



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Generación de energía eléctrica a través de celdas solares con
nanocelulosa

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Cahuana Ccasa, Rolando (orcid.org/0000-0003-0582-233X)

Tomas Ochoa, Vanesa Esthephany (orcid.org/0000-0001-5916-0605)

ASESOR:

Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a nuestros padres, con ardiente fervor apoyaron nuestra investigación y confiaron en que podíamos lograrlo, reconocer el gran ejemplo de vida que nos brindan, con su amor, esfuerzo y valentía nos instruyen para alcanzar nuestras metas con persistencia, brío y disciplina.

Un excepcional agradecimiento a todas las personas que ayudaron para clarificar la mente y pon ende a lograr el objetivo.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por la vida y por las fuerzas para no decaer y así concluir este proyecto largo.

A nuestros padres, hermanos y familia por el amparo y el recordatorio de que no estábamos solos.

A nuestro asesor Dr. Jhonny Valverde por su guía y apoyo incondicional en todo momento, sin usted esto no sería posible.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y operacionalización	19
3.3. Población, muestra y muestreo	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.5. Procedimientos	22
3.6. Método de análisis de datos	28
3.7. Aspectos éticos	32
IV. RESULTADOS	33
V. DISCUSIÓN	43
VI. CONCLUSIONES	46
VII. RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS	49
ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Numero de láminas de nanocelulosa de algodón por muestra	20
Tabla 2. Evaluación de las celdas en trazado quipu	33
Tabla 3. Evolución de las celdas en trazado pentagrama	34
Tabla 4. Evaluación de las celdas en trazado en escaleras	35
Tabla 5 Voltaje y amperaje de las 15 celdas de nanocelulosa	36
Tabla 6. Propiedades de las celdas de nanocelulosa	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de una celda solar	11
Figura 2: Primera generación de celdas solares	13
Figura 3: Segunda generación de celdas solares	13
Figura 4: Tercera generación de celdas solares	14
Figura 5: Orígenes de la celulosa, se detallan la morfología y la cristalinidad de la nanocelulosa que se obtendrá dependiendo del recurso	15
Figura 6: Diagrama del número de muestras	21
Figura 7: Proceso de recolección de muestra	22
Figura 8: Proceso de extracción de la nanocelulosa	23
Figura 9: Proceso de fabricación de las láminas de nanocelulosa	24
Figura 10: Trazado del cobre a las láminas de nanocelulosa	25
Figura 11: Evaluación de las láminas de nanocelulosa	26
Figura 12: Medición de voltaje y amperaje en las celdas	27
Figura 13: Método ANOVA unidireccional: VOLTAJE X MUESTRA	28
Figura 14: Prueba de normalidad: VOLTAJE Y AMPERAJE X MUESTRA	29
Figura 15: Prueba de normalidad: EFICIENCIA ENERGETICA X MUESTRA	30
Figura 16: Prueba de normalidad: TRAZADO DE COBRE X VOLTAJE Y AMPERAJE	31
Figura 17: Valores totales de Milivoltios (mV) y Microamperios (uA)	37
Figura 18: Valores de mV y uA según el diseño de la celda	37
Figura 19: Valores de eficiencia en las celdas solares	40
Figura 20: Valores porcentuales de DCV en las celdas solares, según su diseño	41
Figura 21: Valores porcentuales del DCA en las celdas solares, según su diseño	41

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la utilización de celdas solares con nanocelulosa para la generación de energía eléctrica, en razón de que es un problema actual la contaminación por combustibles fósiles, para neutralizarla se propone el uso de energías renovables específicamente la energía solar, las celdas solares son los sumos representantes de este tipo de energía, pero debido a sus altos costos mucha población aún no puede acceder a este aparato. La elaboración de celdas solares a base de nanocelulosa originan energía eléctrica, al utilizar nanocelulosa los costos disminuyen, no se generan desechos peligrosos y por supuesto es un material biodegradable lo que asegura que no ocasionará contaminación cuando culmine su tiempo de utilidad. La metodología es cuasi experimental y el diseño de investigación es aplicada, en tal sentido la muestra fue de 15 celdas solares con base de láminas de nanocelulosa provenientes de la pulpa del algodón Tangüis; se aplicaron tres diseños diferentes de trazado de cobre; quipus, pentagramas y escaleras; se hicieron 5 repeticiones de cada diseño. Los resultados fueron, el mayor conductor de energía eléctrica fue la celda 6 con el diseño de trazado de cobre en pentagrama presentando un valor máximo de 0.63 V y 0.000050 A, en porcentajes el diseño de los pentagramas representa el 43%, le siguen los bocetos de los quipus con un 29% y al final las escaleras con 28%. Se concluye que las celdas solares de nanocelulosa tienen la capacidad de generar energía eléctrica, ello se comprueba con los valores eléctricos de voltaje y amperaje que posee cada celda solar, de este modo se respalda a la nanocelulosa como un material conductor rentable y sostenible que sirve de sustrato a las celdas solares.

Palabras clave: Celda solar, nanocelulosa, voltaje, amperios.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the use of solar cells with nanocellulose for the generation of electrical energy, because pollution by fossil fuels is a current problem, to counteract this pollution, the use of renewable energies, specifically solar energy, is proposed. Solar cells are the supreme representatives of this type of energy, but due to their high costs, many people still cannot access this device. The elaboration of solar cells based on nanocellulose generates electrical energy, when using nanocellulose the costs decrease, no hazardous waste is generated and of course it is a biodegradable material which ensures that it will not cause contamination when its useful life ends. The methodology is quasi-experimental and the research design is applied. In this sense, the sample consisted of 15 solar cells based on nanocellulose sheets from Tangüis cotton pulp; three different copper layout designs were applied; quipus, pentagrams and stairs; 5 repetitions of each design were made. The results were, the greatest conductor of electrical energy was cell 6 with the copper layout design in pentagram presenting a maximum value of 0.63 V and 0.000050 A, in percentages the design of the pentagrams represents 43%, followed by the sketches of the quipus with 29% and at the end the stairs with 28%. It is concluded that nanocellulose solar cells have the ability to generate electrical energy, this is verified with the electrical values of voltage and amperage that each solar cell possesses, thus supporting nanocellulose as a profitable and sustainable conductive material that serves substrate to solar cells.

Keywords: Solar cell, nanocellulose, voltage, amps.

I. INTRODUCCIÓN

Las energías renovables tienen la capacidad de cambiar el mundo, puesto que contribuyen en el cuidado y bienestar de nuestro planeta, pero exactamente la energía solar está redireccionando todo concepto de energía renovable, según TRT español, (2015) La energía solar se puede utilizar directamente en muchas áreas, [...] es un recurso ilimitado, no fluye desechos peligrosos como gas, humo, azufre y radiación. [...] es una de las vías que impedirán la devastación de la naturaleza. Teniendo en cuenta lo anterior, la generación de energía solar es un proceso sencillo que se adecua a cualquier lugar en el mundo, y el punto más valioso, que no genera detritos tóxicos mientras produce energía. Para la obtención de electricidad, se debe utilizar la energía solar fotovoltaica que se traduce en celdas solares. Para ello (Bulnes y Brown, 2010) explican lo siguiente, en las celdas solares la radiación solar no se transforma en calor, sino que se convierte directamente en electricidad, mediante el llamado efecto fotovoltaico. Para la construcción de celdas solares sustentables se necesitan materiales resistentes, renovables y biodegradables, y no existe mejor opción que la nanocelulosa; se trata de un material muy resistente. [...] se les llama nanocristales de celulosa, o nanocelulosa, por tener dimensiones en el rango de nanómetros. (Castro y Delgado, 2016). La energía solar ocupa el primer lugar entre las energías renovables y los países en desarrollo ya representan más de la mitad de la generación de energía solar a nivel mundial. [...] En Argentina, Chile, la India, Jordania, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos se llevaron a cabo licitaciones sin precedentes para la instalación de energía solar fotovoltaica. (Banco Mundial, 2017), a nivel mundial, la generación de energía solar fotovoltaica tiene un gran avance, lo que permite que los precios de celdas solares sean más asequibles y que muchas naciones puedan instaurarlas en sus territorios, por otro lado, se evidencia que las energías renovables están desplazando a los combustibles fósiles en los países en desarrollo.

