sensibilidad de la relación ahorro-inversión (SIR) cambiando los parámetros de entrada seleccionados en un $\pm 30\%$ del caso base. Que concluyó que solo era recomendable el uso de colectores de placa plana para el calentamiento de agua a baja temperatura ($<100^{\circ}\text{C}$), que para una mayor temperatura se explorará colectores de tubos de vacío.

Li et al. (2018) en la publicación que realizó un estudio comparativo de las mejoras de las propiedades mecánicas de los compuestos poliméricos reforzados con nanotubos de carbono (CNTs) y láminas de grafeno. Se desarrollaron modelos moleculares de matriz de polímeros reforzados por el mismo porcentaje en peso de nanotubos de carbono y láminas de grafeno, que constaron de simulaciones de extracción, propiedades de tracción de los nanocompuestos y método de simulación MD. Donde se indicó un 18% más alto en el módulo de Young, un 8,7% más alto en la resistencia a la tracción y un 5% más alto en la energía de la grieta superficial con la incorporación de una lámina de grafeno como refuerzo que con el refuerzo de CNT. Con lo que se concluyó que la lámina de grafeno desempeña un mejor papel en retrasar la propagación de grietas.

Ma et al. (2013) en el estudio que analizó compuestos basados en almidón plastificado (PS) con óxido de grafeno (GO) y óxido de grafeno reducido (RGO), se comparó estos materiales de acuerdo a la eficiencia que presentaban como relleno de la matriz del almidón plastificado. El GO se obtuvo a través de la oxidación del grafito con el método de Hummers y el RGO de la reducción por glucosa del GO. Para la metodología se aplicaron pruebas de espectroscopia de transmisión de

infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), análisis termogravimétrico (TG), la microscopía electrónica de barrido (SEM), pruebas mecánicas, espectros UV-visibles (UV-vis), la conductividad eléctrica y la permeabilidad al vapor de agua. Resultando que los compuestos GO/PS demostraron mejor resistencia a la tracción, alargamiento a la rotura y barrera contra la humedad que los compuestos RGO/PS, pero menor estabilidad térmica. Los compuestos GO/PS fueron propuestos para proteger contra la luz UV, mientras que las conductividades de los compuestos RGO / PS podrían alcanzar $1,07 \times 10^{-4}$, $6,92 \times 10^{-4}$ y $0,01$ S/cm con una carga de 2% en peso de RGO, respectivamente almacenadas en RH50, 75 y 100%.

De la Peña y Aguilar (2014) en su publicación referente a colectores solares poliméricos como la mejor alternativa para calentar agua en hogares mexicanos. Desarrolló un tanque de almacenamiento y un colector solar, que fueron diseñados y fabricados con materiales poliméricos, polietileno y polipropileno, respectivamente. Donde el absorbedor solar fue fabricado por el método de inyección, mientras que el tanque de almacenamiento mediante la técnica de rotomoldeo. Se concluyó que, de acuerdo a pruebas de rendimiento y mecánicas, el calentador de agua solar polimérico cumplió con los requisitos técnicos necesarios que se describen en el documento técnico de energía solar térmica para México. Además, estas pruebas indicaron que el calentador de agua solar polimérico tuvo un comportamiento térmico similar al de un calentador de placa plana metálico, que alcanza temperaturas de hasta 60°C con radiaciones solares cercanas a 22 MJ/m^2 .

Huang et al. (2019) en el artículo que realizó para identificar las razones de la demanda y oferta detallada del mercado termosolar chino ante la disminución significativa de la producción de colectores solares de ese país. Indicó que a través de un análisis exhaustivo sobre el desarrollo y la transición del mercado termosolar, considerando su cuota de mercado superior al 70% en todo el mundo. Se llegó a estimar que los sistemas solares de agua caliente sanitaria dominarán el mercado chino gradualmente en las zonas urbanas, incluyendo el incremento continuo de los colectores de placa plana en el mercado con el apoyo de la investigación y desarrollo. Y así que los colectores solares de tubos evacuados, como en los

últimos 10 años.

Ramschak et al. (2016) en el trabajo que brindó una visión general sobre los requerimientos a nivel de componente y derivación de la propiedad de los materiales poliméricos en el nivel de muestra. Se implementó y utilizó herramientas de diseño y modelado para colectores solares en 5 sitios en el mundo con potencial de uso de esta energía solar, que permitieron la descripción de perfiles de temperatura, condiciones de estancamiento, curvas de eficiencia, pérdidas de presión, distribución de flujo de fluido y calor y la optimización térmica e hidráulica de todo el colector. El cual dio como resultado que los colectores con polímeros deberían tener sistemas de drenaje abiertos para una posible reducción del estrés de presión, además indicó que las cargas de temperatura máxima de los absorbentes poliméricos se presentan en regiones con clima cálido y húmedo (Brasil en este caso).

Povacz et al. (2016) en el trabajo que caracterizó la estabilidad a largo plazo de 2 sistemas de bloques de copolímeros de polipropileno (PP) comerciales pigmentado en negro de humo como absorbentes térmicos solares a temperaturas elevadas. Se prepararon muestras de rodajas de 100 μm de espesor, envejecidas en aire caliente y fluido portador de calor (mezcla de 60% en volumen de agua desionizada y 40% en volumen de propilenglicol comercial) a 95 ° C, 115 ° C y 135 ° C por hasta 15,000 horas. Para ser caracterizados en términos de varios indicadores de envejecimiento. Se observó que los procesos de envejecimiento de los compuestos de PP dependen del sistema estabilizador. Además, se indicó que la exposición al aire caliente causa un envejecimiento más severo que la exposición al fluido portador de calor.

Kim et al. (2016), en el estudio que desarrolló un colector solar de placa plana a bajo costo utilizando como absorbentes nanotubos de carbono (CNT) con componentes poliméricos. Se evaluó el rendimiento térmico del colector y las características de los parámetros de diseño a través de un análisis matemático de transferencia de calor, buscando la mejora de las propiedades térmicas y ópticas del absorbedor. Fueron probados prototipos del colector propuesto en un simulador solar de última generación. Que concluyó que el sistema creado evidenció una alta

eficiencia térmica, comparable al convencional de colector solar plano, pero a un costo más bajo. Incluyendo un progreso importante en las propiedades del absorbente polímero.

Saffarian et al. (2019) en el artículo que buscó incrementar el coeficiente de transferencia de calor en un colector solar de placa plana con diferentes formas de trayectoria de flujo utilizando nanofluido. Se simuló tubos en forma de U, ondulados y en espiral con longitudes de tubo idénticas a la de un colector plano convencional. Y se eligió Al_2O_3 /agua y CuO /agua en fracciones de volumen de 1 % y 4%. Los cuales, como parte de la metodología se sometieron a ecuaciones tridimensionales y de estado estacionario de continuidad, momento, modelo de turbulencia SST k- ω y energía. Donde un resultado que más se remarcó fue que el coeficiente de transferencia de calor aumentó utilizando nanofluidos en lugar de agua en todos los casos.

Mondragón et al. (2019), en la investigación que se experimentó con nanofluidos de alúmina / agua para evaluar la influencia del contenido sólido (de 0.25 a 5% en volumen), la velocidad de flujo en Reynolds, Nusselt y el coeficiente de transferencia de calor de este fluido, utilizando un colector solar de placa plana. Para lo cual, se determinó el calor específico, la conductividad térmica y la viscosidad. Donde se obtuvo una reducción en la eficiencia del 47% al 41.5% y una disminución en el factor de eliminación de calor usando el nanofluido de alúmina. Además, se detalló que los nanofluidos son una buena opción, solo si la concentración de nanopartículas es lo suficientemente alta como para mejorar la conductividad térmica, pero no tan alta como para evitar la deposición de la pared.

Entre **los trabajos previos nacionales**, Torres et al. (2017) en el estudio que diseñó, construyó y evaluó un colector solar basado en latas de aluminio de gaseosas como superficie absorbente para la calefacción de agua de aplicación doméstica en la ciudad de Tacna. Constó con una metodología sencilla y económica en la fabricación del prototipo, regidos por cálculos respecto a los datos de radiación solar de la zona. Teniendo como resultado que la eficiencia instantánea llegó al 46 %, que llevó a la conclusión que el uso de latas de aluminio como material absorbente puede ser una alternativa para proveer de agua caliente

sanitarias a bajo costo en zonas sur del Perú, además de señalar que comportamiento térmico de los materiales utilizados es semejante al de los materiales usados en las termas solares convencionales de placa plana.

Espina et al. (2016) en el artículo que examinó el impacto de las fibras naturales conseguidas de residuos agroindustriales, determinó parámetros como el gramaje, la densidad y las propiedades mecánicas de las espumas termoprensadas hechos de almidón de especies nativas como fueron la oca, la arracacha y el camote. Se contó con una presión de 60 bar y una temperatura de 145 °C en la fase de termoformado. El tiempo de horneado fue de 10-15 min dependiendo del contenido de agua en la mezcla. Las bandejas fueron caracterizadas por su densidad, gramaje, ensayo de impacto, ensayos de deflexión, colorimetría y sus valores de dureza y fracturabilidad. Las bandejas elaboradas por termopresión a base de almidón de camote-fibra de bagazo de caña de azúcar al 15%, y de almidón de arracacha-fibra peladilla de espárrago al 30% presentaron mayores valores en resistencia a la flexión frente a las elaboradas con otros tipos de almidones y fibras. De manera general, la dureza de las bandejas se ve favorecida con el incremento de fibra, sin embargo, la fracturabilidad decrece o no mejora la integridad de la matriz polimérica. Los resultados en esta investigación permitirán la elaboración de bandejas biodegradables para distintas aplicaciones industriales.

A continuación, se muestra las **bases teóricas** vinculadas a los objetivos, las variables y dimensiones de la presente investigación como complemento de los antecedentes mencionados para comprender el desarrollo de investigación.

Entre las teorías relacionadas a la elaboración de la placa absorbente de biopolímero con grafeno reducido se cuenta que, los **biopolímeros** son sustancias obtenidas a partir de materia viva que sirven como sustituto ecológico ante productos derivados de combustible fósil son una alternativa para cumplir con los protocolos ambientales emergentes, ya que cumplen con un menor ciclo de vida y sus efectos sobre el ambiente son más amistosos pues generalmente son biodegradables (George, Sanjay, Sriusk, Parameswaranpillai y Siengchin, 2020).

Así como están compuestos de moléculas químicas de gran tamaño que se forman por las uniones de los enlaces covalentes llamadas monómeros (Meneses, Corrales y Valencia, 2007, p. 58). A parte de ello, se caracterizan por su durabilidad, resistencia y funcionalidad con el fin que sean aprovechados a lo largo de las décadas; sin embargo, es evidente que se presencia un mal uso de los productos ya que son desechados mucho antes de su desintegración que generan con el tiempo problemas ambientales (Flores, 2009, p. 4).

Además, se clasifican como: los termoestables que tiene una estructura molecular en forma de red logrando que no se desintegran por la temperatura y no pueden ser modificados ni para reciclarse; los termoplásticos tienen sus ramificaciones en cadenas lineales que permite ser reciclable; y los elastómeros (conocidos como cauchos) proviene del hule que son pequeñas moléculas independientes que cede a altas capacidades de elasticidad (Meneses, Corrales y Valencia, 2007, p. 59).

Asimismo, se menciona que el biopolímero también puede ser un recurso natural transformado a un producto polimérico; es decir, conjunto de moléculas que sirven para el bien común en el estilo de vida del ser humano. Esto se realiza de forma habitual o con procedimientos catalizadores. De esta manera puede aportar para la producción de plástico además que es capaz de desintegrarse en la superficie terrestre (Flores, 2009, p. 5), eso dependerá de las condiciones ambientales presentes que ayudan a gran magnitud en reducir el grado de contaminación a nivel global. También existen varios tipos de biopolímero, donde sus elaboraciones pueden ser compuestos como el almidón, celulosa, carbohidratos (bacterias y hongos) y a base de proteínas de animales (lana, seda gelatina y colágeno) que ha ido realizando desde los comienzos de las culturas (Johnson, Tucker y Mwaikambo, 2003, p. 2)

Por otro lado, según Meneses, Corrales y Valencia, la norma ASTM D 5488-944 define la biodegradabilidad como la capacidad de un material de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua y componentes orgánicos o biomasa, en el cual el mecanismo predominante es la acción enzimática de microorganismos” (2007, p. 61). Para tener en cuenta ese criterio es necesario que cumpla condiciones como su temperatura, pH, humedad, peso molecular, cristalinidad,

susceptibilidad y enlaces a la hidrólisis, y microorganismos (Ruiz, 2005, p. 18).

Se toma en cuenta que en los polímeros biodegradables se clasifican en sintéticos (es creado de fuente naturales como materia agrícola), modificados para ser aptos al ataque enzimático (se añade polisacáridos) y naturales por organismos vivos que conlleva a enlaces hidrolizados como la celulosa, proteínas y almidón (Flores, 2009, p. 5-6).

Por consiguiente, en la investigación se enfocó en la producción del **biopolímero basado en el almidón**, que tiene la capacidad suficiente para moldear y formar películas. Ya que están compuestas por la amilosa un 20% y la amilopectina un 80%, dónde se relaciona en aspectos como la resistencia y cristalinidad. Entre la obtención de este recurso industrial puede encontrarse en la papa, caña de azúcar, ácidos orgánicos, yuca y entre otros. (Enríquez, Velasco y Ortiz, 2012, p. 184).

La **papa** tiene una procedencia de América del Sur, este alimento se clasifica como tubérculo, su composición es de 20 % de almidón, que tienen una combinación de la amilosa y la amilopectina logrando que su descomposición sea más llevadera (Sierra, Solano y Valderrama, p. 1). La caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) proveniente de Asia se adapta en climas tropicales y subtropicales. Se caracteriza por tener la corteza de fibras lignocelulósicas con forma fibrovasculares empaquetado ceñida, son alargadas, rígidas y su pared es gruesa, siendo óptima para la producción en el ámbito papelera. Existen células en su medula que reservan solutos y nutrientes. Para poder extraer la sacarosa es necesario prensarlo que provoca grandes cantidades de desecho orgánico que se compone de mezclas de fibra, medula y vaso, en conjunto se les llama bagazo de caña de azúcar (Vargas et al, 2015, p. 118).

Por otra parte, en la fabricación de biopolímeros se toman en cuenta varios aspectos, tales como el plastificante, que es una sustancia líquida y viscosa que se puede adicionar a la elaboración de biopolímeros con el objetivo de mejorar la flexibilidad. Estos se pueden dar en agua, alcohol, cetonas, aminas y entre otros; se aconseja usar plastificantes con presión de vapor baja para evitar su volatilidad en el proceso de calentamiento. Los que son solubles al agua como el glicerol o glicerina, sorbitol y maltiol que son eficientes para agentes suavizantes en los

almidones. Además, presenta beneficios en el material; es decir, aumenta la resistencia (Enríquez, Velasco y Ortiz, 2012, p. 186).

Para aumentar algunos componentes al almidón pueden ser rellenos inorgánicamente como: el caolín que minimiza la porosidad, la mica; los silicios como el silicato de calcio que absorben agua; micro geles que absorben la humedad de los almidones termoplásticos; metales como acero, hierro y entre otros (Ruiz, 2005, p. 17).

Las fibras generan flexibilidad, tenacidad, resistencia y tensión al ser añadido al almidón; ya sean orgánicas (obtenidas de madera, hojas de planta, etc.) o inorgánicas (vidrio, grafito, sílice, cerámicos, o metales). También, estas son relacionadas a la longitud a espesor, esto genera una mejor resistencia mecánica (Ruiz, 2005, p. 18).

El **grafito** es un mineral importante que cuenta con múltiples aplicaciones, actualmente se está usando en una gran variedad de tecnologías como las baterías de iones, nucleares, células solares y semiconductores. El grafito en muchos países es tomado de mucha importancia por el valor que tiene su uso. El grafito normalmente se fragmenta en tres tipos dependiendo de su tamaño y forma cristalina, tenemos al grafito carbonoso, grafito en escamas y grafito en trozos. (Hou, Li, Ma y Liu, 2020).

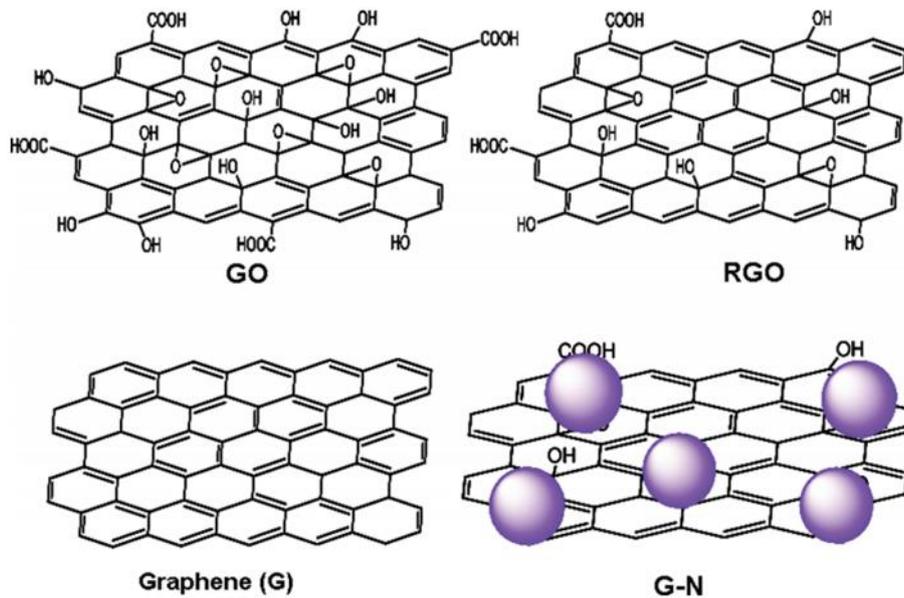
En su largo plano basal los electrones del grafito son libres de desplazarse, pero no en perpendicular se considera un buen conductor (resistividad $2.5 - 5.0 \times 10^{-16} \Omega \cdot m$). En sus propiedades térmicas se presencia un grado elevado de anisotropía, ya que los fonones se trasladan rápidamente en direcciones paralelas por los enlaces fuertes covalentes (Solís, 2011, p. 8).

El **grafeno** es un material compuesto de carbono formado en una estructura de hibridación de tipo sp^2 con un intervalo de banda de energía cero, que tiene propiedades notables como alta conductividad, gran área superficial, alta estabilidad mecánica y térmica; lo que ha motivado que este siendo altamente

estudiado para diferentes aplicaciones. Recientemente, muchas el trabajo se ha centrado en polímeros mejorados mecánica o eléctricamente usando nano hojas de óxido de grafeno (GO) o grafeno reducido óxido (RGO) como nanorrellenos (Feng et al., 2011). Donde las características principales para el uso térmico son la alta conductividad térmica a temperatura ambiente ($103 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$) y gran superficie ($>2000 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$) en comparación con el grafito ($10 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$) o nanotubos de carbono ($1300 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$), que se han utilizado para hacer nanocompuestos a base de grafeno en aplicaciones óptica y electrónica. De tal forma es que la eficacia de los materiales basados en grafeno es generalmente más alta en comparación con otras formas de carbono como el nanotubo de carbono y fullereno (Mondal y Jana, 2014).

En la Figura 1, se indica la estructura química del grafeno y sus derivados. Otras características térmicas del grafeno son la capacidad térmica, dependiente del grafito insertado, por ser la cantidad de calor necesario para elevar su temperatura, siendo su valor en diferentes estudios de $0,720 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ (Mannelo, 2005).

La determinación de la conductividad en el grafeno se hace mediante el flash indirecto, un método que hace cálculo o medición del calor específico, logrando que la conducción del calor arroje valores comparables a los que se obtiene con los metales, por ejemplo en el caso del grafito se obtiene una máxima conductividad térmica a niveles de ambiente, debido a que la masa que se presenta en los átomos de carbono a nivel del plano basal de grafito y su resistencia en los enlaces que se conectan dan soporte a la ocurrencia de fotones de alta energía. A lo que se deriva que la conductividad térmica en el grafito es alta (Kovacik y Emmer, 2019).



Fuente: (Mondal y Jana, 2014).

Figura 1. Estructura química de los compuestos de óxido de grafeno (GO), óxido de grafeno reducido (RGO), grafeno y nanopartículas de grafeno (G-N).

El grafeno puede ser obtenido a partir del grafito mediante diversas técnicas, como la carbonización, deposición química de vapor y el electrohilado (Yang et al., 2019). Para el caso del grafeno de alta calidad es generalmente sintetizado por exfoliación micromecánica en sustrato de silicio o deposición química de vapor en superficies de metales de transición, a pesar de ser unos métodos que tienen baja eficiencia de producción (Mondal y Jana, 2014). Otra técnica que también es muy usada es la de obtener grafeno por la oxidación del grafito, formando óxido de grafeno.