En Latinoamérica, se preveía que la energía solar tomara importancia y así sucedió, la capacidad instalada de energía solar, ha incrementado 90% en América Latina durante los últimos 12 años. (Banco de desarrollo de América Latina, 2015), los índices eran alentadores, la energía solar fotovoltaica se concretaba cada año, más países se sumaban con grandes proyectos de celdas solares, otorgando beneficios a

los países como, proporcionar de electricidad y energía limpia a sus territorios. Múltiples países de América Latina y el Caribe, beneficiados por sus recursos excepcionales y un marco regulatorio avanzado, han experimentado un rápido crecimiento en proyectos de energía solar, durante los últimos años. Chile, México, Brasil y Argentina son los países que lideran en energía solar en América Latina y el Caribe. (BID Invest, 2020), teniendo en cuenta datos más actuales, se reafirma el trabajo y compromiso de Latinoamérica con el uso de la energía solar fotovoltaica, los cuatro países que guían con su trabajo de energía solar son los mismos que gozan de una mejor economía y sobresaliente desarrollo social en América Latina. Un gran ejemplo es Chile, que presentó, la primera planta de energía solar concentrada [...] El proyecto incluye un sistema fotovoltaico de 100 MW [...] y un innovador sistema solar térmico, con 110 MW de potencia instalada [...] generarán conjuntamente una capacidad total de 210 megavatios de energía limpia, [...] también contribuirá a evitar la emisión de 630.000 toneladas anuales de dióxido de carbono (CO₂). (BBC News, 2021), por lo tanto, con la Planta de energía solar de Chile quedan comprobados los beneficios de la energía solar, tales como energía limpia y reducción de las emisiones de CO₂.

En el Perú se ha desarrollado el uso de energía solar a paso lento, existen tres grupos que gestionan el desarrollo en cuanto al uso de energía solar. El primer ámbito es el uso como fuente térmica [...] Otro ámbito donde existen avances es en la provisión de electricidad a las zonas rurales. El Plan Nacional de Electrificación Rural. [...] la concesión de las 4 centrales solares que se enlazarán al Sistema Eléctrico Nacional (PUCP, 2017), con respecto al primer ámbito, las provincias más gélidas de Perú como Puno y Arequipa, aprovechan la energía solar térmica, es decir se desarrollaron dispositivos que calientan el agua (termas); el segundo ámbito de progreso, es abastecer de energía eléctrica a los pobladores con celdas fotovoltaicas exclusivamente en zonas rurales; el tercer ámbito es la adjudicación a empresas para que se construyan centrales solares fotovoltaicas alrededor del Perú. Hasta la actualidad existen 7 plantas solares, entre ellas se encuentra, la Central Solar Fotovoltaica Rubí es una central de generación eléctrica de 144,48 MW (180 MWp) que suministrará energía renovable al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional Peruano (SEIN) por un plazo de 20 años. (Enel, 2018), esta Central Solar emplea la gran calidad del recurso solar que posee el sur del Perú. A nivel nacional, en Lima,

con el propósito de reafirmar vínculos entre el Instituto de Minas del Perú y la empresa de producción eléctrica “Engie”, implementó un sistema de energía solar, equipada por 52 módulos fotovoltaicos de 400 Wp, en los aires del edificio de dicha institución, ubicado en el distrito de La Molina. (Andina, 2020).

Comprender los beneficios que otorga la energía solar fotovoltaica es necesario y más aún insertar alternativas, como la construcción de celdas solares con nanocelulosa, este es un recurso fructuoso que brinda opciones para sumarse al uso de las energías renovables y así terminar con los combustibles fósiles que contaminan el planeta. Teniendo en cuenta todo lo antes mencionado, se expuso la formulación del problema general, ¿Cuál es el efecto de las celdas solares con nanocelulosa para la generación de energía eléctrica? Por consiguiente, se reveló la formulación de los problemas específicos de la investigación: ¿Cuáles serán los valores de voltaje y amperaje de celdas solares con nanocelulosa?, ¿Cuál es la cantidad de eficiencia energética de las celdas solares con nanocelulosa?, ¿Qué tipo de trazado brinda mayor eficiencia en la producción de energía eléctrica?

Las justificaciones de esta investigación se basan en los motivos que tenemos para realizar el estudio, en primera instancia tenemos la justificación teórica; la investigación se realizó para ampliar la teoría y conocimientos del método de celdas solares con nanocelulosa para la generación de energía eléctrica, a través de esta investigación se promovió y afirmó los beneficios que aportan las celdas solares con nanocelulosa, el punto más significativo para este trabajo de investigación fue, verificar los niveles de generación de energía eléctrica y a su vez registrar la capacidad de la nanocelulosa. Además, se espera que los resultados que se obtengan en esta investigación puedan servir como complemento teórico y práctico para investigaciones posteriores e incentivar a los investigadores a explorar más acerca de la nanocelulosa, ya que sus utilidades para el planeta son prolíficas. Para nuestra justificación práctica se planteó que el actual trabajo de investigación se realizó para poder brindar una alternativa más económica y ecológicamente viable para la generación de energía eléctrica que el uso convencional de combustibles fósiles, las poblaciones de las zonas urbanas y rurales que son afectadas por el problema de no contar con energía eléctrica, frente a ello se utiliza la tecnología excepcional de generación de energía eléctrica a través de celdas solares con

nanocelulosa, en diversos estudios se exteriorizó la eficiencia de la nanocelulosa en la generación de energía eléctrica, por lo tanto, debido a los resultados exitosos se logró indicar que las celdas solares con nanocelulosa sirven para la generación de energía eléctrica, utilizando claro está la energía solar fotovoltaica. La justificación metodológica se fundamenta en que la investigación presentó un procedimiento argumentado, que demuestra que las celdas solares con nanocelulosa son excelentes para generar energía eléctrica, la metodología fue experimental, se verificó la eficiencia de la nanocelulosa en celdas solares y así se encontró un gran aporte a nuestra problemática; es por ello que se obtuvo como resultado un instrumento de información confiable, al mismo tiempo cooperó para incrementar información y datos de esta metodología, que servirán para subsiguientes investigaciones, que podrán utilizar este estudio para guiarse del método de celdas solares con nanocelulosa para la generación de energía eléctrica. Asimismo, esta investigación tuvo un efecto en la población, ya que se adoptó culturalmente a la población, proporcionando conocimientos y cambiando su perspectiva acerca de las energías renovables, impulsando que la iniciativa de celdas solares con nanocelulosa pueda ser replicada en algunos hogares peruanos.

Los objetivos de la investigación conciernen a las metas establecidas del tema de estudio que deben cumplirse logrando los resultados deseados. El objetivo general evaluar la utilización de celdas solares con nanocelulosa para la generación de energía eléctrica, los objetivos específicos son, determinar el voltaje y amperaje de las celdas solares con nanocelulosa, determinar la eficiencia energética de las celdas solares con nanocelulosa y especificar el tipo de trazado con nanopartículas de cobre utilizado en las celdas solares con nanocelulosa.

Las hipótesis de la investigación son las suposiciones que el investigador plantea respecto a la relación de las variables y que debe comprobar en el desarrollo del tema de estudio. La hipótesis general es, la utilización de celdas solares con nanocelulosa tiene una influencia significativa para la generación de energía eléctrica; las hipótesis específicas son, el voltaje y amperaje de las celdas solares con nanocelulosa son positivos, la eficiencia energética de las celdas solares con nanocelulosa es válida y el tipo de trazado que se utilizó es eficiente y produce energía eléctrica.

II. MARCO TEÓRICO:

Por consiguiente, se presentan la investigación que nos aportan al desarrollo del tema de estudio.

MAZLOUM et al. (2019) tuvo como objetivo de investigación optimizar el rendimiento de las celdas solares mediante la aplicación de Fe_3O_4 nanocelulosa/ TiCl en la parte superficial del foto ánodo. Fue un estudio de tipo cuasi experimental, la población de estudio son las celdas solares con base Fe_3O_4 nanocelulosa/ TiCl, la muestra son 3 celdas sensibilizadas por colorantes y de diferente tipo de electrolitos y el muestreo fue probabilístico; los instrumentos empleados son las fichas de resumen, las fichas de recolección de datos y el espectrofotómetro. Los principales resultados fueron que el nanocompuesto magnético tiene mayor estabilidad que el electrolito líquido para servir de base a las celdas solares sensibilizadas con colorantes. Se concluye que el nanocompuesto magnético puede proporcionar las condiciones favorables para la difusión de iones de la especie redox en estructuras gelificantes además de ser una adecuada capa de bloqueo para las celdas solares.