El **óxido de grafeno** se puede hallar mediante el óxido de grafito, utilizando grafito PD cristalino con polvo de grafito carbonatado basándose en un método Hummers. haciendo un usual proceso se puede utilizar 1g de polvo de grafito, 2,5g de NaNO_3 y 24ml de H_2SO_4 . Añadiendo estos en una fuente matraz de 3 hirviendo puestos en un termostato de calefacción eléctrica baño de agua. Posteriormente se añade una cantidad de KMnO_4 (1,2,3,4g, respectivamente), se aumenta 1 g cada 10 min para lograr una seguridad en el proceso experimental, mientras se mueve para alcanzar la producción de óxido de grafeno con variantes grados de oxidación.

A continuación, la temperatura del sistema se fija en 35 y se mantiene de esta

manera 2 h. Posteriormente se añade de 80 ml de agua desionizada de forma lenta y se aumenta la temperatura a 75°. La mezcla mantiene esa temperatura durante 1 h. A la reacción se tiene que agregar 140 ml de agua desionizada y 20 ml de solución de H₂O₂ al 30%, Entonces, el color de la suspensión torna a amarillo-marrón brillante, verde oscuro o todavía negro, eso es dependiendo del grado de grafitización del grafito original. Al cambiar el color indica la probable oxidación del grafito pristino en óxido de grafito.

La mezcla es filtrada y lavada con agua desionizada para excluir las impurezas hasta que el pH llegue cerca de 7. Para terminar, las muestras de óxido de grafito se deben obtener después de secarse a 60° en un horno. Para lograr la dispersión del óxido de grafeno, el óxido de grafito que se ha obtenido se debe dispersar en el destilado del agua para lograr una dispersión amarillo-marrón o en todo caso verde oscuro. Posteriormente la ecografía en agua durante 1 h, el óxido de grafito debe ser exfoliado en hojas de óxido de grafeno (Hou, Li, Ma y Liu, 2020).

Como parte de la obtención de grafeno a partir de grafito, se concierne que, una vez obtenido el óxido de grafeno, a partir de la exfoliación del óxido de grafito prosigue la reducción de este para separar el grafeno de grupos funcionales residuales. Entre los métodos existentes de reducción se encuentra a la **reducción térmica**, esta técnica se basa en un mecanismo de exfoliación se debe al aumento de gases como CO o CO₂ que se presencia en las láminas de grafeno en el aumento de temperatura.

Este cambio repentino descompone gases que genera un alto nivel de presión, se da cuando presenta 300 °C dando una presión de 40 MPa, Sin embargo, a 2.5 MPa de presión es capaz de provocar separar 2 láminas de óxido de grafeno. (Farías et al, 2017, p. 6). Para comprobar la resistencia y estabilidad de un biopolímero se suele someter a este a análisis, entre los que se tiene a las **pruebas mecánicas la elongación** también conocido como el alargamiento que mide la longitud del material, donde su unidad de medida es en porcentaje %. Mientras que la **prueba de tracción o tensión** mide la resistencia, sometiendo a una fuerza aplicada donde sus unidades se dan en mega pascal (MPa) (Ma et al, 2013, p. 65 y 73).

Entre las teorías relacionadas la **calefacción de agua sanitaria** en un **colector de**

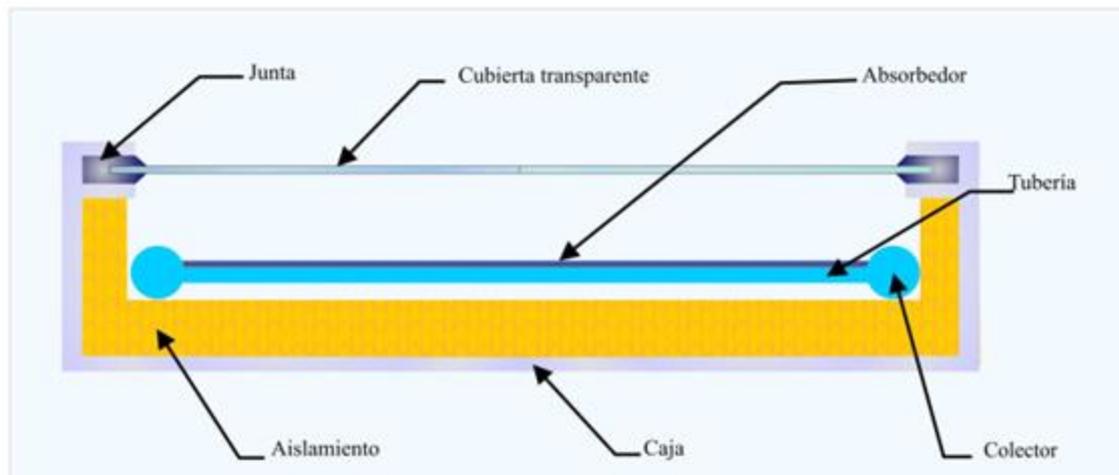
placa plana. Los colectores solares son tecnologías que se benefician de la energía solar para llegar al calentamiento de aire o agua, se utilizan para convertir la energía solar en energía térmica mediante un fluido de intercambio de calor a través de una placa absorbente. Se transfiere calor al fluido absorbente dentro del rango de 40 – 100°C, aumentando así su energía interna, que se puede usar para otras aplicaciones en el campo industrial o doméstico. El uso de colectores solares tiene como fin garantizar el secado o calentamiento, al proveer un aire o agua que cuente con temperatura distinta al que se encuentra el ambiente (Mondragón, 2019).

Estos colectores solares tienen tipos, los cuales varían según su finalidad de uso. Donde, el colector solar de placa plana se destaca debido a que es el más utilizado para la calefacción de agua en domicilios (REN21, 2019). El cual, en esta investigación se evalúa desde el punto de vista físico a través de análisis (Mondragón, 2019).

Los colectores de placa plana son el tipo comúnmente utilizado para aplicaciones que requieren temperaturas inferiores a 70°C. Normalmente está compuesto por una capa de vidrio como cubierta, aunque existen también colectores solares sin cubierta, que comúnmente son de plástico y su exposición a la radiación del sol es más directa. Donde cabe resaltar, que la pieza central se utiliza un material denominado como absorbente, que podría ser de metal o de algún tipo de polímero (Klein et al., 2017).

Los colectores de placa plana se componen principalmente de cinco elementos: la cubierta transparente (vidrio o similar), la placa absorbente (superficie que es pintada de negro para captación de luz solar), el aislante, tubos y la carcasa que contiene de todo lo anterior (Arias y Guzmán, 2009). Donde en el caso de este estudio, se le agregara al diseño aletas que conectan los tubos con la placa absorbente.

En la Figura 2 se observa un prototipo de colector solar de placa plana y sus componentes.



Fuente: Martínez, Franco y Alonso, 2013.

Figura 2. Componentes principales que conforman un colector solar de placa plana para calentar agua.

El absorbente puede ser de metal o polímeros, básicamente son las láminas que absorben la radiación para su posterior conversión en energía térmica, pueden ser de dos placas o una única placa por la cual circulan los fluidos obtenidos por el caloportador. Estos se realizan mediante circuitos hidráulicos del absorbedor que se encarga procesar el agua para transferir el calor. Asimismo, el absorbedor de parrillas puede tener forma alargada o transversal, suelen tener dos tuberías al exterior que facilita la transferencia del calor y es más económico. Otro tipo es el serpentín que solo tiene una tubería y tienen un escape directo al exterior en forma de batería, suele ser más eficiente si la tubería tiene mejor diámetro (Martínez, Franco y Alonso, 2013, p. 19-20)

El aislamiento en la placa es en base a elementos que puedan soportar altas temperaturas sin degradarse, ya sea por impactos producidos por el ambiente o un posible envejecimiento. La función de los tubos es captar la energía del colector y hacerla circular por su interior hasta llegar al punto de almacenamiento del calor. Como menciona Martínez, Franco y Alonso (2013) para un mejor procesamiento que puede ser afectada por las temperaturas altas de estancamiento es necesario

incorporar una capa de lana mineral entre el absorbedor y el poliuretano, así evitar dañar la productividad del aislamiento. Se toma en cuenta que el aumento de agua puede deformar el colector (p. 21).

La carcasa es la capa que tiene como función poder soportar los posibles impactos que se generen en el colector solar por medios de agentes externos (Arias y Guzmán, 2009). Porque tiene una excelente resistencia mecánica, a la corrosión y los cambios de temperatura que se puedan dar en la zona. Este componente suele ser construido con aluminio, acero (inoxidable o galvanizado) y plástico, que es protegido con vidrio (Martínez, Franco y Alonso, 2013, p. 22).

Existen colectores sin cubierta que se usan para calentar las piscinas; y con varias cubiertas y diferentes instrumentos donde su desventaja influye en su poca transferencia y alto costo; sin embargo, ayuda a disminuir la pérdida térmica. De igual manera hay otros tipos como el colector de concentración cilindro-parabólico compuesto (CPC) y cubiertas Transparent Insulating Materials (TIM) Martínez, (Franco y Alonso, 2013, p. 22).

El **área efectiva** de la placa absorbente, es el área total de transferencia de calor a través de la cual la radiación solar calienta al fluido portador de calor o el área del absorbente al fluido portador de calor como en la superficie receptora, las que realizan la función absorbente. Para calentar agua a temperatura media, la calefacción de espacios y para procesos industriales, los colectores solares más utilizadas son los de placa plana, en los cuales el área de la superficie absorbedor es la misma que el área total del colector; o tubulares, en los que el absorbedor se encuentra dentro de un tubo de vidrio al vacío. Esta área es importante al momento de hallar la eficiencia del colector, debido a su relación directa a la irradiancia solar (Torres et al., 2017).

Las **condiciones ambientales** del lugar de experimentación en el que se aplica este prototipo de colector para la producción de agua caliente serán catalogadas por la velocidad del viento, la temperatura media del ambiente, la irradiación solar y la temperatura del agua.

La **velocidad del viento** es la fuente principal para las corrientes oceánicas sus valores son obtenidos mediante un anemómetro expresando en Km/h, en los colectores solares de placa plana es importante realizar su medición ya que se encuentran totalmente expuestos. La temperatura del ambiente es otro de los factores que influyen en el funcionamiento del colector, la temperatura del ambiente en la presente investigación es de 25°C.

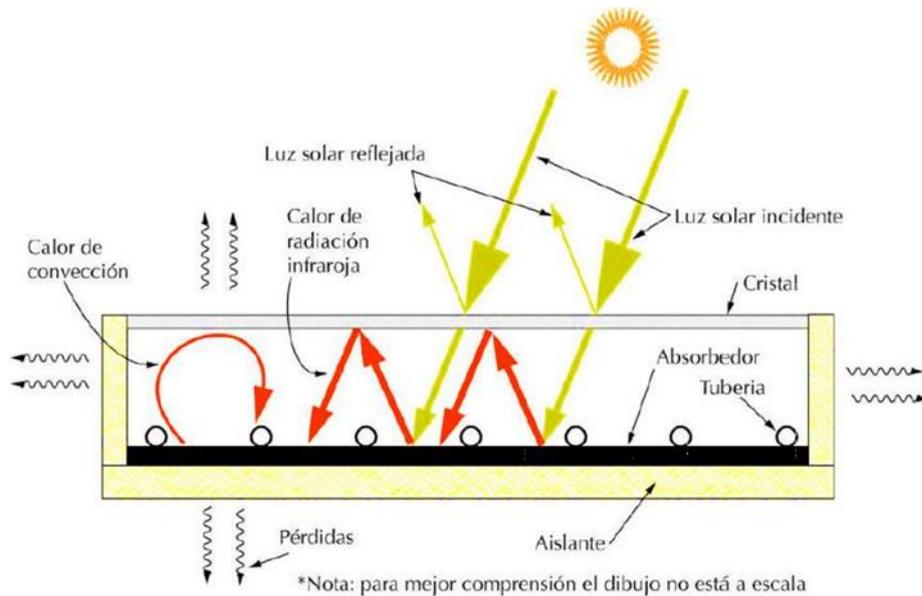
Para la calefacción de agua sanitaria es necesario medir la energía instantánea que llega al colector por unidad de área, es decir la irradiación solar, la cual es la magnitud que mide la radiación solar proveniente del sol mediante un piranómetro que expresa sus valores en W/m². Entre las **radiaciones óptimas** para el funcionamiento del colector están los valores de 22 MJ/m² o 6111, 6 (Peña y Aguilar, 2014).

Los colectores solares de placa plana deben estar de forma inclinadas para poder captar mejor la radiación solar, con dirección hacia el norte en el caso del hemisferio sur, teniendo un ángulo de inclinación similar a la latitud del lugar donde va estar establecido con la finalidad de alcanzar un rendimiento sobresaliente a lo largo del año. Los datos suelen cambiar dependiendo del lugar, los estudios afirman que el colector solar debe ser puesto con un ángulo de inclinación más plano con una relación entre los ángulos de inclinación óptimos y la latitud geográfica fuera de los trópicos de 36° a 46° en lugares donde haya más contaminación o nubosidad en el medio ambiente (Ekadewi et al., 2013).

Las dimensiones del colector se rigen por la longitud en ancho y largo, que en caso de los colectores de placa plana son del mismo tamaño de la superficie absorbente. Las dimensiones de un colector de placa plana varían dependiendo a la cantidad de material a utilizar. Existen materiales que por su elevado costo no es de fácil accesibilidad, es por eso que el uso de estos es limitado. Cabe resaltar que cada pieza del colector convencional muestra un tamaño en conjunto estándar de 2,07 m de largo y 1,07 m de ancho (Rodríguez et al., 2015).

Las temperaturas que se alcanzan en el colector, se basan del balance de la energía que entra al colector, radiación incidente, y la energía que sale del mismo, energía útil en el fluido de trabajo y las pérdidas de calor a través de la envolvente.

Asimismo, lo que se pierde es dependiente de la transferencia de calor convectivo, radioactivo y de la exposición al medio ambiente (Arias y Guzmán, 2009). Estas pérdidas se detallan en la Figura 3.



Fuente: Pineda, 2004

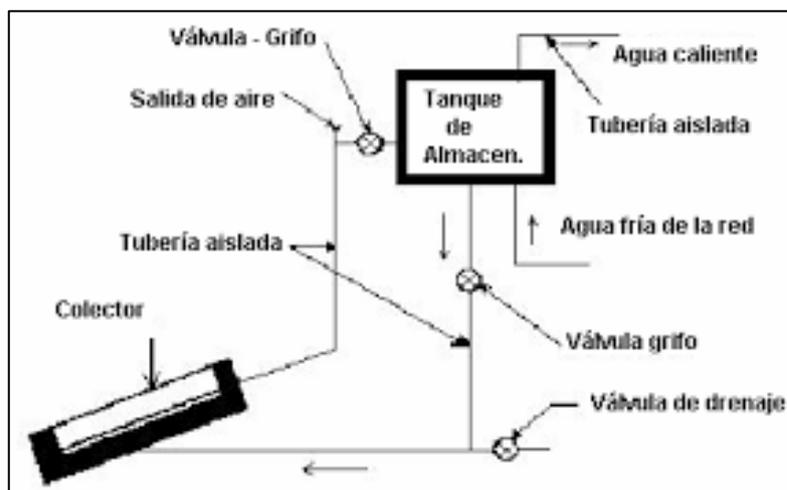
Figura 3. Transmisión de calor en un colector solar.

El sistema de calentamiento del colector solar será operado con sistema de circulación natural, quiere decir que, al hacer circular el agua entre el colector y el tanque, se produce el principio de termosifón, que se presenta cuando una cantidad de masa del fluido es calentada, por medio de un depósito, quiere decir que el fluido al ingresar por la parte inferior del colector se calienta, lo que hace que su densidad se reduzca por el aumento de la temperatura, y sucede que la columna de agua caliente dentro del colector con la columna de agua fría de regreso al colector, crean un desequilibrio que hace que la gravedad baje y esfuerce al agua caliente a subir hacia el tanque. La circulación natural o circulación por termosifón es un fenómeno basado en los cambios que suceden en la densidad del agua, ocurre que esta es inversamente proporcional al aumento de la temperatura, por ejemplo, la densidad del agua a 60 °C es menor que la densidad de agua a 20 °C. (Sánchez, 2012).

El circuito termosifón no presurizado funciona mediante el efecto termosifón, el movimiento de agua se genera por la diferencia de densidades de agua fría,

caliente y no energía externa. El agua acumulada dentro del colector requiere energía solar de esa manera al calentar se realiza el proceso de transferencia de calor de tres formas: radiación, conducción, convección y de esta manera se realiza el circuito no presurizado, porque no requiere energía externa como una bomba, se clasifican en dos tipos: Circuito cerrado y abierto. (Mercado y Machaca, 2017, p. 33-34).

Y el otro es, el circuito de circulación forzada que requiere de una bomba con energía externa, ya que es necesario para circular el agua entre el colector y acumulador, se divide en: circuito cerrado y abierto, como se puede ver en la figura 4 (Mercado y Machaca, 2017, p. 35).



Fuente: Scientia et Technica Año XII

Figura 4. Distribución de un colector de circulación natural.

La eficiencia de un colector solar se define como el cociente de la energía térmica útil frente a la energía solar total recibida. Además de las pérdidas térmicas existen las pérdidas ópticas. El factor de conversión u eficiencia óptica indica que porcentaje de los rayos solares que penetran en la cubierta transparente del colector (la transmisión) es absorbido. Básicamente, es el producto de la tasa de transmisión de la cubierta y la tasa de absorción del absorbedor.

La finalidad del colector de placa plana es transformar la energía que llega al absorbente en forma de radiación incidente a calor para ser transferido al fluido transportador que se encuentra dentro de los tubos, en el cual, el fluido se

caracteriza ser de baja temperatura. Además, de estar acompañado de un aislante que evita perder el calor y una cubierta protectora para dar una mejor estabilidad (Arias y Guzmán, 2009).

La parte de radiación solar (tanto directa como difusa) que logra atravesar la cubierta transparente del colector, incide en la placa absorbedor, la cual se calienta y transfiere este calor al fluido que circula por la parrilla de tubos soldados a la misma. Gracias al aislante térmico y también a la cubierta, que aísla al colector del exterior, las pérdidas de calor en este proceso son mínimas. La carcasa se encarga de proteger y dar consistencia a todo el conjunto.

El colector tiene pérdidas en medida que el absorbedor sube de temperatura, perdidas por radiación, convección, conducción. Las cuales, se asimilan a la energía solar recibida para llegar a una temperatura de equilibrio.

La masa total de agua del colector es la suma del volumen de agua que está en el tanque, así como en el fluido que está en el colector en la transferencia de calor convertidos en Kg, porque en este caso el fluido caloportador es agua.

El volumen de agua que se tiene en los tubos es el fluido de transferencia de calor que atraviesa al colector solar y lleva la energía térmica absorbida lejos de la placa absorbente del colector (Torres et al., 2017).

Por otro lado, el volumen de agua que se encuentra en el tanque de almacenamiento es el resultado. Es el recipiente de almacenamiento del fluido, está compuesta de un tanque de acero inoxidable, encima una capa de material aislante (poliuretano) protegido con una lámina de acero pintada para protegerlo de la corrosión y prevenir el deterioro del aislante.

Según investigaciones realizadas en el Perú referentes a sistemas para la calefacción de agua que emplean colectores de placa plana, se señala que en las experimentaciones se obtiene caudales que van de entre 2 mL/s a 2,5 mL/s (Arias y Guzmán, 2009). En estos sistemas cuentan con aspectos interesantes ya que por la baja velocidad que obtiene el caloportador de fluidos logran que la instalación se vea reducida en costos ya que se pueden usar unos tubos con diámetros más

pequeños sin que afecte la carga en su aumento. Igualmente, los bajos caudales llevan a un incremento en la agrupación del tanque, que hace que la temperatura que ingresa al captador sea menor y la potencia que se produce en el sistema se incremente (Ladeza, 2016).

Para las instalaciones del colector solar los caudales disponen una capacidad de evacuación de calor desde la conservación hasta el uso, por ello es obligatorio realizarlo de forma eficiente. Donde esto influye los circuitos para evitar la pérdida de carga y térmica. Se identifica circuito primario que depende del rendimiento óptimo, circuito secundario que es el agua consumido y caudal mínimo para asegurar la transferencia de calor, y el circuito de consumo que tiene un flujo constante, impulsado por la presión de red al abrir un grifo (Martínez, Franco y Alonso, p. 133 y 137).

Otros de los factores en el colector de agua que influyen es la retención, consiste en el tiempo que se conserva el agua sanitaria en la tubería de la placa plana para que el flujo influya en la calefacción de esta. Y otros aspectos exteriores como:

Las **condiciones ambientales** del clima que se pueden promediar en 30 años, indicando información estable y constante. Se sabe que influye directamente en la vida cotidiana del ser humano y al medio ambiental. En las costas de Perú predomina el desierto y el escás vegetal por la poca llovizna; sin embargo, presenta humedad y nubosidad. Mientras que en la amazonia se presencia alta humedad y lluvias torrenciales; es decir, tiene un clima tropical que genera un abundante desarrollo vegetal, junto con ello flora y fauna. El clima puede ser definido como promedio de los tiempos atmosféricos que se determina en cierta zona y para definir sus características se necesita un largo tiempo de estudio. Asimismo, se da entender que este puede cambiar a gran escala porque el planeta oscila; es decir, el lugar experimenta por temporadas renovaciones climáticas que pueden ser muy gradual (Riva, 2018, p. 23-24) que estas pueden influir en su entorno.

El nivel de calor que se transfiere al agua en esta investigación, se mide a través de la temperatura de salida durante un periodo de tiempo. Que se basa en los siguientes fundamentos:

La energía térmica se transporta de regiones de mayor temperatura a regiones en donde la temperatura es menor. Los mecanismos básicos de transferencia de esta energía son: radiación, convección y conducción, aunque ya se verá que entre estos dos últimos hay una estrecha vinculación a escala microscópica. En la práctica, la transferencia de energía suele ocurrir por varios de estos mecanismos actuando en paralelo (Torres et al., 2017).

En los siguientes apartados se explican muy brevemente los fundamentos de estos tres mecanismos (Cost, 1986), (Siegel y Howell, 1972), (Rohsenow et al., 1985).

La radiación térmica de un cuerpo es la radiación electromagnética emitida debido a su temperatura y a expensas de su energía interna. Esta radiación electromagnética cubre un rango de longitudes de onda entre 0.1 y 100 μm .

Para estudiar la radiación térmica a nivel macroscópico se recurre al concepto de cuerpo negro (black-body) y a las leyes que gobiernan su comportamiento. Un cuerpo negro es un cuerpo ideal que absorbe toda la radiación que sobre él incide, cualquiera que sea su longitud de onda y su ángulo de incidencia, y que emite la máxima energía posible. Las superficies reales no se comportan como cuerpos ideales o cuerpos negros ya que ni absorben toda la radiación que reciben ni emiten la máxima energía posible y en la proporción en que lo hacen sí depende tanto de la longitud de onda como de la dirección de la radiación (absorbida o emitida). Por eso los cuerpos reales están caracterizados por sendos factores llamados absorptancia, a , y emitancia, E , que consideran su desviación respecto del comportamiento ideal. El flujo de energía emitido por un cuerpo negro es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta (Ley de Stefan-Boltzman).

La fuente más importante de energía en el mundo es el sol ya que influye en todos los procesos. Esta estrella se ubica a una distancia media de 150 millones de kilómetros, su radio es 109 veces el de la Tierra y está formado por gas a muy alta temperatura. Su energía proviene de la liberación de hidrógeno de helio que se produce en el núcleo (se quema cada segundo 700 millones de toneladas) ya que se presencia constantemente reacciones atómicas de fusión nuclear, 4,3 millones se transforman en energía. Este procedimiento que sale del cuerpo solar llega hasta

la fotosfera que se filtran como rayos solares en el espacio que van a la tierra (energía solar equivalente a $1,7 \times 10^{14}$ KW), luna, asteroides y cometas. Se asegura que la fuente de energía por un periodo de tiempo es ilimitada (Chambi, 2018, p. 1-2).

Asimismo, la radiación solar al cruzar la atmósfera tiene características propias que afecta a distintos procesos para llegar sobre la superficie de la tierra. Dentro de esta se obtiene una radiación promedio de $1\ 367\ \text{W/m}^2$ y hacia al suelo cambia de 0 y $1000\ \text{W/m}^2$ aproximadamente, esto se debe a los efectos como la absorción, difusión y reflexión de la atmósfera, y entre otros. La magnitud de radiación solar global se le conoce como Irradiancia, siendo su unidad W/m^2 (tiempo, área y vatio por metro cuadrado); y las sumas de irradiancias se da en una etapa de tiempo; es decir, la Irradiación se mide a J/m^2 por hora, día, semana, mes, año, etc. (Chambi, 2018, p.23-24).

Mientras que, la radiación electromagnética es la forma como se transfiere a la superficie con diferentes longitudes de onda (frecuencia = λ) desde $0.15\ \mu\text{m}$ a $4\ \mu\text{m}$ aprox. Estas bandas pueden ser la radiación ultravioleta (100 a 400 nm), infrarrojo próximo (0.7 mm a 20 mm), radiación visible (400 nm a 700 nm), microondas (de $1\text{mm} <$) y lejano (20 mm a 1 mm), por eso existen desde longitudes de onda corta (frecuencias altas: rayos gama) y onda larga (frecuencias bajas: ondas de radio) (Chambi, 2018, p.24-25).

Además, existen tres tipos de radiación solar global que influye en el suelo terrestre, que es afectado por la nubosidad, partículas de agua, polvo y otros, de la misma manera a los cambios estacionales durante el día, la rotación y traslación del planeta. Uno de los tipos es la radiación directa (I_d) proviene directamente del sol hacia la superficie sin alterar sus componentes, tiene la peculiaridad de formar sombra a los objetos. El segundo, es la radiación difusa (I_s) donde la nube es reflejada o absorbida provocando que valla por varias direcciones; es decir, es "adireccional" que logra introducirse en la vegetación. Por último, se encuentra la radiación reflejada (I_r) se refleja más por la superficie horizontal que las verticales terrestre, también conocido como albedo. Estas clases de radiaciones se suman, conocida como la Radiación global (I_T) y se expresa de la siguiente manera en

ecuación (Chambi, 2018, p.26-27):

$$IT=ID+Is+R$$

Donde:

ID es la radiación directa, Is a la difusa y R a la reflejada.

Chambi menciona que las radiaciones solares se componen de rayos ultravioleta, luz visible y rayos infrarrojos. Los rayos ultravioletas (UV) pueden afectar a la piel cambiando su pigmentación, quemaduras y lesiones del ácido desoxirribonucleico (ADN) que es posible provocar neoplasias cutáneas. Su rango electromagnético es de 100 a 400 nm. Estos son divididos en tres bandas por los efectos biológicos nocivos: UVA (315 a 400 nm λ) el ozono absorbe la menor cantidad, es la menos dañina. Esta puede provocar un bronceado veloz pero poco duradero (efecto Meirowsky), el fotoenvejecimiento, fotosensibilidad y daño en la retina (cataratas). Segundo, el UVB (280 a 315 nm λ) en su mayoría es absorbida por el ozono estratosférico, puede generar el eritema solar, inmunosupresión y fotocarcinogénesis. Por último, el UVC (100 a 280 nm λ) daña a los seres vivos por ser muy energética, es letal en insectos y microorganismos, e induce a la Apoptosis. Se caracteriza por ser absorbida por el oxígeno y el ozono en la estratosfera y provoca el eritema sin bronceado (2018, p. 27-30).

Es el mecanismo de transferencia de energía que se produce entre dos cuerpos que están en contacto físico. El flujo de energía transmitido por conducción por unidad de área atravesada es proporcional al gradiente de temperaturas a través de un factor llamado conductividad térmica. Es característica del medio y función de la temperatura a la que se encuentre.

Es el mecanismo de transmisión de energía que tiene lugar entre un sólido y un fluido en virtud de los movimientos macroscópicos del propio fluido. Este movimiento puede producirse por causas externas (por ejemplo, por un agitador, un ventilador o una bomba), en cuyo caso el proceso se denomina convección forzada, o puede ser debido a un gradiente de densidad originado por un gradiente de temperaturas, y entonces el proceso se denomina convección natural o libre.

A nivel macroscópico la convección se estudia a partir de la ley de Newton de enfriamiento, donde el flujo de energía se considera proporcional a la diferencia de temperaturas entre la superficie sólida y el fluido por medio de un coeficiente de transferencia, h , sensible a la geometría del sistema, así como a las propiedades físicas y al perfil de velocidades del fluido.

La temperatura dependerá mucho de las condiciones en las que se encuentre el medio en el que se aplique el colector solar, necesitando de dos factores importantes como son la radiación y la temperatura ambiente, ya que estas suelen cambiar a diario, incluso horas e instantes como es el caso de la radiación solar (Arias y Guzmán, 2009).

La temperatura del ambiente se registra en el instante de la lectura con el termómetro. Se representa el rango entre 15 °C (59 °F) y 30 °C (86 °F) en la sensación de frío y caliente. Mientras que la temperatura normal del medio ambiente en lugares cálidos es usualmente tomada de 20 a 25 grados Celsius (293 o 298 Kelvin, 68 o 77 grados Fahrenheit) (Rivas, 2018, p. 27).

La humedad es el vapor de agua se forma a causa de la evaporación del agua presente en la naturaleza que provienen de cuerpos de agua. Es absorbido por el aire que depende de las condiciones ambientales, y provoca un aumento del contenido de humedad. En la humedad absoluta (UA) se da en la cantidad de vapor de agua contenida en un m³ o g/m³ de aire y en humedad relativa (UR se expresa en %) se relaciona entre la humedad absoluta y la cantidad de saturación que es una masa de aire a una temperatura constante y presión. Es esencial en varios aspectos, en la comodidad humana, la agricultura, ingeniería, construcción (Rivas, 2018, p. 28-29)

La eficiencia de un colector solar se define como el cociente de la energía térmica útil frente a la energía solar total recibida. Además de las pérdidas térmicas existen las pérdidas ópticas. El factor de conversión u eficiencia óptica indica que porcentaje de los rayos solares que penetran en la cubierta transparente del colector (la transmisión) es absorbido. Básicamente, es el producto de la tasa de transmisión de la cubierta y la tasa de absorción del absorbedor. La variación de la temperatura entre el inicio y final, infiere el aumento del calor de agua sanitaria

demostrando así su eficiencia en el colector de placa plana.

Para realizar la calefacción de agua sanitaria es necesario tomar en cuenta aspectos físicos y químicos del agua, ya que influye en el proceso del colector solar y el uso para el ser humano.

La calidad de las aguas se refiere a las condiciones físicas, químicas y biológicas antes y después de su uso para los seres vivos humano. Existen factores externos que pueden cambiar las características de la calidad natural de agua que no influye al ciclo hidrológico; es decir, la contaminación provocada por la humanidad (Flores y Machuca, 2017, p. 29). Estas se caracterizan por:

El potencial de hidrógeno (pH) es la medida de acidez o de la alcalinidad de una sustancia mediante un logaritmo negativo de la concentración de los iones hidrógeno ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$). Se mide en el potenciómetro, con indicadores ácidos o bases débiles o papel tornasol. En el colector es necesario que no esté por debajo de 7.5 de lo contrario se realizara nuevamente la operación y enjuagar (Martínez, Franco y Alfonso, 2013, p. 199).

La conductividad eléctrica (CE) del agua es una medida de la capacidad para transportar la corriente eléctrica, se expresa en S/m o $\mu\text{S}/\text{cm}$ a una temperatura de 25°C . Está relacionada con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica y la solubilidad de las sales depende de la temperatura. Y se miden con conductímetro (Flores y Machuca, 2017, p. 39). La dureza del agua es la cantidad de metales alcalinotérreos en unidades, como: calcio (Ca) y magnesio (Mg). Su expresión es en mg/L como carbonato de calcio (CaCO_3). Se presencia la dureza total, que contiene sales de calcio y magnesio disueltas. Asimismo, es aceptable para el consumo entre 100 mg/L y 300 mg/L (Flores y Machuca, 2017, p. 42). La alcalinidad del agua se define como una medida de su capacidad para neutralizar ácidos débiles y fuertes, con ello es la suma de todas las bases titulables. El método de titulación se puede realizar a todo tipo de aguas y como de la misma manera la acidez, en las tomas de muestras, el almacenaje y la valoración, puede perderse o ganarse gases disueltos que contribuyen a la alcalinidad (Flores y Machuca, 2017, p. 40).

III. METODOLOGÍA

Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El trabajo realizado estuvo ligado a una investigación de tipo aplicada, ya que por medio del conocimiento científico de la disciplina se planteó una metodología para satisfacer una necesidad (CONCYTEC, 2018). Se elaboró un nuevo prototipo de placa absorbente a base de biopolímero y grafeno reducido en un colector de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres.

Diseño de investigación

El diseño de investigación fue experimental, debido a que se manipuló premeditadamente a la variable independiente para examinar el efecto posible que la manipulación tuvo sobre la variable dependiente, así teniendo una aproximación al problema de investigación en la realidad (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.129).

El diseño de investigación experimental contó con una tipología preexperimental de diseño preprueba/posprueba con un solo grupo porque se practicó una prueba previa al proceso de la aplicación del estímulo y al del examen final para obtener una mayor información del grupo a evaluar (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.141). Lo cual, se detalla específicamente en el siguiente diagrama:

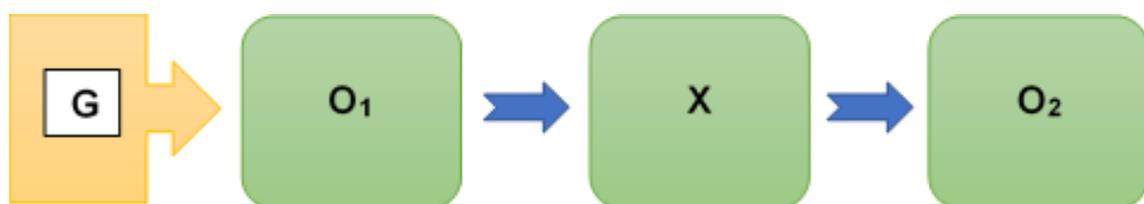


Figura 5. Diseño preprueba/posprueba con un solo grupo.

G: Agua inicial que ingresa al colector solar

O₁: Identificación del agua inicial antes del ingreso al colector solar

X: Proceso de calefacción de agua sanitaria en colector solar

O₂: Descripción de los resultados y eficiencia del colector solar

Variables y operacionalización

En la operacionalización de las variables se descompuso deductivamente las variables que daban forma al problema de la investigación, partiendo de lo más general a lo más específico. En este estudio se encontraron divididas en variable independiente (X), la placa de biopolímero con grafeno reducido y la variable dependiente (Y), la calefacción de agua sanitaria. Siendo las dos variables de investigación de tipo cuantitativa según su naturaleza porque los valores fueron expresados numéricamente, permitiéndose realizar operaciones aritméticas (Cienfuegos y Cienfuegos, 2016).

La matriz de operacionalización de las variables tanto independiente y dependiente con sus respectivas dimensiones e indicadores está ubicado el Anexo 9.

Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Para el desarrollo de esta investigación se elaboró un prototipo de colector solar de placa plana con superficie absorbente de biopolímero y grafeno reducido para la calefacción de agua sanitaria de uso doméstico. Este modelo en conjunto representó la unidad de análisis del estudio, ya que este conjunto fue al que se aplicó instrumentos de medición (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.183).

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Al hablar de los mecanismos para la obtención de información necesaria para dar respuestas a las preguntas y los objetivos de la investigación, se debe mencionar a la técnica de recolección de datos. Para este trabajo se empleó la técnica de observación directa, la cual, se caracterizó por ser un registro sistemático, válido y confiable de la información (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.252). Que se empleó como medio de registro de datos experimentales de la prueba de la placa de biopolímero para la calefacción de agua sanitaria.

Instrumentos de recolección de datos

En esta investigación los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron fueron guías de observación de campo.

El documento se basó en el registro de datos descriptivos relevantes que resultaron de la investigación del funcionamiento del colector solar con placa absorbente de biopolímero y grafeno reducido para la calefacción de agua sanitaria. Este medio se utilizó para registrar la información o datos sobre la variable, (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.199) tanto la independiente y dependiente a través de la medición de los indicadores.

Para esta investigación se emplearon 8 guías de observación de campo que se pueden visualizar en el Anexo 5 y se detalla en esta lista:

1. Formato de registro de campo
2. Formato de construcción del calentador solar
3. Formato de caracterización y composición de la placa de biopolímero con grafeno reducido
4. Formato de caracterización del grafito
5. Formato de pruebas mecánicas de la placa de biopolímero con grafeno reducido
6. Formato de pruebas con estación meteorológica
7. Formato de análisis de calidad de agua utilizado
8. Formato de eficiencia del sistema

Validez del instrumento de recojo de datos

La validez es el grado en que un instrumento en verdad mide la variable que se busca medir (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.200). Por ello en la aplicación de esta definición al estudio, se evaluó a los instrumentos por su relación directa con las variables. Según los tipos de validez del instrumento de recojo de datos, se eligió que las guías de observación de campo fueran examinadas de acuerdo a su validez de contenido.

Para el inicio de validación de contenido se consultó a 3 expertos con un amplio conocimiento en el tema, teniendo como condición ser ingeniero colegiado, magister o doctor. Detallándose en el Anexo 8 el valor de aceptación de cada juez experto.

Tabla 1. *Validación de expertos*

N.º	Experto	Especialidad	% de Aceptación
01	Benites Alfaro, Elmer Gonzales	Ingeniero Químico	95
02	Cabrera Carranza, Carlos Francisco	Medio Ambiente	90
03	Ordoñez Gálvez, Juan Julio	Ingeniero Mecánica de Fluidos	90

Luego, para hallar la validez de contenido por criterio de jueces, se debía someter a los valores de porcentaje de aceptación de expertos a una prueba estadística cuantitativa. Para ello, se eligió la técnica de validación de Coeficiente V de Aiken para la determinación del grado en el que los ítems que conformaron el instrumento fueran una muestra representativa del dominio de contenido que se midió en la investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.201).

El coeficiente V de Aiken admitió valores de 0 a 1, siendo el valor 1 la máxima magnitud admisible, el cual señalaba un concilio perfecto entre los jueces o expertos. El coeficiente V de Aiken se utilizó sobre las valoraciones de los 3 jueces con respecto a los 10 ítems evaluados. Dichas valoraciones fueron dicotómicas (valores de 0, 1) ya que se trabajó con puntuación de porcentaje hasta el 100%. La ecuación para el cálculo de este coeficiente fue (Robles, 2018):

$$V = \frac{S}{(n (c - 1))}$$

Donde:

S = la suma de si

Si = valor asignado por el juez i.

n = Número de jueces

c = Número de valores de la escala de valoración (en nuestro caso es 2).

Considerando que a medida que sea más elevado el valor computado, el ítem tiene una mayor validez de contenido (Escrura, 1988).

En consecuencia:

Si $V=0$, significa que hay total desacuerdo con los ítems

Si $V=1$, significa que hay total acuerdo con todos los ítems

En el caso de la presente investigación se presentó una suficiencia en todos los ítems de la evaluación por parte de la totalidad de los 3 expertos. Por lo tanto, se obtuvo una valoración de contenido de 1 del instrumento recolección de datos; es decir, un acuerdo total con todos los criterios.

Confiabilidad del instrumento de recojo de datos

La confiabilidad es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.200). Es decir, que en caso que se desee realizar una repetición de la metodología con las mismas variables se dé un mismo resultado. Para el análisis de confiabilidad del instrumento se aplicó el alfa de Cronbach, a razón que es la evaluación más usada para la evaluación de datos cuantitativos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.208).

La confiabilidad se obtiene del promedio general de los instrumentos de un 91.67%. Así mismo por los análisis realizados en el Laboratorio de Espectrofotometría de la Universidad Nacional de Ingeniería de la facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica que se pueden observar los certificados en el Anexo 12.