GAO et al. (2019) tuvo como objetivo de investigación aplicar el papel de nanocelulosa como sustrato para las celdas solares de perovskita. Fue un estudio de tipo cuasi experimental, la población de estudio son las celdas solares de perovskita consustrato de papel de nanocelulosa, la muestra son las celdas solares de perovskita con sustrato de papel de nanocelulosa a base de algodón y el muestreo fue probabilístico; los instrumentos empleados son las, fichas de recolección de datos, instrumento de sonda y el instrumento de difracción de rayos x. Los principales resultados son que las celdas solares de perovskita con sustrato de papel de nanocelulosa logran alcanzar un 4,25% de eficiencia de conversión de energía mientras que la potencia por peso llega a $0,56 \text{ W g}^{-1}$. Se concluye que las láminas depapel de nanocelulosa para las celdas solares de perovskita muestran una buena estabilidad pues retiene más del 80% de su eficiencia original después de un dobladode 50 veces, siendo un sustrato próspero para la electrónica flexible ecológica.

COSTA et al. (2016) tuvo como objetivo de investigación averiguar qué tipo de celulosa formará más adecuadamente las películas para su posterior uso en las celdas solares orgánicas. Fue un estudio de tipo cuasi experimental, la población de estudio son las celdas solares orgánicas con sustrato de celulosa, la muestra son las celdas solares orgánicas con sustrato de dos tipos de celulosa: Polvo de celulosa nanocristalina y solución de nanocelulosa nanofibrilada y el muestreo fue probabilístico, los instrumentos empleados son las fichas de resumen, el agitador magnético, difracción de rayos x, perfilador de superficie y homogeneizador ultrasónico. Los principales resultados fueron que las celdas solares con sustrato de celulosa nanocristalina muestran un mejor rendimiento que las celdas solares con sustrato de celulosa nanofibrilada. Se concluye que la celulosa nanocristalina es el sustrato más adecuado para su uso en las celdas solares y está fuertemente correlacionada con las propiedades de la película de nanocelulosa.

POSKELA et al. (2019) tuvo como objetivo de investigación es mejorar la eficiencia de las celdas solares colorantes mediante la implementación de sustrato de criogel de nanocelulosa y nano quitina, Fue un estudio de tipo cuasi experimental, la población de estudio con las celdas solares colorantes con sustrato de criogel de nanocelulosa y nanoquitina, la muestra son las celdas solares colorantes con cuatro membranas de criogel de base biológica: Celulosa bacteriana, nanofibras de celulosa, (CNF) oxidado con TEMPO y nanofibras de quitina y el muestreo es probabilístico; los instrumentos empleados son el espectroscopio, la cámara Olympus E-620, simulador solar de lámpara y el potencióstato. Los principales resultados fueron que se logra una mejora de la eficiencia del 44% en las celdas solares mediante membranas preparadas con base de celulosa bacteriana además de mantener su desempeño en las pruebas de estabilidad a la luz sin embargo las otras membranas no resultaron óptimas para su implementación debido a su rendimiento y estabilidad muy bajos. Se concluye que el uso de membranas de criogel con base de celulosa bacteriana es un método viable para implementar mejoras en la fabricación de celdas solares colorantes.

MOORE Y WEI (2021) tuvo como objetivo de investigación; presentar y discutir nanomateriales en células solares de perovskita. Fue un estudio de tipo descriptivo, los autores revisan el progreso actual en las aplicaciones de nanomateriales basados en carbono en células solares de perovskita. Los nanotubos de grafeno y carbono pueden mejorar el transporte de carga, reemplazar los electrodos metálicos tradicionales debido a la excelente conductividad y acelerar el transporte de electrones. Se concluyó que, los perovskitas de haluros organometálicos son importantes materiales fotovoltaicos que muestran un gran potencial para los módulos fotovoltaicos comerciales de próxima generación. Los nanomateriales de carbono son candidatos prometedores para abordar estos problemas debido a sus propiedades únicas, así como a su bajo costo y abundancia.

RANJAN Y CHAKRABORTY (2021) tuvo como objetivo de investigación; estudiar la estructura y las propiedades optoelectrónicas de $XTiY_2$ ($X = Cu, Ag, Au; Y = S, Se, Te$) invocando la teoría funcional de la densidad. Fue un estudio de tipo cuasi experimental, la población son los nanomateriales de tipo calcopirita para aplicaciones de células solares, la muestra son los nanomateriales de calcopirita a base de Cu dopados con metales de transición Ti y Cr; el muestreo fue probabilístico; los instrumentos utilizados fueron Teoría funcional de la densidad (DFT) con el Gaussian 03. Los principales resultados, la estructura más estable de CuS_2 , $CuSe_2$ y $CuTe_2$ es de forma triangular con configuración de simetría; las propiedades electrónicas y los descriptores globales basados en DFT a saber. Se investigan la brecha de energía HOMO-LUMO, la dureza molecular, la suavidad, la electronegatividad, el índice de electrofilia y el momento dipolar de los NM de calcopirita $XTiY_2$; los datos muestran que el índice de refracción y la brecha de energía están asociados entre sí; la polarización electrónica calculada utilizando el módulo de volumen es mayor en comparación con la relación anterior. Se concluye que La estructura, las propiedades electrónicas y ópticas de los nanomateriales de tipo calcopirita (NM) $XTiY_2$ ($X = Cu, Ag, Au; Y = S, Se, Te$) se investigan utilizando la técnica de la teoría funcional de la densidad.

ARBAB et al. (2018) tuvo como objetivo proponer una ruta de síntesis orgánica para fabricar grafito poroso cationizado (cpG) para nanomateriales fotocatalizadores y electrocatalizadores. Fue un estudio de tipo cuasi experimental, la población es el nanomaterial de grafito poroso catiónico, la muestra es el grafito poroso cationizado fabricado sonicando grafito en medio de enzimas cationizadas seguido de exfoliación en el relleno de carbón activado. Los instrumentos utilizados fueron el espectrofotómetro UV-Vis, azul de metileno, carbón vegetal y grafito. Los principales resultados fueron que el material de grafito poroso cationizado (cpG) posee un área superficial, un volumen de poros elevados y una conductividad que conduce a una alta fotorrespuesta y una reacción electrocatalítica. Se concluyó que el dopaje con relleno de carbón poroso acepta una gran cantidad de electrolito en gel y asegura la reacción interfacial entre el electrolito y el CE. Este nanomaterial de grafito poroso cationizado (cpG) rentable puede proporcionar nuevas formas de obtener recursos energéticos sostenibles.

KLOCHKOA et al. (2021) tuvo como objetivo utilizar la energía solar para la creación de materiales transparentes de película delgada biocompatibles, biodegradables y renovables que pueden proteger contra la radiación ultravioleta (UV) excesiva y la luz visible de alta energía (HEV). Fue un estudio cuasi experimental, la población son las películas transparentes flexibles biodegradables con yoduro de cobre y nanocelulosa, la muestra es películas transparentes de nanocelulosa a partir de biomasa de plantas herbáceas *Miscanthus giganteus* y *Phragmites australis*. Los instrumentos utilizados fueron las suspensiones de nanocelulosa mediante hidrólisis ácida y mediante oxidación TEMPO. Los principales resultados que se obtuvieron fueron las películas transparentes flexibles de NC m y NC p de nanocelulosa y se utilizan como sustratos para capas nanoestructuradas de 0,17 - 0,23 μm de espesor de semiconductor de banda ancha CuI depositado mediante un método químico húmedo Adsorción y reacción de capa iónica sucesiva (SILAR) para obtener materiales de protección UV y HEV prometedores y visiblemente transparentes CuI / NC m y CuI / NC p. Se concluyó que el sustrato tiene una transmitancia óptica de hasta un 82% para la luz visible en longitudes de onda superiores a 500 nm, bloquea el 65% de la radiación visible de alta energía y tiene un excelente factor de protección solar (SPF = 112).