IV. PROCEDIMIENTO

El procedimiento de experimentación fue realizado por fases para una mejor comprensión (Figura 6)

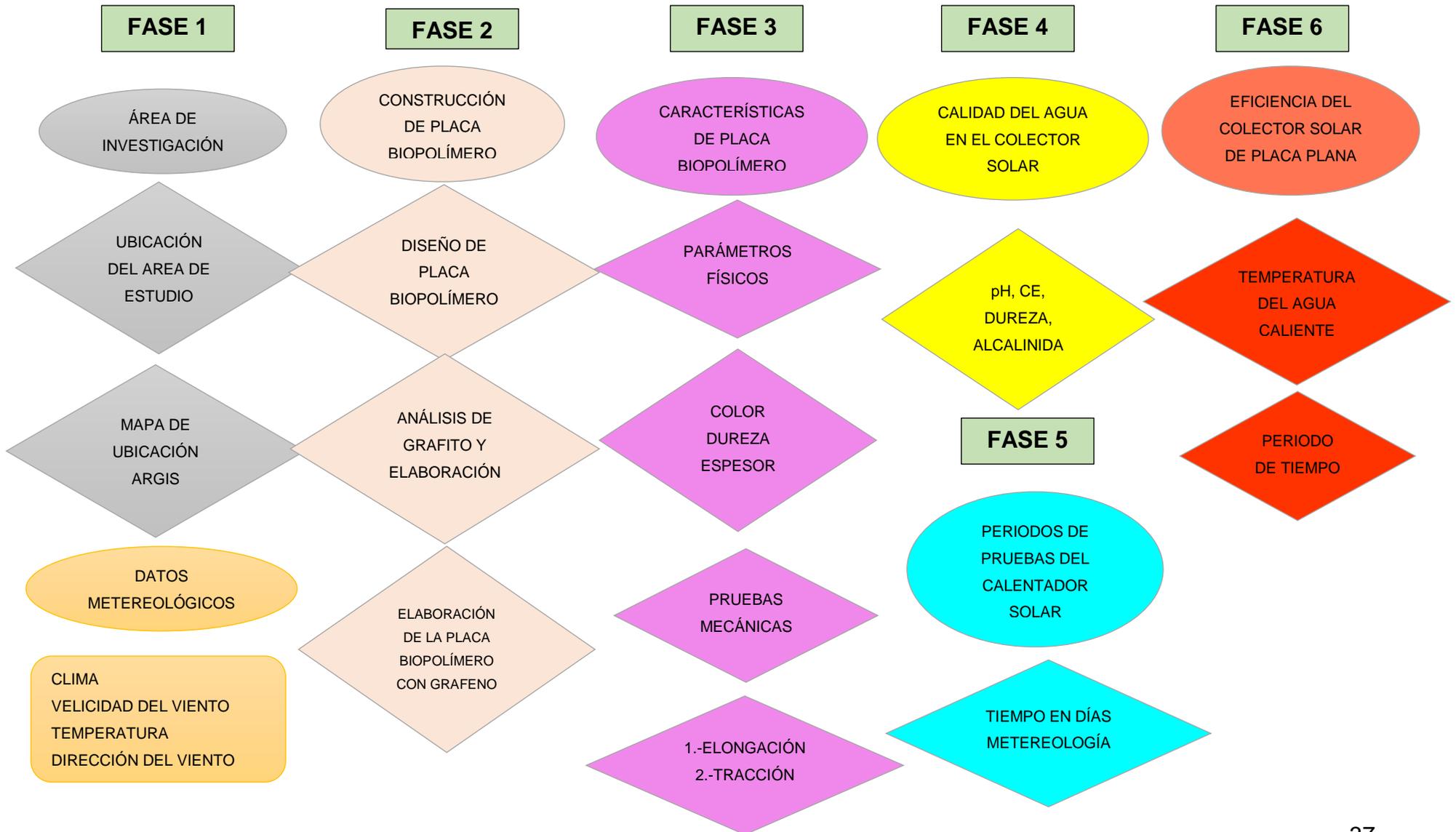


Figura 6. Fases del procedimiento de experimentación

PRIMERO: FASE 1

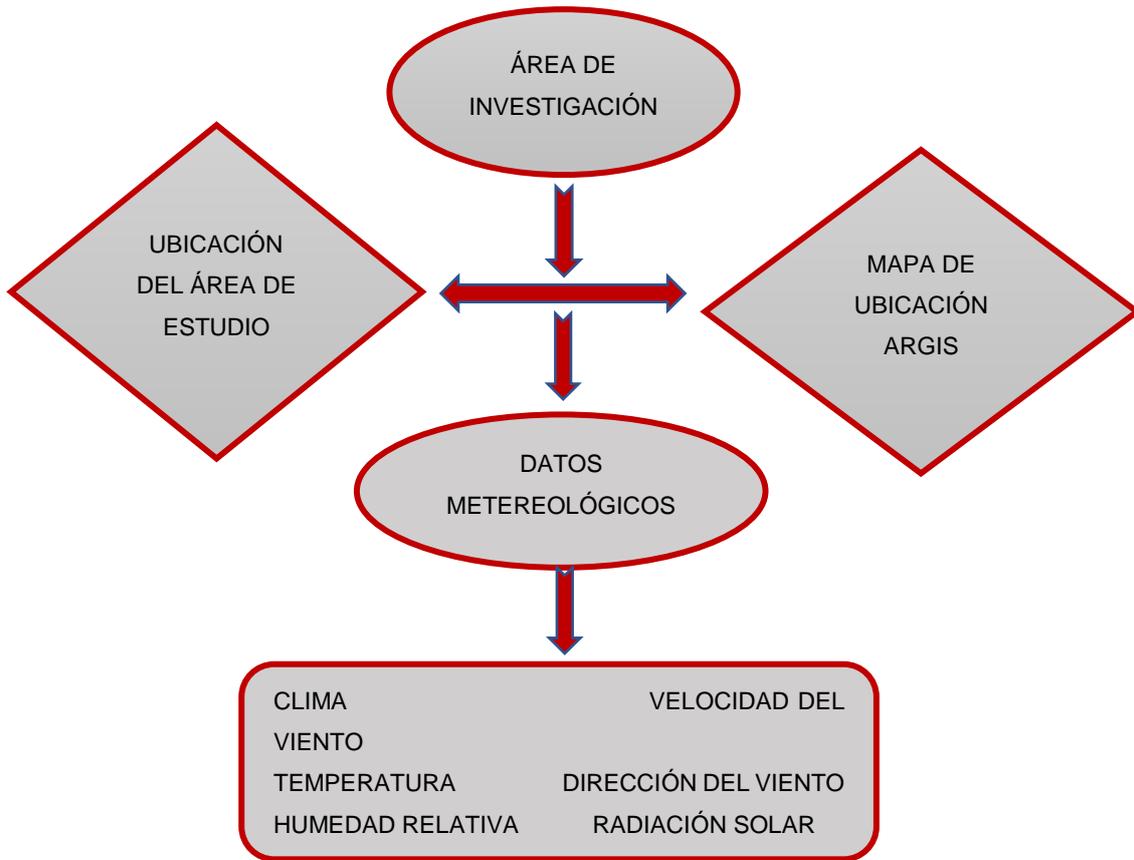


Figura 7. Procedimiento de la Fase 1.

Área de investigación

El área de investigación fue 35.125 m², ubicado en el tercer piso de la azotea de una casa de San Martín de Porres.



Figura 8. Toma de puntos en el área de investigación.

Ubicación:

Se encuentra en el distrito de San Martín de Porres, en la dirección de la Asociación Residencial Santa Rosita Mz. E Lt. 14, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. *Coordenadas UTM del área de estudio*

Punto	Coordenadas UTM		Descripción
	Este	Norte	
P001	271686.793	8673946.234	Vértice del perímetro
P002	271685.299	8673938.705	Vértice del perímetro
P003	271692.283	8673937.332	Vértice del perímetro
P004	271693.757	8673945.569	Vértice del perímetro
P005	271688.540	8673942.849	Ubicación del colector solar

En el Anexo 6, se encuentra el mapa en ArcGIS de acuerdo a las coordenadas determinadas de la siguiente forma como se describe en la Figura 9.

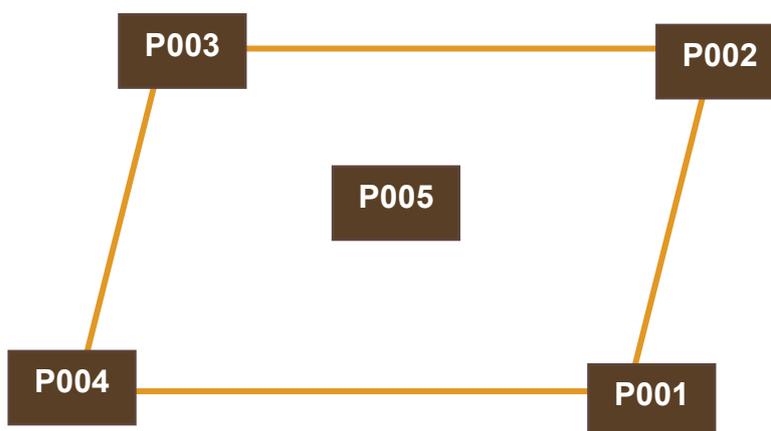


Figura 9. Perímetro del área de estudio y punto de ubicación del colector de placa plana

Datos meteorológicos (Estación San Martín de Porres - SENAMHI)

Se recogió datos meteorológicos de los días 23 y 24 de mayo de la estación meteorológica automática San Martín de Porres, donde se midieron distintos parámetros a través de una data electrónica.

Se realizó una evaluación de 24 horas en todos los parámetros exceptuando la radiación solar que fue de 12 horas. Esto se registró con la intención de emular las características meteorológicas previas del que se obtuvo en la prueba del colector solar. Los parámetros detallados fueron:

- ❖ Temperatura
- ❖ Humedad relativa
- ❖ Temperatura
- ❖ Velocidad de viento
- ❖ Dirección del viento

La estación meteorológica San Martín de Porres se ubica en el distrito de mismo nombre, provincia de Lima del departamento de Lima. Registrando una latitud 12°0'32", longitud 77°5'4.1" y altitud 56 msnm.

En el Anexo 9, se puede visualizar la tabla completa de evaluación de los parámetros meteorológicos de los 2 días.

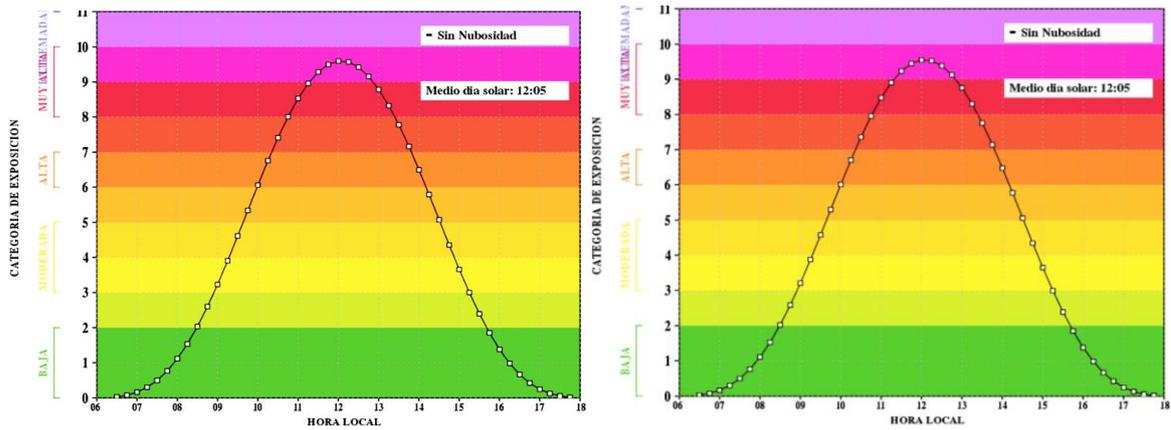
El clima de la zona de estudio se caracteriza por ser semicálido (desértico – árido – sub tropical) con una temperatura media anual de 18° a 19°C. Presencia de cielo nuboso y escasa o nula precipitación, lo que tipifica como una zona árida (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de parámetros meteorológicos del 23 y 24 de mayo de la estación meteorológica San Martín de Porres, Lima

DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	DIRECCIÓN DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	RADIACIÓN SOLAR (W/m ²)
23/05/2020	14.74	80.31	279.97	1.72	9
24/05/2020	14.51	84.08	235.68	1.37	9

Fuente: SENAMHI (2020)

Se realizó una evaluación de las horas de sol de los días 23 y 24 de mayo (figura 10), donde se registró una radiación UV máxima de 9 W/m² en las horas del mediodía, que no varió del rango de la fecha del 22 de mayo hasta junio.



Fuente: SENAMHI (2020)

Figura 10. Evaluación de radiación solar de 12 horas del 23 (izquierdo) y 24 de mayo (derecha).

Así mismo mediante un control meteorológico se tomó datos del ambiente cuando el colector de placa plana estaba instalado (figura 11).



Figura 11. Control meteorológico.

SEGUNDO: FASE 2

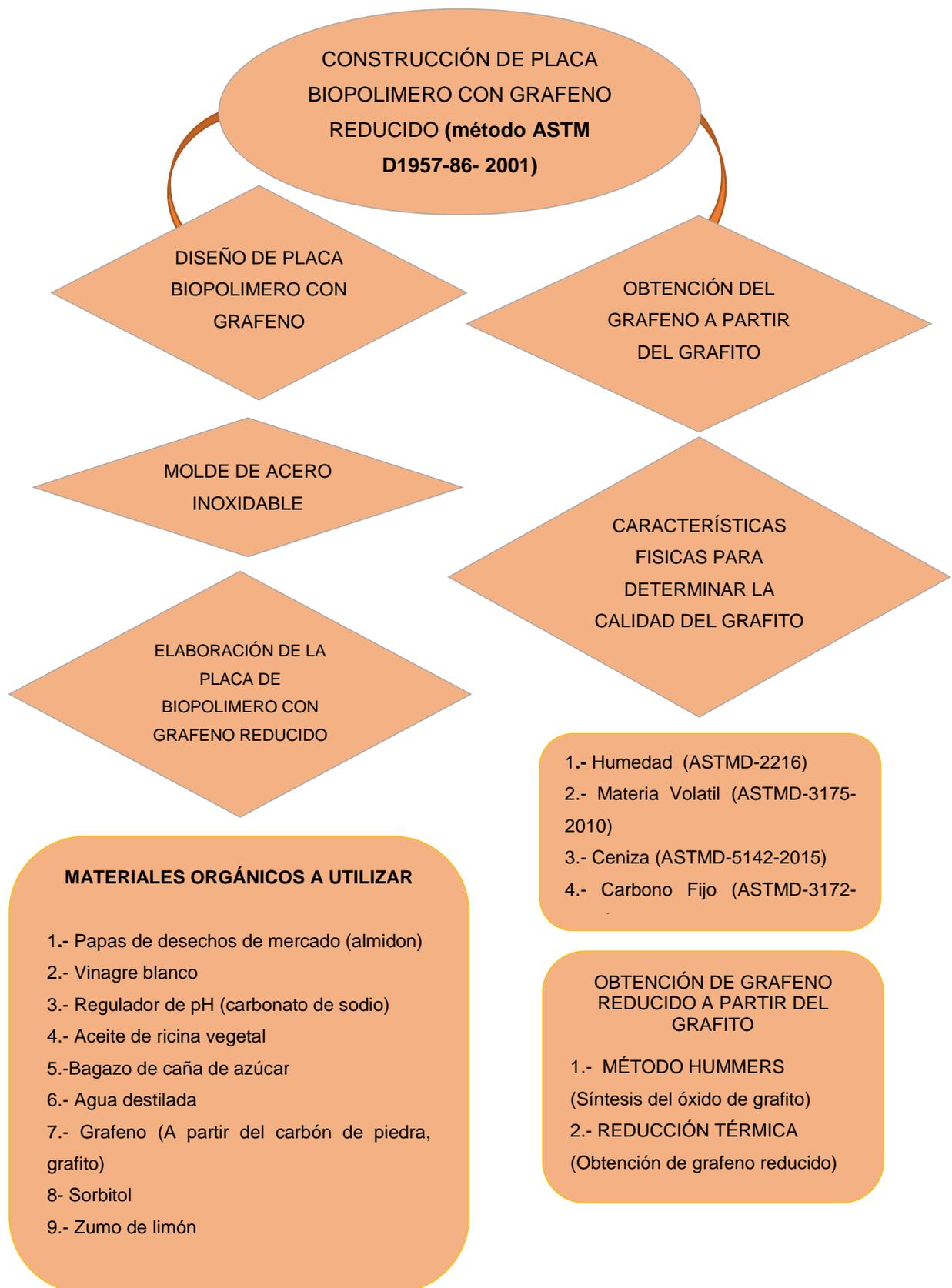


Figura 12. Procedimiento de la Fase 2.

Construcción de la placa de biopolímero (método ASTM D1957-86- 2001)

Para la construcción de la placa de biopolímero se utilizó el método estándar para el valor de hidroxilo de aceite y residuos orgánicos que contengan celulosa, amilosa y de amilopectina.

Diseño de la placa de biopolímero con grafeno reducido

Se fabricó un molde de acero desarmable para facilitar el retiro de la placa de biopolímero con grafeno reducido teniendo las siguientes medidas:

- Largo: 50 cm
- Ancho: 50 cm
- Altura: 2 cm

En el Anexo 7 se puede visualizar el AutoCAD del molde de placa de biopolímero armado y las muestras de cada en pieza que compone el molde (1 pieza principal base, 2 placas laterales, 4 pernos largos y 8 tuercas)

Elaboración de placa de biopolímero con grafeno reducido

Materiales Orgánicos a utilizar

1. Almidón de papas de desechos de mercado
2. Vinagre blanco
3. Regulador de pH (carbonato de sodio)
4. Aceite de ricino vegetal
5. Bagazo de caña de azúcar
6. Agua destilada
7. Grafeno (a partir del carbón de piedra, grafito)
8. Sorbitol

En la figura 13 se muestran los materiales y la placa de biopolímero con grafeno reducido.



Figura 13. Placa de biopolímero con grafeno reducido.

Se lavaron y enjuagaron con agua destilada los residuos de papa y caña con la finalidad de sacarles cualquier impureza existente, luego se rayó la papa para obtener partículas finas húmedas, se pasó por un filtro prensa para obtener el almidón de papa, luego se utilizó el método ASTM D 2216, necesario para conocer la cantidad de material que se necesitó en la elaboración de la placa.

Así mismo se usó aceite de ricino, importante para calcular la dureza y flexibilidad de la placa utilizando el hidróxido de sodio como especifica el método ASTM D1957-86-2001 y el limón reemplazó el uso de ácidos fuerte como el ácido clorhídrico. De igual manera el Vinagre de Vino sustituyó el uso de ácido acético químico lo que actúa de manera similar para el proceso de elaboración de la placa de biopolímero.

Se puso cada producto en orden en un recipiente a temperatura de 150 °C se fue girando hasta obtener una masa homogénea, finalmente se colocó en un molde de acero inoxidable con aluminio y se extendió dejándolo secar 24 horas la que ya queda formado la placa, que paso por pruebas físicas.

Caracterización del Bagazo de la caña de azúcar y almidón de papa (Método Potenciométrico)

Se realizó la caracterización del bagazo de caña y almidón de papa tal como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Caracterización del bagazo de caña y almidón de papa.

(Método Potenciométrico)

Se tomó la muestra de bagazo de caña picada seca y se colocó en un frasco de 500 ml, al que se agregó agua destilada en una relación 1:3 para que las sales solubles se disuelvan y se pueda dar lecturas a sus parámetros físico-químico inicial de la muestra que se utilizó en la elaboración de la placa de biopolímero con grafeno reducido, seguidamente se colocó en un equipo rotacional a una velocidad de 30 rpm por 30 minutos, luego se puso a decantar por 30 minutos, para filtrar, en un vaso precipitado de 100 ml y se llevó a realizar las lecturas en un multiparámetro, el que fue inicialmente calibrado con buffer internacional HANNA, y seguidamente se calibró electrónicamente el electrodo en porcentaje de eficiencia el cual tuvo el 98% de eficiencia.

$$\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$$



Fuente: labprocess (2020)

Figura 15. Escala de pH.

Se tomó datos del bagazo de caña y almidón de papa en el potenciómetro, como se muestra en la figura 16.



Figura 16. Potenciómetro del bagazo de caña y almidón de papa.

Humedad (%H) - (Método ASTMD – 2216)

Se recolecto el residuo de bagazo de caña y papa en el mercado de Frutas de Villa María del Triunfo los que fueron llevados para realizar su acondicionamiento, que consistió en el lavado del bagazo, luego enjuagado con agua destilada, para

cortarlo a una granulometría de ¼” pulgada, lo que fue pesado en una balanza de tres dígitos, y luego colocarlo en una estufa a 105°C por 45 minutos, para luego retirarlo y ponerlo a enfriar y pesarlo.

Formula:

$$\%H = \frac{W_{T+CH} - W_{T+CS105^{\circ}C}}{W_{CH}} \times 100$$

Donde:

W_{T+CH} : Peso de tara + peso húmedo

$W_{T+CS105^{\circ}C}$: Peso de tara + peso seco a 105°C

W_{CH} : Peso de caña/papa húmeda

HC-BP: Humedad del bagazo de caña de placa biopolímero con grafeno reducido

HC-BP: Humedad del residuo de papa para placa biopolímero con grafeno reducido

En la Tabla 4 y Tabla 5 se muestran los valores para determinar la humedad.

Tabla 4. *Valores para determinar la humedad del bagazo de caña*

Código	W_T gr	W_{T+CH} gr	$W_{T+CS105^{\circ}C}$ gr	W_{CH} gr	Humedad %
HC-BP	459	515	477	56	67.85

Tabla 5. *Valores para determinar la humedad del residuo de papa*

Código	W_T gr	W_{T+CH} gr	$W_{T+CS105^{\circ}C}$ gr	W_{CH} gr	Humedad %
HP-BP	438	513	453	75	80

Obtención del Grafeno Reducido a partir del Grafito (Método Hummers)

Para la obtención del grafeno reducido fue importante conocer el tipo de grafito que se tuvo para el trabajo de investigación, siendo este una roca metamórfica generada por el magma cristalizándose en su trayecto de formación geológica.

Caracterización física del grafito según la Norma Norteamericana ASTM

Se realizó la caracterización del grafito tal como se muestra en la figura 17.



Figura 17. Caracterización del grafito.

Humedad (%H) - (Método ASTM D-2216)

Se utilizó un crisol lavado y enjuagado con agua destilada para luego colocarlo en una estufa a 105°C por 45 minutos luego se colocó en un desecador para enfriarlo, seguidamente es pesado en una balanza analítica para calcularlo mediante la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{WT + WMH - WT + WMS \times 100}{WT + WMH - W_T}$$

Donde

W_T: Peso de la tara

WT+MS: Peso de la tara + la muestra seca a 105 °C

WT+MH: Peso de la tara + la muestra húmeda

WMH: Peso de la muestra húmeda

HG – BP: Humedad del grafito – placa biopolímero

En la Tabla 6 se muestran los valores obtenidos para la determinación de la

humedad.

Tabla 6. Porcentaje de humedad del grafito

Código	WT gr	WT+WMS gr	WT+WH gr	WMH gr	Humedad %
HG-BP	47,0513	47,6731	47,6656	0,06218	12,06

Materia Volátil (%MV) - (Método ASTMD-3175-2015)

La materia volátil se tomó a partir de la muestra que se le realizó la humedad, ya que según el método el proceso debe ser continuo, se pesó y tapo el crisol a 900°C durante 7 minutos, luego se dejó enfriar y se analizó mediante la siguiente fórmula:

$$\% MV = \frac{WT + WMS - WT + WMSV \times 100}{WT + WMS - W_T}$$

Donde:

W_T: Peso de la tara

WT+MMV: Peso de la tara + la muestra sin MV a 900 °C por 7 minutos

WT+MS: Peso de la tara + la muestra seca

WMS: Peso de la muestra húmeda

MVG-BP: Materia Volátil del grafito – placa biopolímero

En la Tabla 7 se muestran los valores obtenidos para la determinación de la Materia volátil.

Tabla 7. Porcentaje de materia volátil del grafito

Código	WT gr	WT+WMS gr	WT+WMSV 900°C 7 minutos gr	WMS gr	Materia Volátil %
MVG-BP	24,8849	25,3515	25,3144	0,4666	7,95

Cenizas (%C) - (Método ASTM D-5142-2015)

De acuerdo al desarrollo del método para obtener el poder calorífico las cenizas siguen el proceso continuo a partir de la materia volátil, lo que fue realizado a una temperatura de 900 °C por 1 hora y se analizó mediante la siguiente fórmula:

$$\% SV = \frac{WT + WSV - WT + WMC \times 100}{WT + WSV - W_T}$$

Donde:

W_T : Peso de la tara

$WT+MC$: Peso de la tara + la muestra sin MV a 900 °C por 1 Hora

$WT+MMV$: Peso de la tara + la muestra de solidos volátiles

$WT + MV$: Peso de la muestra con MV

CG-BP: Cenizas del grafito – placa biopolímero

En la Tabla 8 se muestran los valores obtenidos para la determinación de las cenizas.

Tabla 8. Porcentaje de cenizas del grafito

Código	WT gr	WT+WMSV gr	WT+WMSV 900°C 1 hora gr	WMS gr	Cenizas %
CG-BP	24,8849	25,3515	25,0591	0,4666	37,33

Carbono fijo (%CF) - (Método ASTM D- 3172-2015)

Para realizar este parámetro fue calculado mediante la siguiente fórmula, sabemos que el carbono fijo se emplea para poder estimar la energía que produce.

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

Donde

CFG-BP: Carbono fijo del grafito – placa biopolímero

En la Tabla 9 se muestran los valores obtenidos para la determinación del Carbono Fijo.

Tabla 9. Porcentaje de carbono fijo del grafito

Código	Base ASTM	Ceniza %	Materia volátil %	Carbono Fijo %
CFG-BP	100	37,33	7,95	54,72

Poder calorífico (Kcal/Kg) - (Método ASTM D-5865-2015)

El poder calorífico es importante porque es uno de los indicadores cuando este no

es un buen carbón, para el caso de la placa de biopoliamida no sería bueno ya que se comportaría como un aislante en vez de conductor cuando posee calor.

$$PC = (Factor\ ASTM)(\%CF) + (Factor\ de\ ASTM)(\%MV)$$

Donde

PCG-BP: Poder calorífico del grafito – placa biopolímero

En la Tabla 10 se muestran los valores obtenidos para la determinación del Poder calorífico.

Tabla 10. Poder calorífico del grafito

Código	ASTM para CF y MV	Materia volátil %	Carbono fijo %	Poder calorífico Kcal/Kg
PCG-BP	(82) y (120)	7,95	54,72	5441,04

Según el valor del poder calorífico del grafito utilizado se pudo decir que de acuerdo a las normas norteamericanas ASTM tuvimos un buen grafito para poder obtener grafeno.

Obtención del grafeno a partir del grafito

Para obtener el grafeno reducido se siguió dos pasos, ver la figura 18.



Figura 18. Obtención del grafeno a partir del grafito.

Paso 1: Síntesis del Óxido de grafito (Método Hummers).

Se utilizó el método Hummers para obtener el óxido de grafeno, se pulverizo el

grafito a malla 100 en un 99.9% a este se le agregó reactivos fuertemente oxidantes mostrados en la Tabla 11 (ácido sulfúrico al 98%, permanganato de potasio al 99%, ácido clorhídrico al 36% y peróxido de hidrógeno al 30%).

El ácido sulfúrico se añadió en baño frío con agitación mecánica, luego se añadió el permanganato de potasio con cuidado a una temperatura de 8°C, se calentó la mezcla a 35°C, posteriormente se diluyó con agua fría y peróxido finalmente se filtró con filtro de 0.45 micras, se lavó con agua destilada hasta llevarlo a un pH neutro, así se obtuvo el óxido de grafeno y se dejó secar a 60°C por dos horas.

Tabla 11. *Reactivos utilizados en la reacción del óxido de grafeno*

Código	Peso de grafito gr	Vol. Ácido sulfúrico ml	Vol. de ácido clorhídrico ml	Permanganato de potasio gr	Vol. de Peróxido ml
GO-S	0.0405	10	10	8	10

Paso 2: Obtención del grafeno por reducción térmica a partir del óxido de grafito (Método por reducción térmica)

El peso obtenido de óxido de grafeno fue de 0.0348 gr la que se colocó en una mufla hasta los 1100°C por 45 minutos en ausencia del oxígeno este se reduce quedando solo el grafeno que se convierte en un producto de alta conductividad térmica. Se retiro, se enfrió en un desecador para agregar a la placa de biopolímero con grafeno reducido.

TERCERO: FASE 3

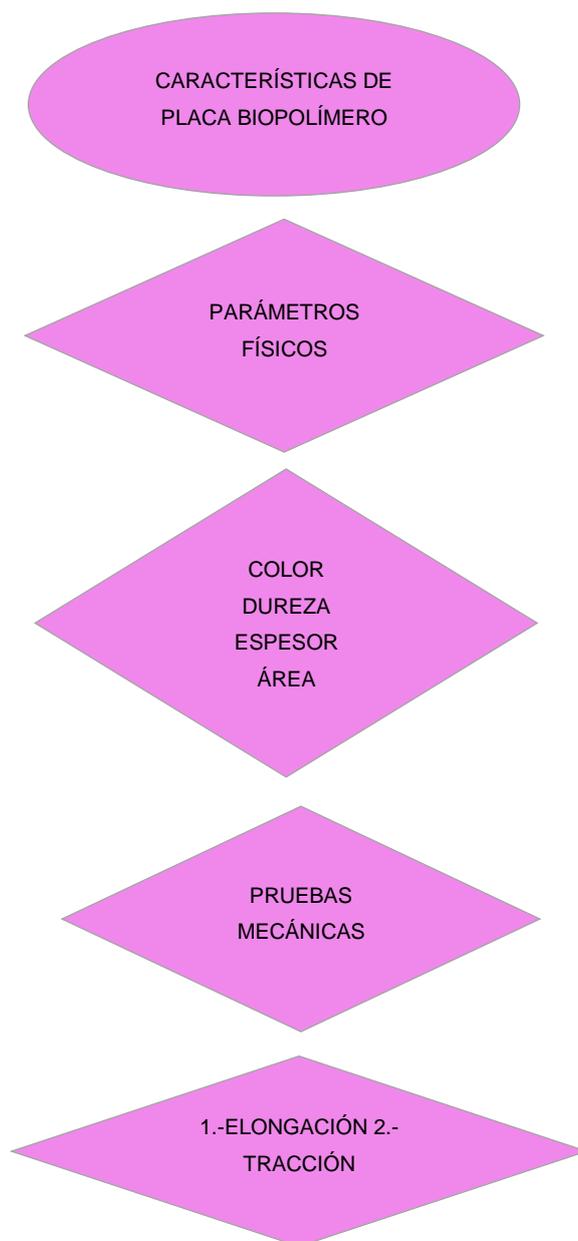


Figura 19. Procedimiento de la fase 3.

Características de la placa biopolímero con grafeno reducido

La caracterización de la placa de biopolímero se hizo después de su secado en un tiempo de 15 días donde se tomó y anotó datos:

Pruebas mecánicas de composición de placa biopolímero

La realización de los ensayos mecánicos fue importante para saber el comportamiento de la placa en la experimentación.

Ensayo de Tracción (Norma para el ensayo de tracción ASTM D 638M)

Fue un ensayo estático que se realizó a una probeta, la que consistió en un esfuerzo de tracción creciente hasta llegar a la rotura. Se colocó la probeta entre dos agarres marcados en longitud, área, espesor, colocada en vertical (Tabla 12), donde se aplicó una fuerza exterior por la parte superior, como la fuerza se dio en el eje entonces es axial, conforme se siguió aumentando la fuerza esta empezó a deformarse, donde en cada paso se tomó mediciones para obtener la curva de tracción de la probeta hasta el momento de rotura llamado momento de fractura mediante la siguiente fórmula:

$$\delta \left(N/m^2 \right) = F/A_0$$

Donde:

δ : Tensión o tracción

F: Fuerza aplicada

A_0 : sección inicial

ET-PBPG: Ensayo de tracción de probeta – biopolímero con grafeno.

Tabla 12. Pruebas de tensión de la placa de biopolímero con grafeno reducido

Código	Fuerza aplicada kg	Área sección inicial cm ²	Tensión o tracción (kg/cm ²)
ET-PBPG	0.985	36	0.027

Ensayo de elongación

Este ensayo fue la cantidad de incremento que se dio en la probeta por acción de la fuerza aplicada siendo diferente la longitud inicial de la final, los valores se tomaron en el proceso de tracción (Tabla 13) y el porcentaje de elongación se analizó mediante la fórmula:

$$\% \varepsilon = \frac{L_F - L_I}{L_I} \times 100$$

Donde:

ε : Elongación o alargamiento (cm)

L_F : Longitud en un momento determinado

L_I : Longitud inicial de la probeta

EP-PBG: Elongación de la probeta de biopolímero con grafeno reducido

Tabla 13. Pruebas de elongación de placa de biopolímero con grafeno reducido

Código	Longitud inicial cm	Longitud final cm	Elongación cm	Elongación %
EP-PBG	12	12.08	6.67×10^{-3}	0.67

CUARTO: FASE 4



Figura 20. Procedimiento de la Fase 4

Calidad del agua del calentador

Importante realizar esta fase porque el agua que se utiliza en un calentador de energía calorífica debe cumplir parámetros que no malogren al sistema de

calentamiento como son las tuberías que conducirán el agua caliente hacia el tanque de almacenamiento que se encuentra aislado térmicamente para cumplir su objetivo. Se realizó la caracterización del agua de acuerdo a los métodos establecidos (figura 21).



Figura 21. Caracterización del agua en el colector solar

pH. - (método potenciométrico). El agua a utilizar debió y fue un agua entre 6 – 9 valores de acuerdo a las aguas superficiales naturales. Se tomó en un potenciómetro el valor de pH, temperatura y conductividad eléctrica del agua que se usó en el calentador solar y se anotó los resultados.

Dureza Total (método volumétrico): Este parámetro debió y estuvo en un rango bajo de carbonatos y bicarbonatos (Tabla 14) porque estos al calentarse precipitarían en las tuberías que conducen el agua llegando a perjudicar el flujo de entrada como el tiempo de retención del agua y fue calculado mediante la siguiente fórmula:

$$DT \left(\frac{mg_{CaCO_3}}{l} \right) = \frac{VgEDTA \times MEDTA \times 100000}{Vmuestra}$$

Donde:

VEDTA: Volumen gastado del EDTA

MEDTA: Molaridad del EDTA

VMUESTRA: Volumen de la muestra (ml)

100000: Factor estequiometrico

DTA-CS: Dureza total del agua en el colector solar

Tabla 14. Valores para determinar la dureza total del agua en el colector solar

Código	Vgast.EDTA ml	MEDTA	V MUESTRA ml	Dureza total mg_{CaCO_3}/l
DTA-CS	5.4	0.01	100	54.00

Dureza Cálctica (mg (CaCO₃) /l)

Para determinar este parámetro se usó diferentes valores (Tabla 15) y la siguiente fórmula:

$$DT \left(mg_{CaCO_3}/l \right) = \frac{VgEDTA \times MEDTA \times 100000}{Vmuestra}$$

Donde:

DA-CS: Dureza cálcica del agua en el colector solar

Tabla 15. Valores para determinar la dureza cálcica del agua en el colector solar

Código	Vgast.EDTA ml	MEDTA	V MUESTRA ml	Dureza Cálctica mg_{CaCO_3}/l
DA-CS	4.35	0.01	100	43.5

Alcalinidad

Se siguió el método, los valores descritos en la Tabla 16 y la siguiente fórmula:

$$Alcalinidad \left(mg_{CaCO_3}/l \right) = \frac{AxNxVmx1000}{100}$$

Donde:

A: Es el volumen total gastado de ácido en la titulación al vire del anaranjado de metilo en mL;

N: Normalidad de la disolución de ácido sulfúrico

50: volumen de la muestra en mL

50: Es el factor para convertir eq/L a mg CaCO₃/L

1 000: Es el factor para convertir mL a L.

AA-CS: Alcalinidad del agua en el colector solar

Nota:

Si la Alcalinidad < Dureza Total

Alcalinidad = Dureza cálcica

Tabla 16. Valores para determinar la alcalinidad del agua en el colector solar

Código	Volumen gastado del ácido sulfúrico ml	Normalidad del ácido sulfúrico	Volumen de la muestra ml	Alcalinidad mg_{CaCO_3}/l
AA-CS	4.35	0.02	100	43.5

Acidez:

Se siguió el método, los valores descritos en la Tabla 17 y la siguiente fórmula:

$$Acidez\ Total\ (mg_{CaCO_3}/l) = \frac{[AxB]x50x1000}{100}$$

Donde:

100: Es el volumen de la muestra en mL

A: Es el volumen de NaOH utilizado al vire de la fenolftaleína

B: Normalidad del NaOH

1 000: factor para convertir mL a L.

50: Es el factor para convertir eq/L a mg CaCO₃/L

AT-CS: Acidez del agua en el colector solar

Tabla 17. Valores para determinar la acidez del agua en colector solar

Código	Volumen gastado de hidróxido de sodio ml	Normalidad del hidróxido de sodio	Volumen de la muestra ml	Acidez CaCO ₃ mg /L
AT-CS	0.40	0.02	100	4

QUINTO: FASE 5



Figura 22. Procedimiento de la Fase 5.

Periodos de pruebas del colector de placa plana

Se hizo la instalación completa del sistema del colector de placa plana de biopolímero con grafeno reducido (figura 23), se tomó pruebas en un control meteorológico (figura 24) y anoto los resultados.



Figura 23. Colector de placa plana de biopolímero con grafeno reducido

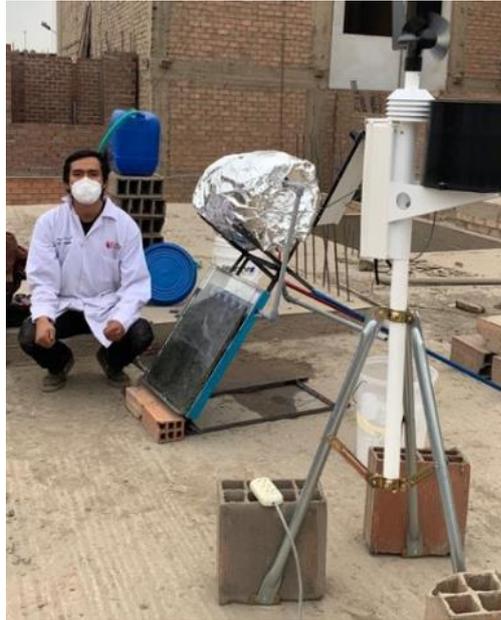


Figura 24. Colector de placa plana de biopolímero con grafeno reducido y control meteorológico.

Método de análisis de datos

Los valores obtenidos fueron analizados mediante la estadística descriptiva, procesados a través del software IBM SPSS, fue necesario para entender el grupo de estudio, las dimensiones de las variables se compararon mediante cuadros en Excel.

Aspectos éticos

La ética ambiental es una subdisciplina filosófica que favorece a la protección del ambiente, que tiene como objetivo fundamentar un argumento ético y motivacional en la protección de este. La ética ambiental trasciende más allá de la nación y comunidades, que afecta la biodiversidad en un futuro cercano (Henk, 2010). En extracto, es una representación teórica de un diseño moral y dirigido al valor. Es por eso que la presente investigación sugiere un modelo de colector solar de placa plana para la calefacción de agua sanitaria de bajo costo a futuro, concordando con el compromiso de la ética ambiental.

En este trabajo se siguió las normas ISO 690 para referenciar las fuentes de

información bibliográfica y se empleó el Turnitin para la evaluación de similitud con otros trabajos previos. Además, sigue un proceso que está regido por el código de ética la Universidad Cesar Vallejo de la Resolución de Consejo Universitario N°0126-2017/ UCV, donde se indica que se debe velar que las investigaciones desarrolladas en el ámbito de la UCV cumplan con los estándares de exigencia científica, responsabilidad y honestidad para asegurar la precisión del conocimiento científico, protegiendo los derechos y bienestar de los investigadores y la propiedad intelectual.

V. RESULTADOS

Características de la placa de biopolímero con grafeno reducido

De acuerdo a los objetivos planteados, se comprueba a través de los resultados que las características durante las pruebas físicas (Tabla 18) y mecánicas (Tabla 19) de la placa absorbente de biopolímero con grafeno reducido fueron favorables para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres.

Tabla 18. *Resultado de las pruebas físicas de la placa plana*

Parámetro	Unidad de medida	Placa plana de BG
Color	observado	Negro claro
Dureza	Escala	3
Espesor	cm	2
Largo	cm	50
Ancho	cm	50
Área	cm ²	2500

Los resultados de las pruebas físicas realizadas a la placa plana de biopolímero con grafeno reducido fue color negro claro observado, una dureza en escala de 3 para la placa con un espesor de 2cm, siendo su largo 50 cm, su ancho 50 cm y su área 2500 cm².

Tabla 19. *Resultado de las pruebas mecánicas de la placa*

Parámetro	Unidad de medida	Placa plana de BG
Tracción	Kg/cm ²	0,027
Elongación	%	0,67

Los resultados fueron 0,027 Kg/cm² para la tracción de la placa de biopolímero con grafeno reducido y 0,67 % de elongación.

Resultados de los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados en la placa de biopolímero con grafeno reducido.

De acuerdo a los objetivos planteados, se demuestra mediante los resultados (Tabla 20) que los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados son adecuados en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres.

Tabla 20. Resultados de los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados

Parámetro	Papa	Bagazo de caña de azúcar
Temperatura, °C	21.7	21
pH [1-14]	6.46	7.05
Conductividad eléctrica, $\mu\text{S/cm}$	1150	994
Potencial redox mv	168	354
Humedad, %	80	67.85

Temperatura

En la figura 25 se muestran los valores para la temperatura del almidón de papa, el cual fue de 21,7 °C mayor con respecto al bagazo de caña que fue de 21 °C.

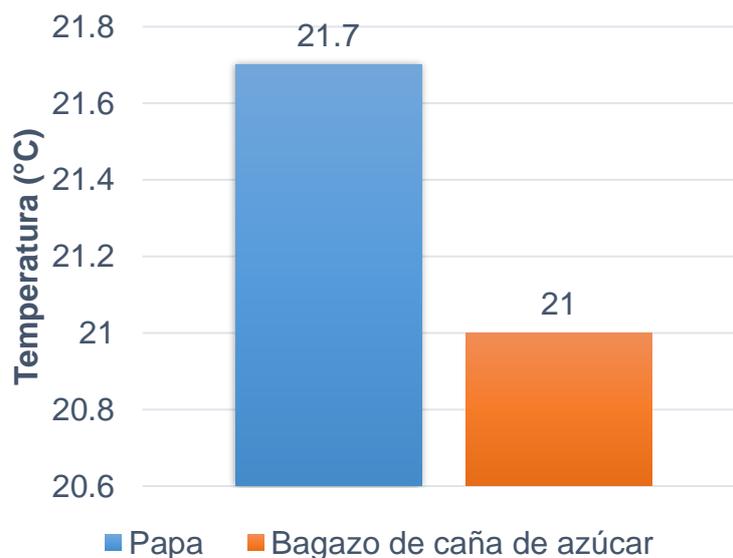


Figura 25. Resultado de temperatura de los recursos utilizados.

pH

Se observa en la figura 26 que el pH del bagazo de caña fue de 7,05 valor más ácido que el almidón de papa, 6,46.