WU Y LIN (2017) tuvo como objetivo demostrar una capa activa de punto cuántico (QD) de ZnO independiente ultrafina con estructura de nanocelulosa y su método de fabricación de dispositivo correspondiente para lograr dispositivos optoelectrónicos flexibles sin sustrato. Esta investigación es de tipo cuasi experimental, la población es el fotodetector flexible ultrafino, la muestra correspondiente de la investigación son los fotodetectores en papel de nanocelulosa Quantum Dot, el muestreo es probabilístico. Los instrumentos que se manejan son los procesos de impresión por transferencia de hidrogel e intercambio de solventes para superar la fuerza capilar del agua, medidor fuente Keithley 6430, monocromador Acton Research SpectraPro 275, luz ultravioleta de 350 nm. Los resultados de la investigación fueron que se logró un papel de nanocelulosa activa con un grosor de ~ 550 nm y una transparencia > 91% en el rango de longitud de onda visible. La película conserva las propiedades fotoconductoras y fotoluminiscentes de ZnO QD y se aplica a aplicaciones de fotodetectores Schottky sin sustrato. El dispositivo tiene un grosor total de ~ 670 nm, que es el dispositivo optoelectrónico independiente más delgado hasta la fecha, según nuestro conocimiento, y funciona como un fotodetector ultravioleta ciego visible autoalimentado. La investigación concluye que, esta plataforma se puede aplicar fácilmente a otros nanomateriales, así como a otras aplicaciones de dispositivos optoelectrónicos.

Como parte de la teoría relacionada de este trabajo de investigación se detallan algunos conceptos como la energía Solar, es parte de las energías renovables, la energía solar, es aquella que se obtiene de la captación de radiación solar, esta energía se divide en dos grupos la energía solar fotovoltaica y la energía solar térmica. La energía solar se puede convertir en energía calórica y energía eléctrica, y por lo tanto se puede usar para todos los usos donde se puede funcionar cualquier otra fuente convencional de energía (Nandwadi, 2005).

Energía solar térmica, es un sistema que aprovecha la capacidad calorífica del Sol. La radiación solar se convierte en energía térmica para calentar un fluido que se puede utilizar para calefacción, agua caliente sanitaria (Planas Oriol, 2019), es decir este tipo de energía retiene el calor del sol en colectores solares que están llenos de fluidos por dentro, el calor almacenado calentará el fluido.

Energía solar fotovoltaica, la radiación del rendimiento del voltaje en la celda solar mediante la luz solar puede generar una corriente eléctrica. Por lo cual, es una gran alternativa como recurso para la generación de electricidad (Planas Oriol, 2019), es así que la energía solar fotovoltaica atrapa la luz, para posteriormente producir energía eléctrica; este tipo de energía será utilizada en la investigación.

Celdas solares, son las unidades que forman en conjunto los paneles solares, las celdas solares son un elemento que al captar la luz del sol se ionizan y liberan un electrón, un panel solar tiene alrededor de 60 celdas solares, es así que se originan varios electrones y ello genera una corriente eléctrica que se traduce en electricidad. A través del empleo de celdas o células fotovoltaicas, las cuales son los encargados de la transformación de la energía solar a energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico (Sierra, 2020).

Los componentes básicos de una celda solar son la capa transportadora de electrones (ETL) y cátodo, consiste en el uso de ambas capas activas entre sí siendo el cátodo para el aumento de eficiencia en las celdas solares. Los materiales que se utilizan con mayor frecuencia en la capa transportadora es el fluoruro de litio. y como cátodo se emplea el aluminio o plata (Otálora, 2013). Es conveniente el uso de esta capa ya que mejora la eficiencia de la celda solar, además el cátodo que se utilizará para la investigación será el cobre ya que es un metal que tiene cierta abundancia en Perú; lo cual proveerá que las celdas sean más económicas a comparación de otros elementos.

La capa activa es el tipo de celdas solares que está compuesta por un material que tiene la función de donar y otra que acepta lo dado, es así que se lleva un sistema cíclico que respalda el buen funcionamiento de la capa activa. El material donador (tipo p): presenta dificultades en la captación de electrones, debido que al captar electrones excitados que proceden de la capa tipo n causa una variación de potencial entre las dos capas tipo n y tipo p (Carrillo, 2009). El material aceptor (tipo n) contiene una concentración de electrones excitados que superan a las del donador lo cual origina el traslado de las cargas eléctricas a la capa tipo n por lo cual existe una desigualdad de potencial con la otra capa (Carrillo, 2009).

Capa transportadora de huecos (HTL), los materiales que se utilizan requieren presentar adecuados niveles electrónicos, estabilidad química de mayor nivel para que dificulten su descomposición, y por último la transparencia (Paz y Salas, 2019), es conveniente que los componentes empleados en la HTL posean las características adecuadas para que tenga consistencia con las otras capas y así garantizar un mayor movimiento de huecos. El ánodo debe tener la capacidad suficiente de ser transparente debido que mediante el soporte las celdas reciben la radiación, por lo cual el ánodo transparente son los elementos más utilizados (Paz y Salas, 2019). Es decir, esta es la primera capa de la celda solar, es la superficie, se necesita que esta capa sea transparente y para ello se utilizan los óxidos transparentes conductores (TCO's), pero en esta investigación se intercambiarían los TCO's por papel de nanocelulosa.

Vidrio o PET, las celdas solares orgánicas pueden estar compuestas por vidrio o PET, ya que permiten que la luz entre a las celdas y protegen las capas tipo n y p (Carrillo, 2009). Estos materiales permiten el ingreso de la luz y protegen a los semiconductores de las celdas solares de otros elementos

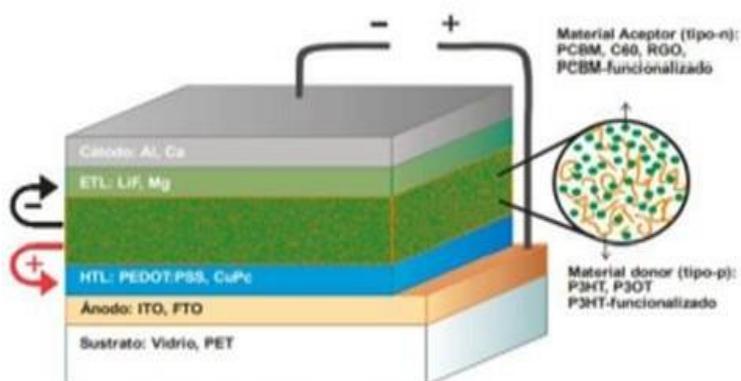


Figura 1: Componentes de una celda solar - Fuente: Otálora, 2013

Funcionamiento de la celda solar orgánica, al momento en que la celda solar orgánica le incide la luz solar, acumulan energía los electrones de las capas activas orgánicas y comienzan a trasladarse en medio del núcleo dejando a su paso vacíos que se denominan agujeros, que se trasladan en dirección opuesta. A través de un electrodo los electrones salen de la celda, fluyen de manera extensa por el circuito externo, llevando consigo un dispositivo en el recorrido y mediante el segundo electrón ingresan a la celda solar, volviendo para juntar los vacíos que dejaron anteriormente. La capa de transporte de orificios y la capa de transporte de electrones permiten a los electrodos desplazarse en dirección a otros electrodos y los orificios en dirección a otros, donde el flujo de corriente incrementa en un único sentido (Gradecack, 2016). Cabe destacar que, para comprobar el funcionamiento de una celda solar, es necesario, que los fotones de luz solar sean absorbidos, para que al pasar por la capa activa se descarguen electrones que se aprovecharán para obtener corriente eléctrica.

Generaciones de las celdas solares, se clasifican en tres categorías o generaciones a las celdas solares, que se fundamentan en su eficiencia y construcción, por lo tanto, se describe cada categoría de forma siguiente. La primera generación, en esta clasificación se construyen las celdas con silicio cristalino y policristalino, materiales que poseen una eficiencia de 15%, en una célula de silicio cristalino a 100 nm se muestran se muestran las partes que la comprenden donde se indica al antirreflejante como aquel que permite que no sufra una degradación rápida del silicio, los contactos frontales y trasero además del silicio tipo p y n (Ramos y Luna, 2014). De manera que, las celdas de primera generación son fabricadas con silicio, material usado frecuentemente en celdas solares fotovoltaicas, esto se debe a que sus propiedades físicas y químicas garantizan el buen funcionamiento de la celda solar, pero al igual que el silicio el cobre es un excelente conductor eléctrico, por consiguiente, se pretende utilizar cobre en lugar de silicio para esta investigación.

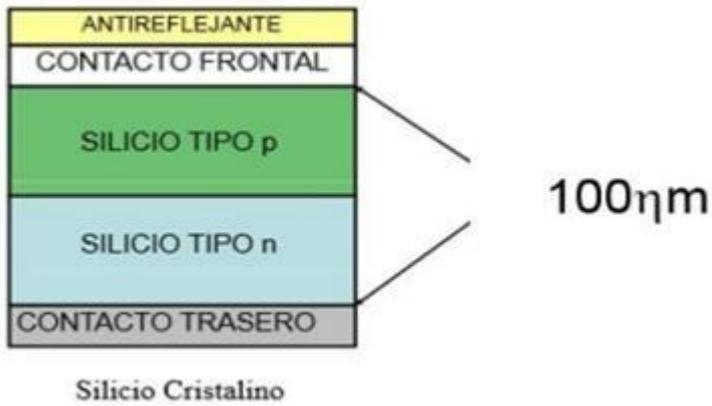


Figura 2: Distribución de celdas solares

Fuente: Ramos y Luna, 2014

La segunda generación, se refieren a las celdas de eficiencia de 10 a 15% que tienen películas delgadas (CdTe, CuInSe₂, Si-a), la célula CIGS- CdS que tiene sus partes con una capa de ZnO de 0.5 a 1.5 μm, una capa de CdS de 0.03 a 0.05 μm, una capa de Cu (InGa) Se₂ de 1.0 a 2.0 μm y una capa de Mo de 0.5 a 1.5 μm (Ramos y Luna, 2014). En efecto las celdas solares de segunda generación, son también conocidas como celdas de películas delgadas, en esta categoría se emplean materiales como cadmio, telurio, silicio, zinc, azufre, cobre, etc. Estos elementos se unen bajo requerimientos para ampliar la eficiencia de la celda y crear telillas o membranas delgadas con estas combinaciones.

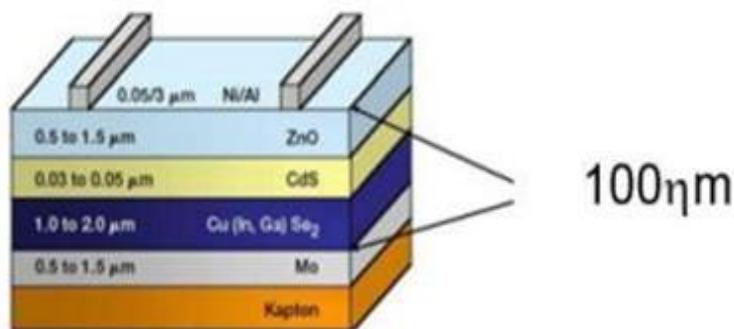


Figura 3: Segunda generación de celdas solares

Fuente: Ramos y Luna, 2014

La tercera generación, celdas de multiuniones de eficiencia que varía entre 25 a 30%, y se componen de películas delgadas III-V, esta clasificación de celdas disponen de multiuniones que le permite aumentar su eficiencia en la generación de electricidad. En lo que respecta a las celdas de tercera generación es que consiste en unir diferentes tipos de celdas que le permitan capturar la radiación del sol que es atravesada de primera y segunda generación (Ramos y Luna, 2014). En otras palabras, las celdas de tercera generación son la suma de las dos generaciones pasadas, es decir aquí se utilizan las celdas de primera y segunda generación se las antepone para captar mayor radiación solar y así incrementar la eficiencia; este grupo se basa en tener multiuniones que duplicarían la eficiencia de la segunda generación y triplicaría la eficiencia de la primera generación.

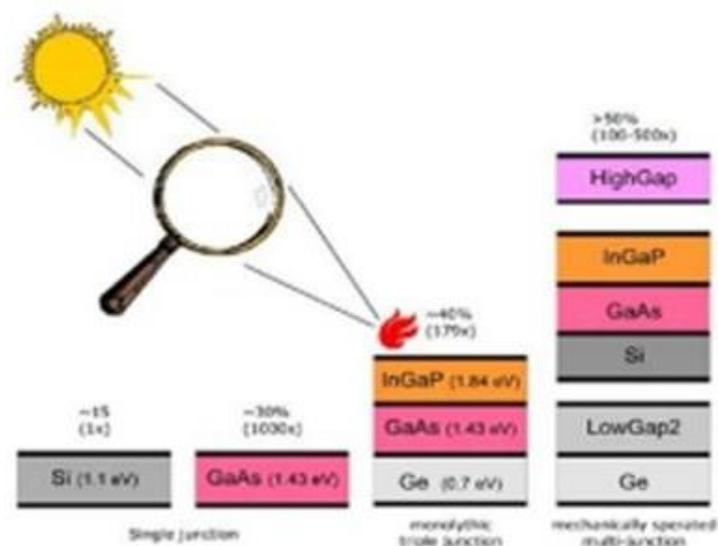


Figura 4: Gráfico de las celdas de tercera generación - Fuente: Ramos y Luna, 2014

Celulosa, a nivel molecular, la celulosa es un polisacárido lineal compuesto por miles de moléculas de β -d -glucopiranososa repetidas (celobiosa). Las unidades de celobiosa son un dímero de glucosa unido covalentemente a través de enlaces glicosídicos entre grupos OH en el átomo de carbono C4 y C1 de las unidades de glucosa (Dhali et al, 2021). Así mismo la celulosa es una cadena formada por moléculas decelobiosa, la celulosa se extrae de cualquier fibra que la contenga, esta característica la provee de mucho potencial para ser aplicada en muchos ámbitos.

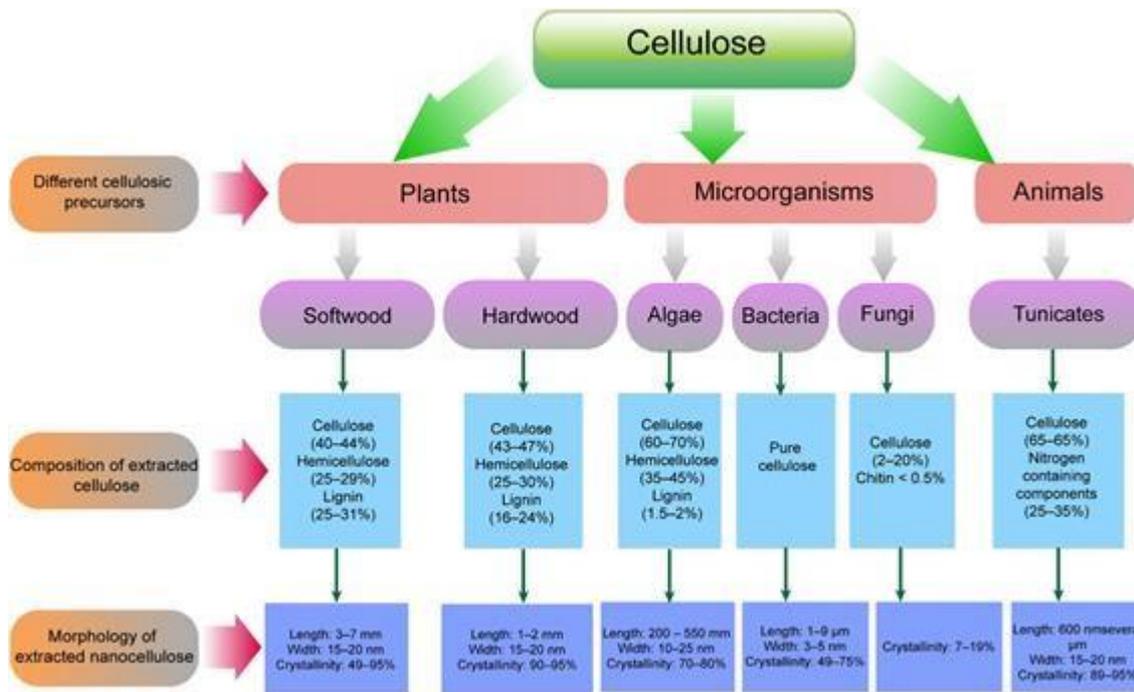


Figura 5: Orígenes de la celulosa, se detallan la morfología y la cristalinidad de la nanocelulosa que se obtendrá dependiendo del recurso.

Fuente: Dhali et al., 2021.