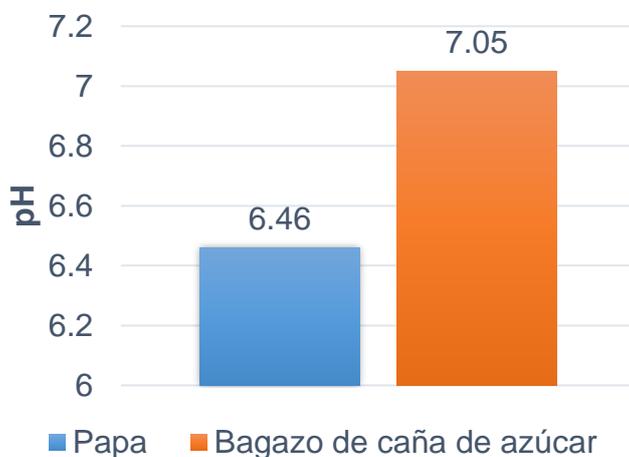


Figura 26. Resultado de pH de los recursos utilizados

Conductividad eléctrica

En la figura 27 se muestran que los valores de la conductividad eléctrica del almidón de papa fueron de 1150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mayor con respecto al bagazo de caña que fue de 994 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos resultados hicieron que, en el momento de la elaboración de la placa, los valores fueron regulados con sales.

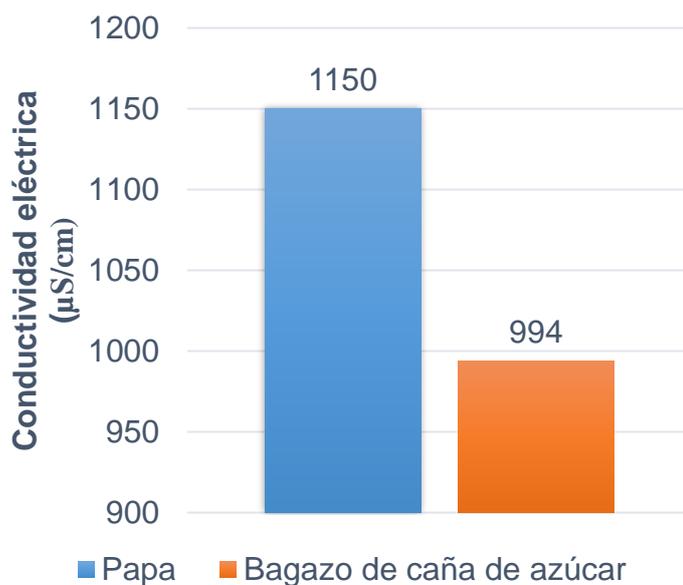


Figura 27. Resultado de C.E de los recursos utilizados.

Potencial redox

En la figura 28 se muestran que los valores del potencial redox del almidón de papa fue de 168 mV menor con respecto al bagazo de caña, que fue de 354 mV.

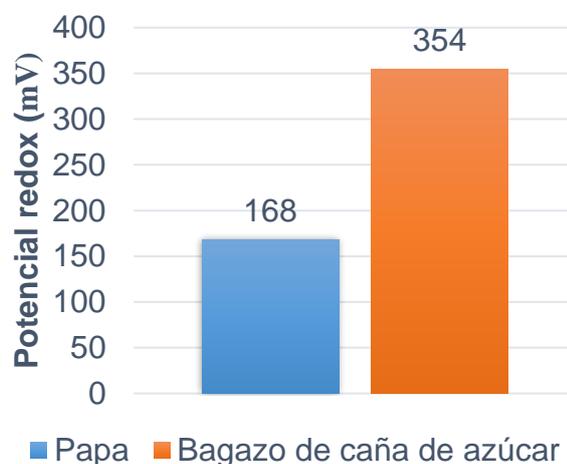


Figura 28. Resultado del potencial redox de los recursos utilizados.

Humedad

Se observa en la figura 29 que la humedad del almidón de papa fue de 80 %, valor mayor al bagazo de caña, el cual fue 67,85 %. Estos valores fueron necesarios para saber la cantidad de agua que debió agregar a la mezcla en la elaboración del biopolímero.

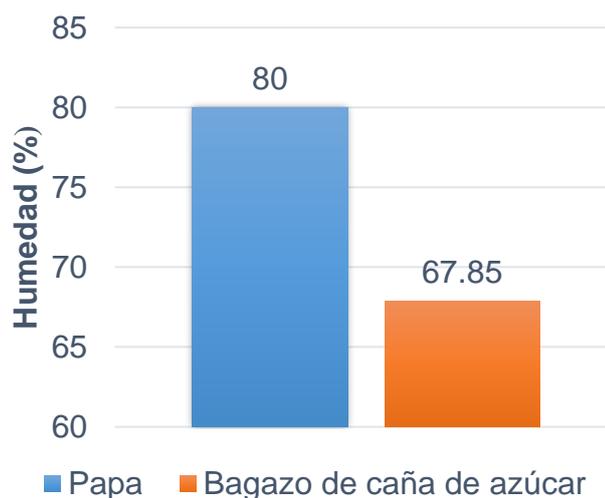


Figura 29. Resultado de la humedad de los recursos utilizados.

Resultados de la caracterización del grafito

En la Tabla 21 se muestran los valores de las principales propiedades del grafito utilizado en la obtención del grafeno reducido.

Tabla 21. *Resultado de la caracterización del grafito*

Parámetro	Unidad de medida	Grafito
Humedad	%	12,06
Material volátil	%	7,95
Cenizas	%	37,33
Carbono fijo	%	54,72
Poder calorífico	Kcal/Kg	5441,04

Del total de la masa del grafito, 37,33 % se convierte en cenizas al ser elevado a temperaturas > 700°C, mostrando la cantidad de residuo que permanece tras una combustión total. Por otro lado, se tiene un contenido de carbono fijo más bajo que otros compuestos, es decir la materia mineral que existe en el grafito está representado por un 54,72 % y posee un poder calorífico de 5441,04 Kcal/Kg, valor referente a la cantidad de energía térmica que se producirá en la combustión.

Eficiencia de la calefacción del agua sanitaria

El porcentaje de eficiencia, como se muestra en la Tabla 22, de la calefacción del agua sanitaria en el colector de placa plana fue de 68,42 %

Tabla 22. *Eficiencia de la calefacción de agua sanitaria*

Temperatura inicial °C	Temperatura promedio final °C	Eficiencia %
19	32	68.42

Resultado de los parámetros físico – químicos del agua en el colector de placa plana

En la Tabla 23 se muestran los valores de las principales propiedades del agua sanitaria en el colector de placa plana de biopolímero con grafeno reducido.

Tabla 23. Resultado de la caracterización del agua sanitaria en el colector

Parámetro	Unidad de medida	Agua
Temperatura	°C	21
pH	1-14	7.05
Conductividad eléctrica	µS/cm	994
Potencial redox	mv	354
Dureza total	CaCO ₃ mg /L	54
Dureza cálcica	CaCO ₃ mg /L	43.5
Acidez	CaCO ₃ mg /L	4
Alcalinidad	CaCO ₃ mg /L	43.5
Tiempo de retención	min	23

Estos resultados fueron necesarios para la conservación del sistema del colector solar, la temperatura del agua fue de 21 °C variando según el ambiente, el pH estuvo en el rango adecuado de 7,05, la conductividad eléctrica fue 994 µS/cm, el potencial redox fue 354 mV, con un nivel bajo de carbonatos la dureza total fue de 54 CaCO₃ mg/L, la dureza cálcica fue de 43,5 CaCO₃ mg/L, su acidez fue de 4 CaCO₃ mg/L y su alcalinidad fue de 43,5 CaCO₃ mg/L. Además, el tiempo de retención del agua fue de 23 minutos.

Prueba de normalidad

La prueba de normalidad se aplicó a los 13 datos obtenidos de la evaluación de conducción térmica de 7 días en intervalos de tiempo (6am a 6pm). En tal razón, en la tabla 24 se trabajó con el estadístico de Shapiro-Wilk ya que el número de datos obtenidos fue menor a 50.

El criterio usado para la prueba de normalidad fue:

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

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

Tabla 24. Prueba de normalidad – hipótesis general

Pruebas de normalidad							
	Temperatura	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Datos	Temperatura del agua sin pasar por la placa	,161	13	,200*	,920	13	,253
	Temperatura del agua después de pasar por la placa	,217	13	,094	,880	13	,071

Fuente: SPSS (2020)

Contraste de la hipótesis

Para contrastar la hipótesis de investigación se utilizó la prueba paramétrica de t para muestras relacionadas debido que se consideró dos mediciones.

Como se muestra en la tabla 24, se obtuvo una significancia mayor a 0.05 en los dos casos (antes y después de la placa); por lo tanto, se pudo resolver que la distribución de la conducción térmica de placa es normal. En tal sentido, se comprobó que los datos tuvieron un comportamiento paramétrico determinando que el tipo de estadígrafo aplicado tenía que ser el t de Student.

Hipótesis general:

El biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana es eficiente para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

En la Tabla 24 se observan las pruebas de normalidad de la hipótesis general.

a) Prueba de hipótesis

H1: Los datos proceden de una distribución normal

H0: Los datos no proceden de una distribución normal

b) Regla de decisión

Sig. > 0,05. Rechazamos la **H0**:

c) Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**. Los datos proceden de una distribución normal.

En la Tabla 25 se observan las pruebas de muestras emparejadas de la hipótesis general.

Tabla 25. Pruebas de muestras emparejadas – hipótesis general

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Temperatura inicial del agua sin pasar por la placa – Temperatura final del agua después de pasar por la placa	-7,000	6,205	1,721	-10,750	-3,250	-4,068	12	,002

Fuente: SPSS (2020)

a) Prueba de hipótesis

Ho: El biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana no es eficiente para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

H1: El biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana es eficiente para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

b) Regla de decisión

sig < 0,05. Rechazamos la **H0** y Aceptamos el **H1**

c) Resultado /discusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1:** El biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana es eficiente para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

Hipótesis específica 1:

Las características de la placa absorbente de biopolímero con grafeno reducido en un colector de placa plana son favorables para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

En la Tabla 26 se observa las pruebas de normalidad de la hipótesis específica 1.

Tabla 26. Pruebas de normalidad – hipótesis 1

Pruebas de normalidad							
	PLACA	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tracción	Placa de BG	,145	3	.	,852	3	,245
Elongación	Placa de BG	,155	3	.	,732	3	,753
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: SPSS (2020)

a) Prueba de hipótesis

H1: Los datos proceden de una distribución normal

H0: Los datos no proceden de una distribución normal

b) Regla de decisión

Sig. > 0,05. Rechazamos la **H0:**

c) Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1.** Los datos proceden de una

distribución normal.

En la Tabla 27 se observa las pruebas de muestras emparejadas de la hipótesis 1.

Tabla 27. Pruebas para muestras emparejadas – hipótesis 1

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Tracción	46,765	2	,000	,02700	,0245	,0295
Elongación	116,047	2	,000	,67000	,6452	,6948

Fuente: SPSS (2020)

a) Prueba de hipótesis

Ho: Las características de la placa absorbente de biopolímero con grafeno reducido en un colector de placa plana no son favorables para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

H1: Las características de la placa absorbente de biopolímero con grafeno reducido en un colector de placa plana son favorables para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

b) Regla de decisión

sig < 0,05. Rechazamos la **H0** y Aceptamos el **H1**

c) Resultado /discusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1:** Las características de la placa absorbente de biopolímero con grafeno reducido en un colector de placa plana son favorables para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

Hipótesis específica 2:

Los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana son adecuados para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

En la Tabla 28 se observa las pruebas de normalidad de la hipótesis 2.

Tabla 28. Pruebas de normalidad – hipótesis 2

Pruebas de normalidad							
	RECURSOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura	Almidón de papa	,219	3	.	,987	3	,780
	Bagazo de caña	,253	3	.	,964	3	,637
pH	Almidón de papa	,256	3	.	,742	3	,977
	Bagazo de caña	,175	3	.	,356	3	,135
CE	Almidón de papa	,753	3	.	,245	3	,023
	Bagazo de caña	,864	3	.	,263	3	,854
Potencial redox	Almidón de papa	,113	3	.	,653	3	,145
	Bagazo de caña	,219	3	.	,987	3	,780
Humedad	Almidón de papa	,753	3	.	,134	3	,632
	Bagazo de caña	,852	3	.	,643	3	,753
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: SPSS (2020)

a) Prueba de hipótesis

H1: Los datos proceden de una distribución normal

H0: Los datos no proceden de una distribución normal

b) Regla de decisión

Sig. > 0,05. Rechazamos la **H0**:

c) Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**. Los datos proceden de una distribución normal.

En la Tabla 29 se observa las pruebas de muestras emparejadas de la hipótesis 2.

Tabla 29. Pruebas de muestras emparejadas – hipótesis 2

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Temperatura	52,571	5	,000	21,53333	20,4804	22,5863
pH	46,561	5	,000	6,75667	6,3836	7,1297
CE	30,725	5	,000	1072,00000	982,3116	1161,6884
Potencial redox	6,266	5	,000	261,16667	154,0308	368,3025
Humedad	25,422	5	,000	73,92500	66,4500	81,4000

Fuente: SPSS (2020)

a) Prueba de hipótesis

H₀: Los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana no son adecuados para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

H₁: Los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana son adecuados para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

b) Regla de decisión

sig < 0,05. Rechazamos la **H₀** y Aceptamos el **H₁**

c) Resultado /discusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁**: Los parámetros físico-químicos de los recursos utilizados en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana son adecuados para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

Hipótesis específica 3:

Las características del grafito utilizado en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana son las necesarias para la calefacción de agua sanitaria

en San Martín de Porres, 2020.

En la Tabla 30 se observa las pruebas de normalidad de la hipótesis 3.

Tabla 30. Pruebas de normalidad – hipótesis 3

Pruebas de normalidad							
	GRAFITO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Humedad	Grafito para Grafeno	,204	3	.	,993	3	,843
Materia volátil	Grafito para Grafeno	,135	3	.	,652	3	,134
Ceniza	Grafito para Grafeno	,329	3	.	,868	3	,290
Carbono fijo	Grafito para Grafeno	,339	3	.	,850	3	,241
Poder calorífico	Grafito para Grafeno	,175	3	.	1,000	3	,999
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: SPSS (2020)

a) Prueba de hipótesis

H1: Los datos proceden de una distribución normal

H0: Los datos no proceden de una distribución normal

b) Regla de decisión

Sig. > 0,05. Rechazamos la **H0**:

c) Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**. Los datos proceden de una distribución normal.

En la Tabla 31 se observa las pruebas de muestras emparejadas de la hipótesis 3.

Tabla 31. Pruebas de muestras emparejadas – hipótesis 3

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Humedad	594,960	2	,000	12,06333	11,9761	12,1506
Materia volátil	1378,712	2	,000	7,96000	7,9352	7,9848
Ceniza	162,815	2	,000	37,33333	36,3467	38,3199
Carbono fijo	397,261	2	,000	54,72667	54,1339	55,3194
Poder calorífico	2329,830	2	,000	5441,04333	5430,9950	5451,0917

Fuente: SPSS (2020)

a) Prueba de hipótesis

Ho: Las características del grafito utilizado en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana son las necesarias para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

H1: Las características del grafito utilizado en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana son las necesarias para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

b) Regla de decisión

sig < 0,05. Rechazamos la **H0** y Aceptamos el **H1**

c) Resultado /discusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1:** Las características del grafito utilizado en el biopolímero con grafeno reducido en el colector de placa plana son las necesarias para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020.

VI. DISCUSIÓN

En la presente investigación se construyó un prototipo de placa de biopolímero armado y las muestras de cada pieza que compone el molde (1 pieza principal base, 2 placas laterales, 4 pernos largos y 8 tuercas), bajo energía solar el sistema cumplió una función de colector solar parecido a Albizzati (2015) que evaluó sistemas solares de colectores de placa plana para el calentamiento de agua sanitaria. Y Li et al. (2018) compararon mejoras de las propiedades mecánicas de los polímeros con nanotubos de carbono y láminas de grafeno, en la presente investigación se utilizó grafeno reducido para una mayor absorción en la placa, tal como Rouf y Kokini (2016) que evaluaron la unión entre biopolímeros con diferentes formas de grafeno, entre ellas el óxido de grafeno (GO) que también fue utilizado en este estudio.

Por otro lado, Andrić et al. (2018) investigaron la influencia de los parámetros arquitectónicos y urbanos en el uso de colectores solares. Las pruebas mecánicas que se realizaron en la placa de biopolímero con grafeno reducido indicaron 0,67 % de porcentaje de elongación y 0,027 Kg/cm² de tracción o tensión, valor menor al de Klein et al. (2017) quienes aplicaron pruebas de tracción, con una tensión de rotura del 5 %.

La placa de biopolímero con grafeno reducido estuvo compuesta de almidón de papa y bagazo de caña, residuos agroindustriales altamente estudiados, como los que Espina et al. (2016) utilizaron especies nativas de almidón de oca, camote en conjunto con bagazo de caña para elaborar bandejas biodegradables. De igual manera Ma et al. (2013) analizaron compuestos basados en almidón plastificado con óxido de grafeno y óxido de grafeno reducido.

El agua sanitaria que se utilizó en el sistema de calefacción tuvo una temperatura de 21°C, valor aceptable y comparable con Karki et al. (2019) quienes concluyeron que es recomendable el uso de colectores solares de placa plana en aguas que tienen baja temperatura (<100°C).

La eficiencia de la calefacción de agua sanitaria en el sistema fue de 68,42 % valor mayor al de Torres et al. (2017) quienes diseñaron, construyeron un colector solar de latas de aluminio de gaseosas como superficie absorbente para la calefacción de agua sanitaria llegando a una eficiencia del colector de 46 %, similar a las

obtenidas en las en colectores solares convencionales.

VII. CONCLUSIONES

Los valores de las características de la placa absorbente de biopolímero de grafeno reducido de acorde a las pruebas físicas fueron una placa de color negro claro, debido a la mezcla de almidón de papa, bagazo de caña de azúcar y grafeno reducido, su dureza se encuentra en escala 3, es decir es comparable con la calcita, puede ser rayado con una moneda de cobre. Las pruebas mecánicas realizadas fueron 0,027 Kg/cm² para tracción y 0,67 % para elongación, lo que indico una menor deformación de la placa.

Los valores obtenidos de la caracterización de los recursos utilizados en la placa de biopolímero con grafeno reducido fueron 21,7 °C de temperatura para el almidón de papa y 21°C para el bagazo de caña de azúcar, con un pH de 6,46 para la papa y 7,05 para el bagazo de caña, una conductividad eléctrica de 1150 µS/cm para el almidón y 994 µS/cm para la caña, un potencial redox de 168 mV y 354 mV. Estos valores fueron regulados con sales para la elaboración de la placa y un porcentaje de humedad de 80 % y 67,85 %, lo que indicó la cantidad de agua que se debió agregar a la mezcla para la elaboración de la placa.

Las características del grafito necesario para la obtención del grafeno reducido utilizado en el colector de placa plana fueron 12,06% para porcentaje de humedad, 7,95% para materia volátil, 37,33% para porcentaje de cenizas, 54,72% para porcentaje de carbono fijo y 5441,04 Kcal/Kg para poder calorífico, indicando un producto de alta conductividad térmica.

El uso de la placa de biopolímero de grafeno reducido presento una eficiencia de calefacción del agua sanitaria de 68,42 % durante los 7 días de tratamiento.

VIII. RECOMENDACIONES

Usar materiales más ligeros y resistentes, con mayor cantidad de almidón en la elaboración de la placa absorbente del colector, como residuos de yuca.

Modificar los materiales pesados de acero por vidrio templado para la construcción del colector de placa plana.

Implementar el sistema en lugares con baja temperatura para una mayor eficiencia del colector de placa plana de biopolímero con grafeno reducido.

Construir un prototipo de colector de placa plana de mayor dimensión para que la radiación reflejada alcance mayor calentamiento. Además, implementar un concentrador solar móvil para que la incidencia de la radiación solar a la placa sea de manera directa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMADI, Alireza, GANJI, Davood Domiri, JAFARKAZEMI, Farzad. Analysis of utilizing Graphene nanoplatelets to enhance thermal performance of flat plate solar collectors, *Energy Conversion and Management* [online], Volume 126, 2016, Pages 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.07.061>, ISSN 0196-8904

ALARCON Cavero, Hugo y ARROYO Benites, Edmundo. Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa. *Rev. Soc. Quím. Perú* [en línea]. 2016, vol.82, n.3 [Fecha de consulta: 13 de Julio de 2020 2020-07-13], pp.315-323. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000300007&lng=es&nrm=iso, ISSN 1810-634X.

ALBIZZATI, Enrique. Evaluación de la sustentabilidad de instalaciones solares con colectores de placa plana y tubos evacuados. *Rev. Int. Contam. Ambient* [online]. 2016, vol.32, n.3, pp.315-322, <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.06>, ISSN 0188-4999.