La nanocelulosa tiene múltiples usos hoy en día gracias a sus características químicas y físicas. Incluso puede usarse para elaborar biocombustible porque es ligero y fuerte. Además, tiene la capacidad de crear un gel que es muy absorbente y tiene la capacidad de soportar diez mil veces su peso (Ingeniería Química, 2020). Con base en la misma la nanocelulosa es un material revolucionario, sus beneficios son un gran aporte para el medio ambiente, la nanocelulosa se puede utilizar en muchas industrias, al ser este un material biodegradable se estaría reduciendo los desechos.

Subcategorías la de nanocelulosa: Se catalogan en tres subcategorías, según su orientación morfológica, propiedades pragmáticas, diámetro y origen: La nanocelulosa bacteriana (BNC), denominada también con el nombre de celulosa microbiana o biocelulosa, que se obtiene típicamente de la fermentación de glucosa u otras materias primas de carbohidratos por vías bacterianas. El diámetro de BNC oscila entre 20 y 100 nm dispuestos en diferentes tipos de redes de nanofibras (Klemm et al., 2011).

Celulosa Nanocristalina (CNC), se conocen como cristalitos, bigotes, microcristales de celulosa tipo varilla. El diámetro de los CNC suele estar entre 5 y 70 nm independientemente de la fuente de origen. La longitud de los CNC está en el rango de 100 a 250 nm cuando se derivan de celulosas de origen vegetal, y de 100 nm a varios micrómetros cuando se obtienen de celulosas de tunicados, algas o bacterias (Klemm et al., 2011 ; Mishra et al., 2019).

Celulosa Microfibrilada (CNF), se denominan nanofibrillas y microfibrillas, celulosa nanofibrilada El diámetro de los CNF normalmente se encuentra entre 5 y 60 nm y su longitud a menudo se extiende a varios micrómetros (Blanco et al., 2018; Klemm et al., 2011).

Extracción de la celulosa: La celulosa proveniente de las especies vegetales debida que conforma parte de las paredes celulares de su celular, siendo un natural polímero está en la atención de diversos investigadores por su obtención de la naturaleza lo que implica medidas más económicas y viables que otros polímeros artificiales para realizar el procedimiento que tenga la forma final. Asimismo, es un polímero biodegradable que es favorable si se toma en cuenta la variable ambiental. A continuación, se describe de manera breve mediante cuatro etapas como se extrae la celulosa. La primera etapa es la reducción de tamaño mecánica; consiste en reducir tamaño mediante molienda, trituración o corte la madera o plantas hasta la obtención de fibras de celulosa que están en el rango de longitud de milímetros. En la segunda etapa sigue la purificación que consiste en eliminar las impurezas como la lignina y las hemicelulosas que están dentro de la mezcla de las fibras de celulosa, las impurezas brindan efectos negativos ante la estabilidad térmica, estabilidad coloidal y mecánicos comportamientos de los próximos nanocristales de celulosa, siendo el tratamiento por blanqueo alcalino la forma más conocida de purificación de los nanocristales de celulosa, este tratamiento se realiza en dos pasos siendo el primero el tratamiento alcalino que consiste en la mezcla de fibras de celulosa con la solución a base de hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH) lo que permite que estas soluciones logran la reacción con las impurezas hasta lograr su eliminación y partimiento de enlaces OH, el segundo paso se denomina blanqueamiento que se encarga de eliminar las impurezas resilientes al primer paso como la lignina que es muy difícil su eliminación por lo tanto procede a hervir las fibras

celulósicas en cloruro de sodio (NaCl) realizándose así en varias repeticiones hasta conseguir eliminar en su totalidad la lignina. La tercera etapa consiste en la hidrólisis ácida que consiste en separar la parte amorfa de la celulosa de la parte cristalina siendo así que el tratamiento es favorable ante la insolubilidad de las zonas cristalinas y la solubilidad de las zonas amorfas por lo cual al realizar la mezcla con ácido casi de manera total todas las zonas amorfas entre los cristales se disuelven lo que conduce a un mayor grado de cristalinidad y rangos más pequeños (nanométricos), el ácido más utilizado para este tratamiento es el ácido sulfúrico (H₂SO₄) logrando así que los nanocristales de celulosa obtengan mejores propiedades mecánicas, finalmente para eliminar el ácido se realiza el proceso de la centrifugación seguidamente se realiza mediante el homogeneizador o microfluidizador la igualdad de la longitud de los nanocristales. La cuarta etapa es el secado donde los nanocristales que se obtuvieron de las etapas anteriores pasan por suspensiones acuosas y diferentes soluciones en el cual se utilizó gran cantidad de agua por lo que los cristales obtienen un peso adicional lo que dificulta su transporte siendo preferible que estén secos, las técnicas de secados más comunes son el secado al horno, por congelación, secado por atomización y secado supercrítico (Vernet, 2017).

La nanocelulosa en las celdas solares, el papel de la nanocelulosa es un prominente candidato para su uso como substrato en las celdas solares debido a que son transparentes, suaves y mecánicamente resistentes (Hu et.al, 2013). Por consiguiente, el papel de la nanocelulosa incrementa la longitud del camino de la luz a través de la capa absorbente dando como resultado una gran absorción de luz solar (Pratima, 2017). Actualmente se investiga el uso de este biomaterial en las celdas solares dado que son más sostenibles, renovables y muy abundantes en la naturaleza (Lasrado, 2020)

Los nanocristales de nanocelulosa, se demuestra que son más eficientes las celdas solares poliméricas a base de nanocristales de celulosa debido que muestran una buena rectificación en la oscuridad alcanzando una eficiencia de conversión de 2.7% (Zhou, 2013).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación que se maneja es aplicado. Según Lozada (2014) La investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo. [...] presenta un gran valor agregado por la utilización del conocimiento que proviene de la investigación básica. (p.35); con base en la misma forma, cualquier investigación que tenga como objetivo el uso de estudios o teorías para otorgar solución a un problema o necesidad específica, será aplicada, la investigación propuso una solución ante la problemática del empleo de combustibles fósiles para producir electricidad, siendo la energía solar la alternativa como productora de energía eléctrica, para ello se utilizaron las celdas solares elaboradas con base de nanocelulosa.

Diseño de investigación

El diseño de investigación aplicado es el cuasi experimental, según White y Sabarwal (2014) plasman las hipótesis causales sin distribución aleatoria de los grupos de comparación y control por lo cual es llevado a cabo por elección propia de los participantes. De la misma manera se asignó a las variables que forman parte de grupos intactos o naturales a un adecuado tratamiento en base al contexto de la variable dependiente y no de forma aleatoria, la investigación desarrollo la elaboración de celdas solares con elementos que forman parte de grupos intactos como la nanocelulosa para que se asigne de acuerdo a nuestra variable dependiente generación de energía eléctrica.

Esquema del diseño de investigación cuasi experimental

$$\begin{array}{l} G_E: O_1 \text{-----} X \text{-----} O_3 \\ G_C: O_2 \qquad \qquad \qquad O_4 \end{array}$$

G_C : La nanocelulosa de las especies vegetales

G_E : Implementación de la nanocelulosa en celdas solares

X : Generación de energía eléctrica en las celdas solares con nanocelulosa

O_1, O_2 : Celdas solares de nanocelulosa

O₃, O₄: Celdas solares de nanocelulosa con generación eléctrica

3.2 Variables y operacionalización

Las variables de las investigaciones son:

Variable dependiente: Es la variable que representa una cantidad y varía de acuerdo a cómo trabaja la variable independiente, para esta investigación nuestra variable dependiente es la generación de energía eléctrica. La transformación de cierto tipo de energía a la energía eléctrica ya sea convencional como renovables mediante plantas de generación de energía, cuyo propósito es abastecer la demanda del consumo provenientes del hombre y sus actividades económicas. (Gomez et al, 2019).

Variable independiente: Es la variable en la que el investigador manipula distintos valores a la variable dependiente, en nuestra investigación nuestra variable independiente son las celdas solares con nanocelulosa. Dispositivos eléctricos que utilizan la nanocelulosa como sustratos por su gran abundancia, biodegradabilidad y fácil conducción eléctrica (Costa et al, 2016).

Operacionalización: Conformado por los conceptos conceptuales y operacionales, dimensiones, indicadores y medidas que se encuentran en el Anexo A.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

La población de la presente investigación estuvo constituida por las celdas solares con base de nanocelulosa.