ANDRIĆ, Snežana, JOVANOVIĆ POPOVIĆ, Milica and MACUT, Nikola. Development for Co2 Emissions Reduction by the Use of Solar Thermal Collectors in the Process of Urban Planning. *Thermal Science* [online], 22 (July 2, 2018): S1249–58, <http://dx.doi:10.2298/TSCI170601222A>, ISSN 2334-7163

CIENFUEGOS, María de los Angeles y CIENFUEGOS, Adriana. Lo cuantitativo y cualitativo en la investigación. Un apoyo a su enseñanza. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* [en línea]. Vol. 7, n° 13, julio 2016. [fecha de consulta: 9 de noviembre de 2019]. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/ride/v7n13/2007-7467-ride-7-13-00015.pdf>, ISSN 2007-7467

CONCYTEC. Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica - Reglamento RENACYT, Lima, Perú, 2018. Disponible en https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf

DE LA PEÑA, J. and AGUILAR, Roberto. Polymer Solar Collectors. A Better Alternative to Heat Water in Mexican Homes, *Energy Procedia* [online], Volume 57, 2014, Pages 2205-2210, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.187>, ISSN 1876-6102

ENRÍQUEZ, Mario, VELASCO, Reinaldo y ORTIZ, Vicente. Películas biodegradables basadas en almidón. *Rev.Bio. Agro* [en línea]. 2012, vol.10, n.1. [Fecha de consulta: 13 de Julio de 2020 2020-07-13], pp.182-192. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612012000100021&lng=en&nrm=iso, ISSN 1692-3561.

ESPINA, Miguel, CRUZ-TIRADO, J.P.y SICHE, Raúl. Propiedades mecánicas de bandejas elaboradas con almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria* [online], Volumen 7 (2): 133 – 143, 2016, DOI: 10.17268/sci.agropecu.2016.02.06, ISSN 2306-6741

EVANGELISTI, Luca, DE LIETO. VOLLARO, Roberto and ASDRUBALI, Francesco. Latest advances on solar thermal collectors: A comprehensive review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online], Volume 114, 2019, 109318, ISSN 1364-0321, <http://dx.doi:10.1016/j.rser.2019.109318>

FLORES Valdez, Daniela. Elaboración de materiales biodegradables base sacarosa. Tesis (Especialización en química aplicada). Saltillo: Centro de Investigación en química aplicada, 2009. Disponible en <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/370/1/Daniela%20Sara%20Flores%20Valdez.pdf>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6ta edición. México: Interamericana Editores, 2014, [fecha de consulta: 9 de noviembre de 2019], disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>, ISBN 978-1-4562-2396-0

HUANG, Junpeng, TIAN, Zhiyong and FAN, Jianhua. A comprehensive analysis on development and transition of the solar thermal market in China with more than 70% market share worldwide, *Energy* [online], Volume 174, 2019, Pages 611-624,

<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.165>, ISSN 0360-5442

IPCC. Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, Nueva York, Estados Unidos de América: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2011. [Fecha de consulta: 22 de octubre de 2019]. Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_es-1.pdf, ISBN 978-92-9169-331-3

IRANMANESH, Soudeh, ONG, Hwai Chyuan, ANG, Bee Chin, SADEGHINEZHAD, Emad, ESMAEILZADEH, Alireza and MEHRALI, Mohammad. Thermal performance enhancement of an evacuated tube solar collector using graphene nanoplatelets nanofluid, *Journal of Cleaner Production* [online], Volume 162, 2017, Pages 121-129, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.175>, ISSN 0959-6526

KARKI, Saroj, HAAPALA, Karl R. and FRONK, Brian M. Technical and economic feasibility of solar flat-plate collector thermal energy systems for small and medium manufacturers, *Applied Energy* [online], Volume 254, 2019, 113649, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113649>, ISSN 0306-2619

KIM, Sung in, KISSICK, John, SPENCE, Stephen and BOYLE, Christine. Design, analysis and performance of a polymer-carbon nanotubes based economic solar collector, *Solar Energy* [online], Volume 134, 2016, Pages 251-263, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.04.019>, ISSN 0038-092X

KLEIN, Andrea, ORESKI, Gernot and RESCH-FAUSTER, Katharina. Applicability of technical biopolymers as absorber materials in solar thermal collectors, *Solar Energy* [online], Volume 153, 2017, Pages 276-288. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2017.05.069>, ISSN 0038-092X.

LI, Yunlong, WANG, Shijie, WANG, Quan and XING, Malcolm. A comparison study on mechanical properties of polymer composites reinforced by carbon nanotubes and graphene sheet, *Composites Part B: Engineering* [online], Volume 133, 2018,

MA, Tiantian, CHANG, Peter, ZHENG, Pengwu y MA, Xiaofei. The composites

based on plasticized starch and graphene oxide/reduced graphene oxide, Carbohydrate Polymers [online], volume 94, Issue 1, 2013, pages 63-70, ISSN 0144-8617, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.01.007>.Pages 35-41, ISSN 1359-8368, <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.09.024>

MENESES, Juliana; CORRALES, Catalina y VALENCIA, Marco. Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. Rev.EIA.Esc. Ing.Antioq [en línea]. 2007, n.8. [Fecha de consulta: 12 de julio de 2020], pp.57-67. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006&lng=en&nrm=iso, ISSN 1794-1237.

MONDRAGÓN, Rosa, SÁNCHEZ, Daniel, CABELLO, Ramón, LLOPIS, Rodrigo, and JULIÁ, Enrique. Flat Plate Solar Collector Performance Using Alumina Nanofluids: Experimental Characterization and Efficiency Tests, PLoS ONE [online], 2019, 14 (2): 1–18. Doi: 10.1371/journal.pone.0212260

PAGACZ, Joanna, RAFTOPOULOS, Konstantinos, LESZCZYŃSKA, Agnieszka and PIELICHOWSKI, Krzysztof. Bio-Polyamides Based on Renewable Raw Materials, Journal of Thermal Analysis & Calorimetry [online], 123 (2): 1225–37. 2016. Doi: 10.1007/s10973-015-4929-x, ISSN 1588-2926

POVACZ, Markus, WALLNER, Gernot, GRABMANN, Michael, BEISSMANN, Susanne, GRABMAYER, Klemens, WOLFGANG, Buchberger, LANG, Reinhold. Novel Solar Thermal Collector Systems in Polymer Design – Part 3: Aging Behavior of PP Absorber Materials, Energy Procedia [online], Volume 91, 2016, Pages 392-402, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.280>, ISSN 1876-6102

RAMSCHAK, Thomas, HAUSNER, Robert and FINK, Christian. Polymeric Materials in Solar-thermal Systems - Performance Requirements and Loads, Energy Procedia [online], Volume 91, 2016, Pages 105-112, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.182>, ISSN 1876-6102

REN21. Renewables 2019 Global Status Report [online]. Paris: REN21 Secretariat, 2019. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2019]. Disponible en https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf, ISBN

978-3-9818911-7-1

ROBLES, Blanca. Índice de validez de contenido: Coeficiente V de Aiken. Pueblo Continente [en línea]. Vol. 29(1), enero 2018. fecha de consulta: 1 de mayo de 2020]. Disponible en <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/view/991/0>, ISSN 1991-5837

ROUF, Tahrima, and KOKINI, Jozef. Biodegradable Biopolymer-Graphene Nanocomposites, Journal of Materials Science [online], Volume 51, no. 22 (November 15, 2016): 9915–45, doi:10.1007/s10853-016-0238-4.

RUIZ Avilés, Gladys. Polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca. Tesis (Magíster en Ingeniería de Procesamientos de Polímeros). Medellín: Universidad Eafit, Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho, 2005. Disponible en https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2

TORRES Muro, Hugo, AGREDA Paredes, Jesús, POLO Bravo, Carlos y CÁCERES Masco, Lilian. Construcción y evaluación experimental de un colector solar con absorbedor de latas de aluminio para calentar agua de uso doméstico en Tacna. Informe de investigación. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de Ciencias, 2017.

WEISS, Werner and SPÖRK-DÜR, Monika. Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2018. Detailed Market Figures 2017 [online]. Gleisdorf, Austria: International Energy Agency (IEA) Solar Heating and Cooling Programme (SHC), 2019. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2019.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autores)



Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores

Nosotros, Ramos Zanabria, Rosmery y Sampayo Mozombite, Ronald Bryan, egresados de la Facultad de Ingeniería y la Escuela Profesional Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Norte, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada:

“Biopolímero con grafeno reducido en un colector de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 07 de Julio del 2020,

Apellidos y Nombres del Autor Ramos Zanabria, Rosmery	
DNI: 70936701	Firma 
ORCID: 0000-0003-1028-4951	
Apellidos y Nombres del Autor Sampayo Mozombite, Ronald Bryan	
DNI: 73947376	Firma 
ORCID: 0000-0003-0179-7851	

Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor)



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, **BENITES ALFARO ELMER GONZALES**, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, asesor de la Tesis titulada:

"BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020", del (los) autor (autores) **RAMOS ZANABRIA ROSMERY / SAMPAYO MOZOMBITE RONALD BRYAN**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Informe de tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 20 de julio del 2020

Apellidos y Nombres del Asesor: BENITES ALFARO ELMER GONZALES	
DNI 07867259	Firma  Dr. Elmer G. Benites Alfaro CP 1234
ORCID 0000-0003-1504-2089.	



Anexo 3. Acta de sustentación del trabajo de Tesis

Anexo 4. Autorización de publicación en repositorio institucional



Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Nosotros, Ramos Zanabria, Rosmery y Sampayo Mozombite, Ronald Bryan identificados con los DNI N° 70936701 y N°73947376 respectivamente, egresados de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizamos la divulgación y comunicación pública de nuestra Tesis:

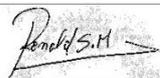
“Biopolímero con grafeno reducido en un colector de placa plana para la calefacción de agua sanitaria en San Martín de Porres, 2020”.

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de **NO** autorización:

.....
.....

Lima, 07 de Julio de 2020

Apellidos y Nombres del Autor Ramos Zanabria, Rosmery	
DNI: 70936701	Firma 
ORCID: 0000-0003-1028-4951	
Apellidos y Nombres del Autor Sampayo Mozombite, Ronald Bryan	
DNI: 73947376	Firma 
ORCID: 0000-0003-0179-7851	



Anexo 5. Instrumento de recolección de datos

Anexo 1. Formato de registro de campo

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020		
Responsables: _____			
DESCRIPCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO			
DEPARTAMENTO		FECHA	
PROVINCIA			
DISTRITO			
ÁREA DE ESTUDIO			
COORDENADAS UTM			
N° PUNTO	Zona	Norte	Este


Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
CIP. 71908
ORCID ID: 0000-0003-3504-2889
Scopus ID de autor: 57214176765
Web of Science Researcher ID: AAI-0644-2020

Anexo 2. Formato de construcción del calentador solar

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLIMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020	
Responsables: _____		
DIMENSIONES DEL COLECTOR SOLAR		
LARGO	ANCHO	ALTURA
ETAPAS	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	UNIDADES
Soporte del colector solar		
Recipiente de almacenamiento de agua		
Parrilla colectora		
Base y cubierta del colector solar		
Aislamiento del colector		
ÁREA DEL COLECTOR	ÁNGULO DE INCLINACIÓN	


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CP. 71998
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216176765
 Web of Science Researcher ID: AAI-9644-2020

Anexo 3. Formato de caracterización y composición de la placa de biopolimero con grafeno reducido

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020	
Responsables: _____			
CARACTERIZACIÓN DE LA PLACA DE BIOPOLIMERO CON GRAFENO REDUCIDO			
LARGO		ANCHO	
ESPESOR		ÁREA	
COMPOSICIÓN DE LA PLACA DE BIOPOLIMERO CON GRAFENO REDUCIDO			
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL		CANTIDAD	


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP: 71998
 ORCID ID: 0000-0003-3504-2089
 Scopus ID de autor: 57216170765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020

Anexo 4. Formato de caracterización del grafito

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020			
	CARACTERISTICAS DEL GRAFITO			
% Humedad	% Material volátil	% Ceniza	% Carbono fijo	Kcal/kg Poder calorífico

Responsables: _____


Dr. Elmer G. Benites Alford,
CIP. 71998
ORCID ID: 0000-0001-1504-2089
Scopus ID de autor: 57256170765
Web of Science Researcher ID: AAI-8844-2020

Anexo 6. Formato de pruebas con estación meteorológica

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020		
PARÁMETROS METEOROLÓGICOS			
Meteorología			
Clima	% Humedad relativa	Temperatura del ambiente	Radiación solar


Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
D.P. 71998
ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
Scopus ID de autor: 57216176765
Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020

Anexo 7. Formato de análisis de calidad de agua utilizado

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020	
Responsables: _____			
PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA			
pH	Conductividad eléctrica	Dureza	Alcalinidad


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP. 71998
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216170765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020

Anexo 8. Formato de eficiencia del sistema

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020					
Fecha	Hora inicial	Hora final	T° entrada agua	T° salida agua	Tiempo de retención	Caudal	% Eficiencia

Responsables: _____


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP. 71998
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216170765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020

Anexo 1. Formato de registro de campo

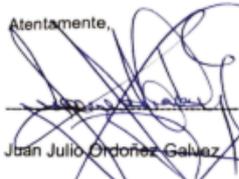
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020		
Responsables: _____			
DESCRIPCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO			
DEPARTAMENTO		FECHA	
PROVINCIA			
DISTRITO			
ÁREA DE ESTUDIO			
COORDENADAS UTM			
N° PUNTO	Zona	Norte	Este

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Anexo 2. Formato de construcción del calentador solar

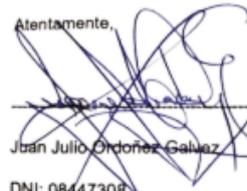
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020			
Responsables: _____					
DIMENSIONES DEL COLECTOR SOLAR					
LARGO		ANCHO		ALTURA	
ETAPAS	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL				UNIDADES
Soporte del colector solar					
Recipiente de almacenamiento de agua					
Parrilla colectora					
Base y cubierta del colector solar					
Aislamiento del colector					
ÁREA DEL COLECTOR			ÁNGULO DE INCLINACIÓN		

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Anexo 3. Formato de caracterización y composición de la placa de biopolimero con grafeno reducido

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020		
Responsables: _____			
CARACTERIZACIÓN DE LA PLACA DE BIOPOLIMERO CON GRAFENO REDUCIDO			
LARGO		ANCHO	
ESPESOR		ÁREA	
COMPOSICIÓN DE LA PLACA DE BIOPOLIMERO CON GRAFENO REDUCIDO			
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL		CANTIDAD	

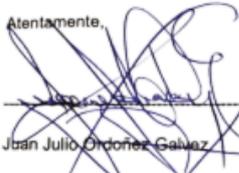
Atentamente,




Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

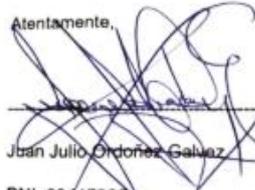
Anexo 4. Formato de caracterización del grafito

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020			
Responsables: _____				
CARACTERISTICAS DEL GRAFITO				
% Humedad	% Material volátil	% Ceniza	% Carbono fijo	Kcal/kg Poder calorífico

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

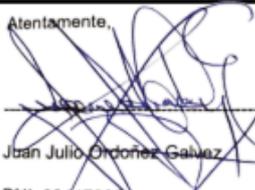
Anexo 6. Formato de pruebas con estación meteorológica

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020		
Responsables: _____			
PARÁMETROS METEOROLÓGICOS			
Meteorología			
Clima	% Humedad relativa	Temperatura del ambiente	Radiación solar

Atentamente,

 Juan Julio Ochoa Galvez
 DNI: 08447308

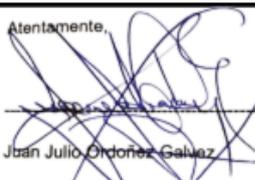
Anexo 7. Formato de análisis de calidad de agua utilizado

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020		
Responsables: _____			
PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA			
pH	Conductividad eléctrica	Dureza	Alcalinidad

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Anexo 8. Formato de eficiencia del sistema

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020						
Responsables: _____							
Fecha	Hora inicial	Hora final	$T^{\circ}_{entrada}$ agua	T°_{salida} agua	Tiempo de retención	Caudal	% Eficiencia

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez

Anexo 1. Formato de registro de campo

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020		
Responsables: _____			
DESCRIPCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO			
DEPARTAMENTO		FECHA	
PROVINCIA			
DISTRITO			
ÁREA DE ESTUDIO			
COORDENADAS UTM			
N° PUNTO	Zona	Norte	Este


 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
 CIP. 46572

DNI.17402784

Anexo 3. Formato de caracterización y composición de la placa de biopolimero con grafeno reducido

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020		
Responsables: _____			
CARACTERIZACIÓN DE LA PLACA DE BIOPOLIMERO CON GRAFENO REDUCIDO			
LARGO		ANCHO	
ESPESOR		ÁREA	
COMPOSICIÓN DE LA PLACA DE BIOPOLIMERO CON GRAFENO REDUCIDO			
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL		CANTIDAD	


 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
 CIP. 46572

DNI.17402784

Anexo 4. Formato de caracterización del grafito

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020			
Responsables: _____				
CARACTERISTICAS DEL GRAFITO				
% Humedad	% Material volátil	% Ceniza	% Carbono fijo	Kcal/kg Poder calorífico



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
CIP. 46572

DNI.17402784

Anexo 6. Formato de pruebas con estación meteorológica

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020		
Responsables: _____			
PARÁMETROS METEOROLÓGICOS			
Meteorología			
Clima	% Humedad relativa	Temperatura del ambiente	Radiación solar



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
CIP. 46572

DNI.17402784

Anexo 7. Formato de análisis de calidad de agua utilizado

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020		
Responsables: _____			
PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA			
pH	Conductividad eléctrica	Dureza	Alcalinidad



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
CIP. 46572

DNI.17402784

Anexo 8. Formato de eficiencia del sistema

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		BIOPOLÍMERO CON GRAFENO REDUCIDO EN UN COLECTOR DE PLACA PLANA PARA LA CALEFACCIÓN DE AGUA SANITARIA EN SAN MARTIN DE PORRES, 2020					
Responsables: _____							
Fecha	Hora inicial	Hora final	T° entrada agua	T° salida agua	Tiempo de retención	Caudal	% Eficiencia



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
CIP. 46572

DNI.17402784

Anexo 6. Mapa de ubicación del área de estudio

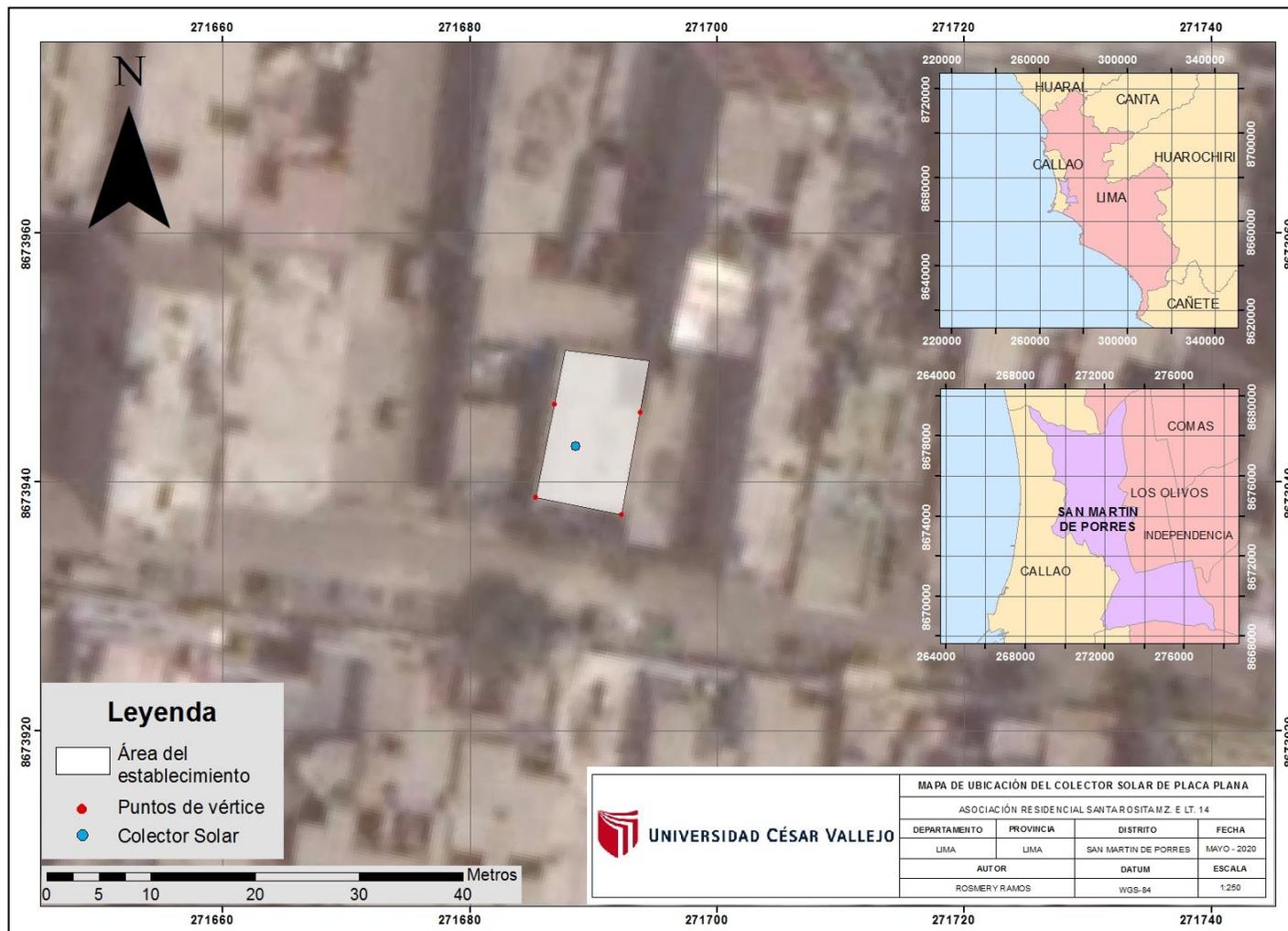


Figura 30. Mapa de ubicación del área de estudio en ArcGIS.