- **Criterios de inclusión:** La nanocelulosa que se empleó para las celdas solares deben ser de fibra vegetal, esto debido a que las fibras vegetales son más económicas, lo cual permite que pobladores de distintos rangos económicos puedan obtener los paneles solares, otra característica de las fibras vegetales es que son flexibles lo cual provee de dinamismo a las celdas

solares y por ende los paneles solares pueden ser instalados en superficies rugosas.

- **Criterios de exclusión:** La nanocelulosa procedente de la materia vegetal en descomposición para la elaboración de celdas solares, esto debido a que el material vegetal en el momento de la obtención de sus fibras de nanocelulosa paso por un proceso de descomposición por el cual la materia vegetal desde el principio debe estar en condiciones adecuadas de conservación para seguir el procedimiento requerido de conservación-descomposición.

Muestra: La muestra que se tomará para la investigación, será de 15 celdas solares con base de láminas de nanocelulosa provenientes de la fibra del algodón Tangüis.

Muestreo: La técnica estadística utilizada es el muestreo probabilístico, técnica cuantitativa que selecciona la muestra en forma aleatoria, es decir todas las unidades tienen la misma posibilidad de ser la muestra representativa de la población. Para la elaboración de las láminas se realizó 30 muestras en primer lugar en el cual se implementó la solución viscosa de nanocelulosa que corresponden a la implementación del sustrato para generar energía eléctrica, a partir de las 30 láminas de nanocelulosa obtendremos las 15 celdas que fueron seleccionadas de forma aleatoria debido que todos presentaban características adecuadas para ser la muestra representativa de nuestra investigación.

Tabla 1: Número de láminas de nanocelulosa de algodón por muestra

MUESTRA	1	2	3
Algodón Tangüis	5 láminas de nanocelulosa	5 láminas de nanocelulosa	5 láminas de nanocelulosa

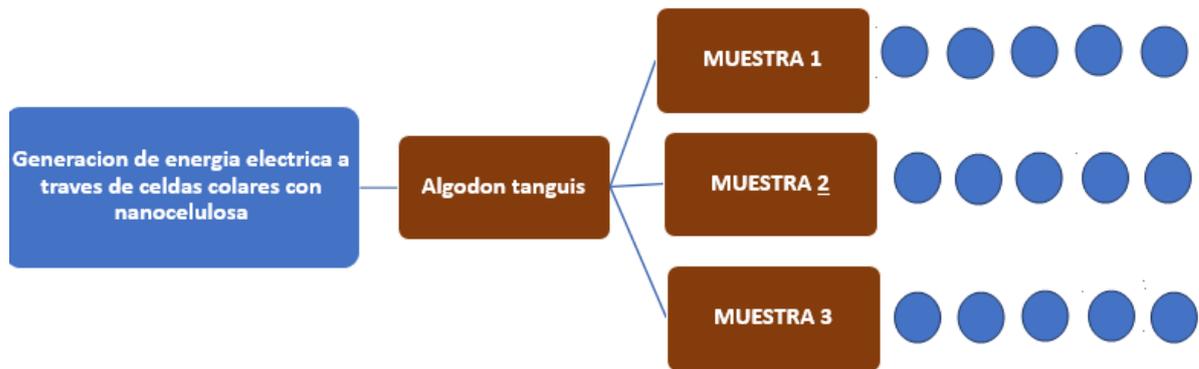


Figura 6: Diagrama de número de muestras

Fuente: Elaboración propia

Unidad de análisis: Una celda solar con base de nanocelulosa.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

La técnica que se asignó es la observación experimental. Es mediante esta técnica de recolección que el investigador mantiene el relativo control al momento de elaborar sus datos, especialmente debido que puede manipular una o más variables (Diaz et al, 2013). Es una eficaz técnica de investigación científica, siendo como instrumento más confiable la ficha de registro de datos.

Instrumentos de recolección de datos

- **Ficha 1.** Registro de recolección de muestras.
- **Ficha 2.** Extracción de la nanocelulosa.
- **Ficha 3.** Fabricación de láminas de nanocelulosa.
- **Ficha 4.** Implementación de nanocompuestos de cobre a las láminas de nanocelulosa
- **Ficha 5.** Evaluación de las láminas de nanocelulosa.
- **Ficha 6.** Capacidad energética de las celdas solares.

Al respecto a la validación de nuestra ficha de recolección de datos fueron validados por 3 docentes, las fichas de validación se muestran en el Anexo C:

Juan Julio Ordoñez Galvez	90%
Eusterio Horacio Acosta Suasnabar	80%
Luis Fermin Holguin Aranda	85%

3.5. Procedimientos

Etapa 1

- Recolección de la muestra de materia vegetal
Se recolectó 500 g de muestra de materia vegetal de la especie algodón Tanguis, por consiguiente, se tomaron las referencias de la zona de recolección el cual se ubica en la Av. Alameda Los Cedros 303, Chorrillos y finalmente se procedió a la extracción y transporte de las muestras mediante el uso de una bolsa.

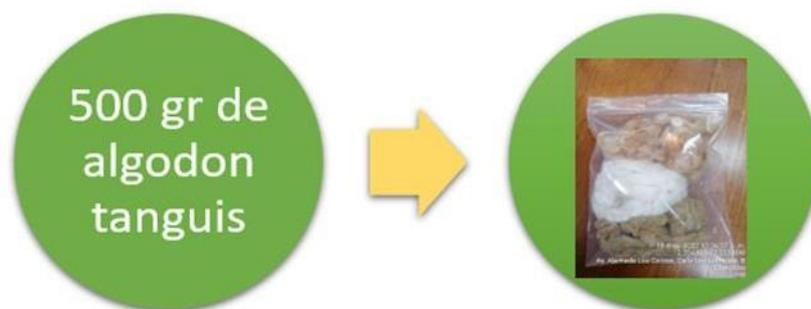


Figura 7: Proceso de recolección de muestras

Fuente: Elaboración propia

Etapa 2

- Extracción de la nanocelulosa

Las fibras de algodón Tanguis pasaron por un proceso que mediante una solución de hidróxido de sodio 1 M a 120°C durante un periodo de 2 horas se eliminaron las impurezas como la lignina y hemicelulosas para después lavarlas con agua destilada hasta que sea neutra la solución luego se realizó el proceso de blanqueamiento a 120°C durante 2 horas utilizando peróxido de hidrógeno al 4%. Las fibras que pasaron por el proceso de blanqueamiento se filtraron y lavaron repetidas veces con agua destilada y se secaron durante 48 horas.

A continuación, se procedió a pesar 12 gramos de urea, 7 gramos de hidróxido de sodio (NaOH) para posteriormente colocarse en un vaso precipitado y añadir agua destilada hasta los 100 ml obteniendo una solución diluida que se enfrió previamente a -6°C. Se añadió 4 gramos de algodón Tanguis blanqueados parcialmente a la solución NaOH/Urea/H₂O pre enfriada formando así una solución viscosa que posteriormente se agitó con la varilla durante 4 min y se centrifugó a 30.000 rpm durante 10 minutos, luego de terminar el proceso la solución se dividió en dos partes; la solución transparente en la parte superior y la solución concentrada en la parte inferior por lo tanto la solución concentrada fue elegido para su uso como nanocelulosa.



Figura 8: Proceso de extracción de la nanocelulosa

Fuente: Elaboración propia

Etapa 3

- Fabricación de láminas de nanocelulosa

La solución de nanocelulosa se extendió sobre una placa de vidrio a través del método de revestimiento de varillas para después sumergir la placa de vidrio en baño de coagulación al 5% en relación al peso del ácido sulfúrico, a continuación se formó un hidrogel producto de la coagulación en 5 minutos y se separó de la placa de vidrio de manera espontánea, después se empapó totalmente el hidrogel en agua desionizada por 12 horas, finalmente el hidrogel se puso en secado durante 48 horas a temperatura ambiente para tener como producto final las láminas de nanocelulosa, se unieron mediante cinta adhesiva los lados del hidrogel a un sustrato de soporte logrando así evitar el encogimiento.