Anexo 7. Modelo del molde de la placa de biopolímero

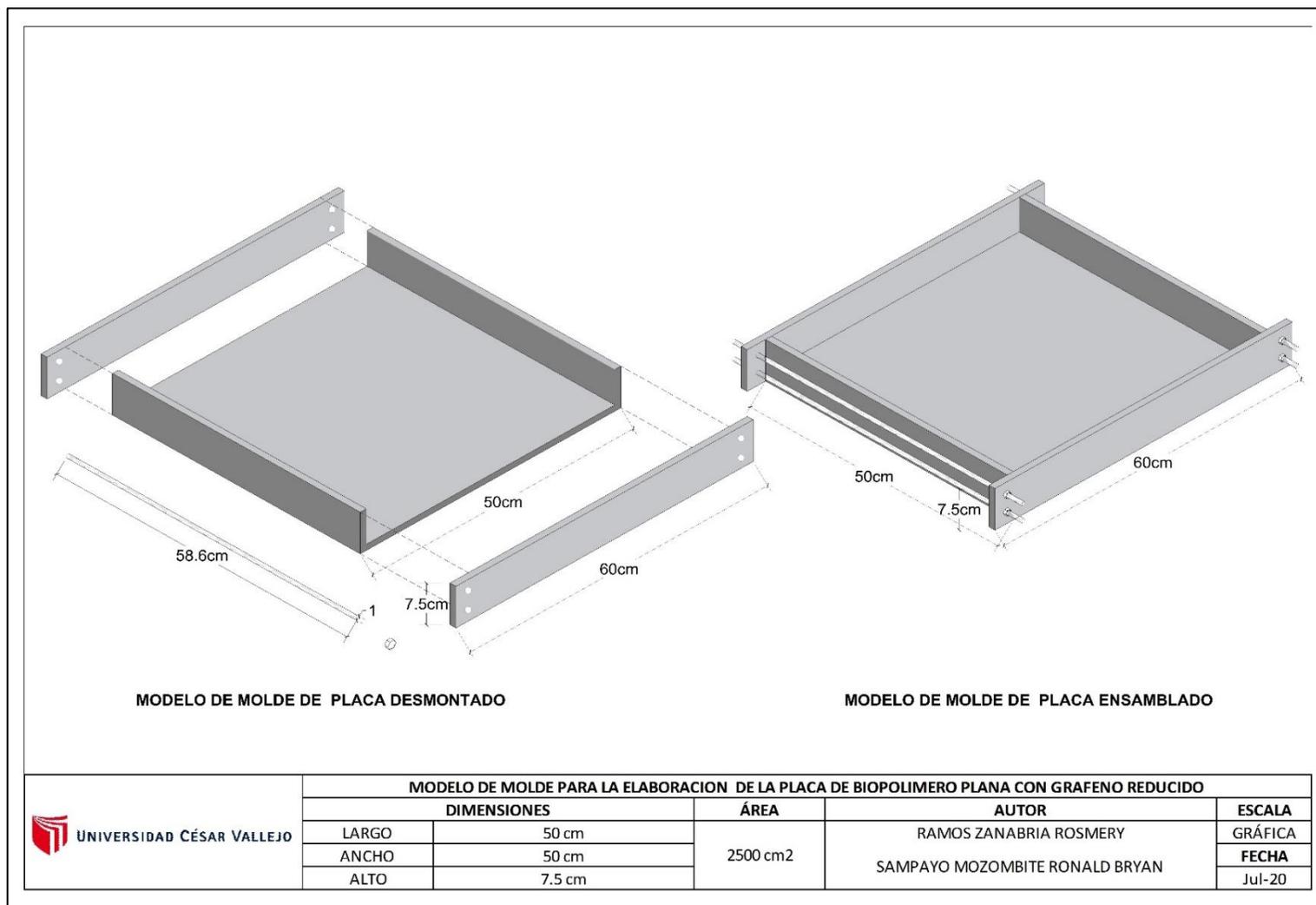


Figura 31. Modelo del molde de la placa en AutoCAD.

Anexo 8: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Variable independiente: Biopolímero con grafeno reducido	Los biopolímeros son polímeros de origen natural vulnerable a la digestión de microorganismos o descomposición química en el medio ambiente. Estos materiales se proponen como reemplazo de los plásticos actuales, que, aunque durables y eficaces derivan de fósiles, en tal razón son difíciles de eliminar una vez terminada su vida útil. Entre ellos se encuentra los biopolímeros a base de proteínas, los fibrosos y los polisacáridos como la celulosa y el almidón. Para la obtención de bioplásticos basado en almidón se necesita materiales como plastificante, relleno, reguladores (Johnson, 2003). Muchas investigaciones se han enmarcado en polímeros optimizados mecánicamente o eléctricamente usando nano hojas de óxido de grafeno	La placa de biopolímero se compuso de almidón de papa, a los cuales se le agregó un plastificante y reguladores de pH, además de dos rellenos que fueron el bagazo de caña de azúcar y el grafeno reducido para una mayor estabilidad en la composición del bioplástico. El prototipo de colector solar con placa absorbente de biopolímero y grafeno contó con 6 fases. En ello, se hallaron los parámetros físicos y químicos de estos materiales para determinar si eran favorables para la calefacción del agua sanitaria.	Parámetros físicos y químicos de los recursos utilizados	Temperatura	°C
				pH	1-14
				Conductividad eléctrica	μS/m
				Potencial redox	mV
				Humedad	%
				Color	observado
			Características de la placa plana	Dureza	1-10
				Espesor	cm
				Tracción	Kg/cm ²
				Elongación	%
				Humedad	%
				Características del grafito	Materia volátil
Ceniza	%				

	(GO) u óxido de grafeno reducido (RGO) como nanorrellenos (Ma et al., 2013)		Carbono fijo	%	
			Poder calorífico	Kcal/kg	
Variable dependiente: Calefacción de agua sanitaria	La calefacción solar de agua sanitaria consiste en aportar calor proveniente de la radiación solar al medio fluido (líquido o gas, generalmente mezcla de glicol / agua o aire) con la mayor eficiencia (Kohl, 2012), con el fin de elevar la temperatura del agua que circula en el sistema térmico. (Mercado y Machaca, 2017). Los sistemas de calefacción solar de agua de uso residencial más empleados son los colectores de tubos evacuados y de placa plana (REN21, 2019) donde este último se caracteriza por una mayor mitigación de CO ₂ (Albizzati, 2016). Los colectores solares de placa plana se utilizan para una calefacción dentro del rango de 40–100°C, sin concentración óptica (Mondragón, 2019).	La variable, calefacción de agua sanitaria fue evaluada de acuerdo a los datos de parámetros de caudal, tiempo de operación y eficiencia del aumento de temperatura del agua de entrada al sistema térmico. Los cuales, se obtuvo después de las pruebas en campo del colector de placa plana con placa absorbente de biopolímero con grafeno reducido. Cabe resaltar, que información como las condiciones meteorológicas y calidad del agua fueron relevantes para el buen funcionamiento del colector solar.	Eficiencia	$\frac{T_2 - T_1}{T_1} * 100$	%
			Condiciones meteorológicas	Clima	°C
				Radiación solar	W/m ²
				Humedad relativa	%
				Temperatura ambiente	°C
			Calidad del agua	pH	ácido/ base
				Conductividad eléctrica	µS/cm
				Dureza	mg/lCaCO ₃
				Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L

Anexo 9. Parámetros meteorológicos del 23 y 24 de mayo (24 horas), junio y julio

Tabla 31. Parámetros meteorológicos día 23

DÍA /MES/ AÑO	HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
23/05/2020	00:00	14.3	82.1	190.3	0.8
23/05/2020	01:00	14.3	82.1	221.4	0.8
23/05/2020	02:00	14.3	80.9	208.3	0.6
23/05/2020	03:00	14.2	81.5	288	1.3
23/05/2020	04:00	13.9	84	282	1.4
23/05/2020	05:00	14	83.9	310.5	1.2
23/05/2020	06:00	14	85.7	307.9	1.8
23/05/2020	07:00	13.9	86	305.9	1.4
23/05/2020	08:00	14.2	82.9	292	1.5
23/05/2020	09:00	14.4	81.5	312.9	1.7
23/05/2020	10:00	14.9	79.32	306.2	2.1
23/05/2020	11:00	15.7	75.6	304.9	2.6
23/05/2020	12:00	16.3	73.84	308.8	3.1
23/05/2020	13:00	16.5	72.46	296.7	3
23/05/2020	14:00	16.3	72.38	303.8	3.2
23/05/2020	15:00	16.1	73.72	321.4	3.1
23/05/2020	16:00	16.3	73.43	297.4	2.3
23/05/2020	17:00	15.3	77.17	303.9	2.1
23/05/2020	18:00	14.4	80.6	285	1.7
23/05/2020	19:00	13.9	82.5	281.5	1.2
23/05/2020	20:00	14	84.4	256.6	1.2
23/05/2020	21:00	14.1	84	279.2	0.5
23/05/2020	22:00	14.2	84.1	253.7	1.2
23/05/2020	23:00	14.3	83.3	200.9	1.4
23/05/2020	PROMEDIO	14.74	80.31	279.97	1.72

Tabla 32. Parámetros meteorológicos día 24

AÑO / MES / DÍA	HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
24/05/2020	00:00	14.3	83.8	204.9	1.7
24/05/2020	01:00	14.2	83.6	210.3	1.1
24/05/2020	02:00	14.2	83.9	204.9	1.1
24/05/2020	03:00	14.2	84.2	211.5	1.2
24/05/2020	04:00	14.1	84.4	215.3	1.1
24/05/2020	05:00	14	85	225.9	1.5
24/05/2020	06:00	14.2	84	210.2	1.2
24/05/2020	07:00	14.1	85.2	196.9	0.9
24/05/2020	08:00	14.5	83.9	221.4	1.2
24/05/2020	09:00	14.9	82.7	254.2	1.2
24/05/2020	10:00	14.9	82.7	254.8	1.7
24/05/2020	11:00	14.9	82.9	254.4	1.5
24/05/2020	12:00	15.4	79.61	256.8	1.6
24/05/2020	13:00	15.4	80.3	297.4	2
24/05/2020	14:00	15.3	80.3	283.3	1.7
24/05/2020	15:00	15.3	81.3	237.7	1.7
24/05/2020	16:00	14.8	83.8	251.4	1.7
24/05/2020	17:00	14.7	84.9	251.7	1.5
24/05/2020	18:00	14.5	84.9	230.8	1.1
24/05/2020	19:00	14.4	85.6	229.6	1.5
24/05/2020	20:00	14.3	86.8	253.3	1.2
24/05/2020	21:00	14.1	86.8	230	1.2
24/05/2020	22:00	13.9	87.7	229.4	1.1
24/05/2020	23:00	13.6	89.7	240.2	1.2
24/05/2020	PROMEDIO	14.51	84.08	235.68	1.37

Anexo 10: Datos de estación meteorológica en el mes de junio

Radiación solar en Junio S.M.P. Prueba de calentador solar

Tabla 33. Escala de colores

Código	Intensidad	Valores	Colores
	Bajo	<2	Verde
	Moderado	3-5	Amarillo
	Alto	6-7	Naranja
	Muy alto	8-10	Rojo
	Extremadamente alto	>11	Violeta

Tabla 34. Datos de la estación meteorológica mes de junio

Mes de Junio - Días	Radiación Solar W/m ²		Temperatura diaria °C	Temperatura del agua sanitaria °C
15	6		20	35
16	8		21	36
17	9		20	38
18	6		20	35
19	6		20	35
20	6		20	35
21	2		19	28
22	3		19	29
23	5		20	32
24	6		20	35
25	6		20	35
26	3		20	27
27	2		20	26
28	2		20	26
29	4		20	27
30	1		20	24
1	10		18	35
2	2		18	26
3	3		20	35
4	3		20	35
5	1		18	26
6	1		18	35
7	1		18	40
8	10		18	38

Tabla 35. Estación meteorológica Promedio por día: Junio – Julio, 2020

Días y Horas de monitoreo	Velocidad del viento (Km/h)	Humedad relativa (%)	Presión (mb)	Clima (detalle) C/D/PN
29/06/2020 – (24 Horas)	12	82	1014,33	Cubierto
30/06/2020 – (24 Horas)	7.2	85	1013,94	Despejado
01/07/2020 – (24 Horas)	11	83	1014,32	Cubierto
02/07/2020 – (24 Horas)	12	84	1012,56	Despejado
03/07/2020 – (24 Horas)	14	80	1015,23	Despejado
04/07/2020 – (24 Horas)	9	83	1016,14	Despejado
05/07/2020 – (24 Horas)	11	86	1015,45	Cubierto
06/07/2020 – (24 Horas)	10	81	1016,05	Cubierto
07/07/2020 – (24 Horas)	16	87	1017,02	Despejado
08/07/2020 – (24 Horas)	15	89	1013,56	Cubierto

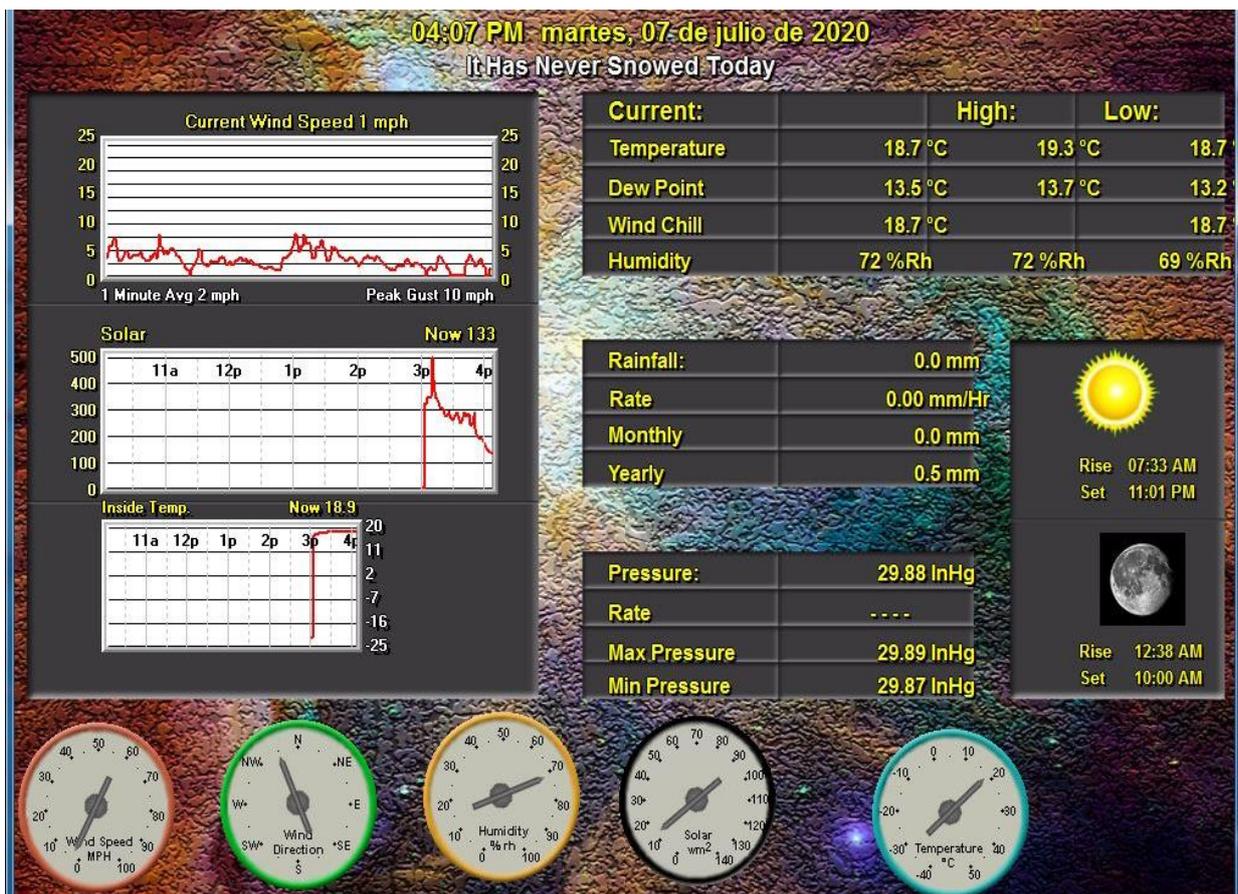


Figura 32. Datos en la estación meteorológica del día 07 de julio.

Anexo 12: Prueba de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : **ROSMERY RAMOS ZANABRIA**
Procedencia de muestras : Mercado de Frutas de Villa María del Triunfo
Recepción de muestras : Lima, 12 de mayo del 2020

Caracterización del grafito

Parámetros físicos del grafito

Código	Humedad %	Materia volátil (%)	Cenizas (%)	Carbono fijo (%)	Poder calorífica kcal/Kg
PFG	12.06	7.95	37.33	54.72	5441.04

Parámetros físicos – química del bagazo de caña

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (pH)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Potencial redox (mv)
PCI-PB	21.9	3.32	667	256

Parámetros físicos – química del almidón de papa

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (pH)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Potencial redox (mv)
PPI-PB	21.7	6.46	1150	168

Método (ASTMD-2216), Método (ASTMD-3175-2010), Método (ASTMD-5142-2015)

Método (ASTMD-3172-2015), Método (ASTMD-5865-2015)

Método Potenciométrico

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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Pruebas físico mecánicas de la placa de biopolímero con grafeno reducido

Parámetros Físicos de La placa de biopolímero con grafeno reducido

Código	Color obs	Largo cm	Ancho cm	Espesor cm	Dureza escala	Área cm ²
PF - PBG	Negro claro	52.6	50	2	3	2500

Prueba mecánica de tracción en la probeta de biopolímero con GR

Código	Fuerza aplicada kg	Área sección inicial Cm ²	Tensión o tracción (kg/cm ²)
ET-PBPG	0.985	36	0.027

Elongación de probeta de biopolímero con grafeno reducido

Código	Longitud inicial cm	Longitud final cm	Elongación cm	Elongación %
EP-PBG	12	12.08	$6.67 \cdot 10^{-3}$	0.67

Eficiencia del calentador solar de placa plana de biopolímero

Código	Temperatura inicial °C	Temperatura promedio final °C	Eficiencia %
EP - BP	19	32	68.42

Método ASTM D 638, Método ASTM E1820, Método de ley de Hooke

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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Radiación solar en Junio S.M.P. prueba de calentador solar estación meteorológica

Mes de Junio - Días	Radiación Solar W/m ²	Temperatura diaria °C	Humedad Relativa %	Temperatura del agua sanitaria °C
15	6	20	64	35
16	8	21	66	36
17	9	20	65	38
18	6	20	65	35
19	6	20	69	35
20	6	20	65	35
21	2	19	67	28
22	3	19	70	29
23	5	20	68	32
24	6	20	69	35
25	6	20	78	35
26	3	20	76	27
27	2	20	78	26
28	2	20	80	26
29	4	20	82	27
30	1	20	85	24
1	10	18	83	35
2	2	18	84	26
3	3	20	80	35
4	3	20	83	35
5	1	18	86	26
6	1	18	81	35
7	1	18	87	40
8	10	18	89	38

Código	Intensidad	Valores	Colores
	Bajo	<2	Verde
	Moderado	3-5	Amarillo
	Alto	6-7	Naranja
	Muy alto	8-10	Rojo
	Extremadamente alto	>11	Violeta

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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Características del agua para calentador de placa plana

Código	Dureza Cálcica mg (CaCO ₃)/L	Dureza total mg (CaCO ₃)/L	Alcalinidad mg (CaCO ₃)/L	Acidez mg (CaCO ₃)/L
CA-CS	43.5	54	43.5	4

Resumen de Evaluación de Conducción Térmica en 7 días

Tiempo Horas	Temperatura (°C)	Hora de inicio am - pm	Temperatura del agua (°C)
0	20	6 am	19
1	20	7 am	19
2	21	8 am	22
3	21	9 am	22
4	24	10 am	25
5	25	11 am	29
6	26	12 am	34
7	27	1 pm	40
8	27	2 pm	40
9	24	3 pm	37
10	24	4 pm	37
11	22	5 pm	35
12	22	6 pm	35

Lima, 10 de julio del 2020



MSc. Atiro 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