Figura 9: Proceso de fabricación de las láminas de nanocelulosa

Fuente: Elaboración propia

Etapa 4

- Incorporación del cobre a la lámina de nanocelulosa

Para ello fue necesaria la producción de nanopartículas de cobre, en ese sentido se pesan 5 gr de ácido ascórbico y 4.51 gr de sulfato de cobre, cada reactivo se disuelve en 100 mL de agua, al estar diluidas, la disolución de sulfato de cobre se vierte sobre la disolución de ácido ascórbico, en cuanto entran en contacto la mezcla se torna de color verde, se procede a calentar la mezcla durante 10 minutos a 33°C, pasado el tiempo se visualiza que la mezcla se torna oscura de color marrón y las nanopartículas de cobre descienden; a continuación se baja la temperatura de la estufa a 20°C y se sigue calentando por 10 minutos más, al concluir el tiempo se observa que la disolución regresa a su color inicial y las nanopartículas de cobre permanecen en la parte baja del vaso precipitado, esto se deja reposar por 24 horas antes de filtrarlo. Después de las 24 horas se filtran las nanopartículas de cobre y con ayuda de un pincel punta fina se dibujan los circuitos eléctricos en las láminas de nanocelulosa, se escogieron el quipu, pentagrama y escalera.

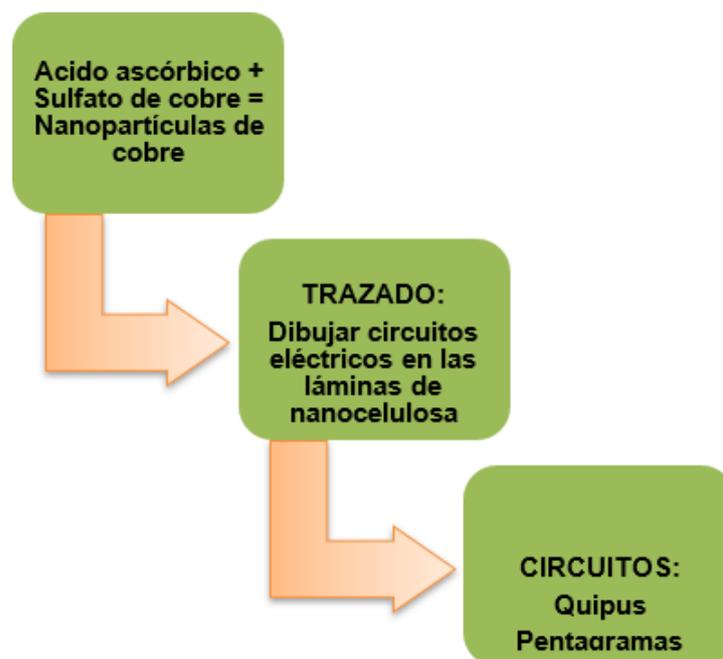


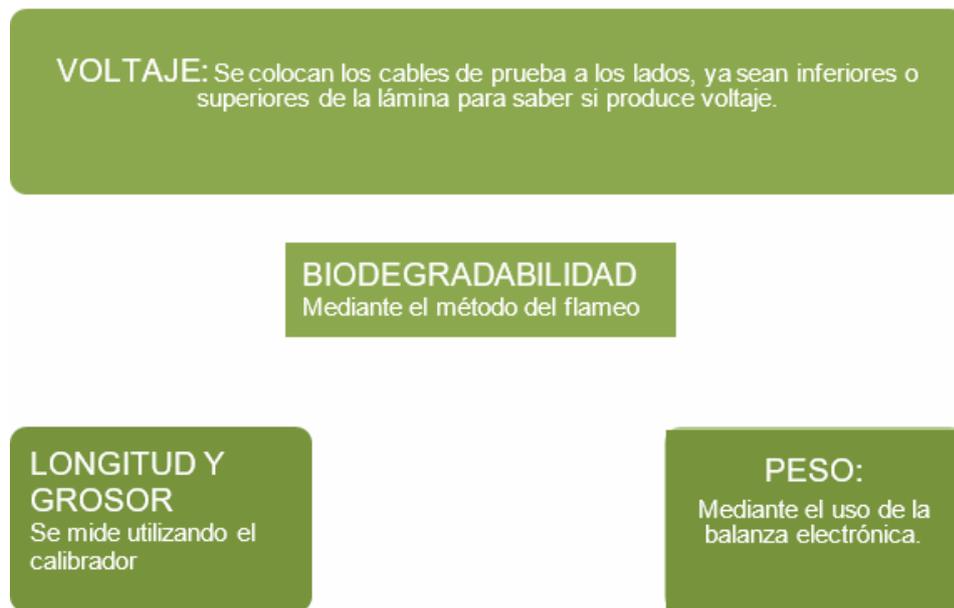
Figura 10: Trazado del cobre a la lámina de nanocelulosa

Fuente: Elaboración propia

Etapa 5

- Evaluación de la lámina de nanocelulosa

Se determinaron las propiedades físicas de la lámina de nanocelulosa, se evaluaron parámetros como biodegradabilidad, voltaje peso, longitud y espesor. Se evaluó la efectividad de nuestras láminas de nanocelulosa mediante la caracterización siendo medido en primer lugar el voltaje usando el multímetro a 1 mm separado de las puntas de la lámina. Las propiedades físicas de las láminas de nanocelulosa como el grosor y la longitud se llevaron a cabo con el uso del calibrador, el peso de las láminas se determinó mediante el uso de la balanza electrónica, por último, se midió la capacidad de biodegradabilidad de las láminas poniéndolo en llama en un periodo que demoren en degradarse.



Acti

Figura 11: Evaluación de las láminas de nanocelulosa

Fuente: Elaboración propia

Etapa 6

- Eficiencia del voltaje en la celda solar

En esta última etapa, se evaluó la eficiencia de la celda solar a base de nanocelulosa además de la cantidad de voltaje que provee la celda, quedó evidenciado si las celdas con nanocelulosa sirven o no para los paneles solares, al tener lista la estructura de la celda solar, solo se conecta el cable positivo al cable de prueba del voltímetro, lo mismo con el cable negativo, el voltímetro nos proporcionó la cantidad de voltaje que suministra la celda solar a base de nanocelulosa. Se evidencia mediante la medición del multímetro el voltímetro, el amperímetro y finalmente la eficiencia energética.

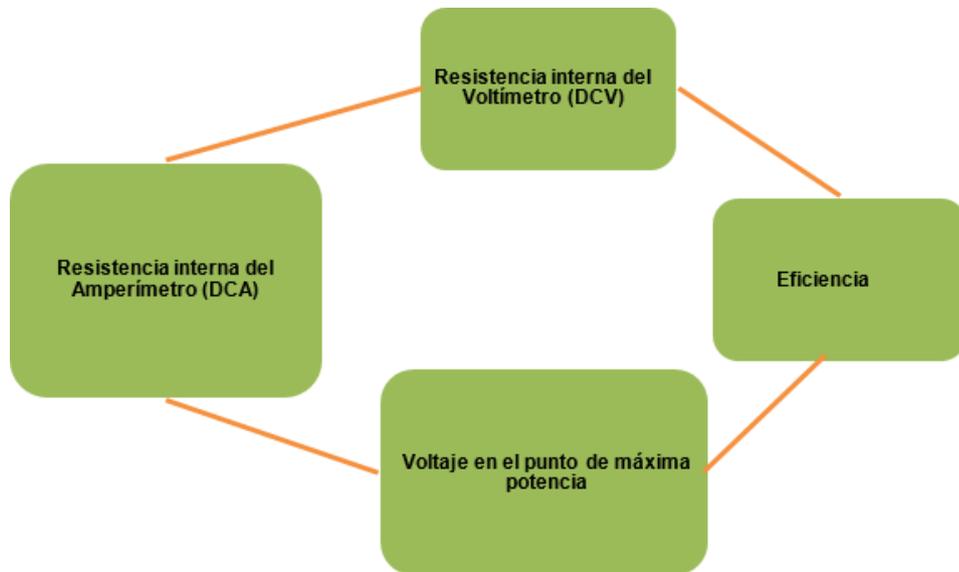


Figura 12: Medición del voltaje y amperaje en las celdas

Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Los datos que se obtuvieron en el trabajo de investigación a través de las correspondientes pruebas de laboratorio pasaron por un procesamiento y análisis mediante implementos como los gráficos y tablas comparativas que tienen como finalidad darles la correcta interpretación a los resultados, así como la estadística inferencial para la comprobación de la hipótesis general mediante el método de ANOVA y los objetivos específicos a través de la prueba de normalidad, ambas comprobación de hipótesis se realizó en el software IBM SPSS.

Para contrastar la hipótesis general se realizó la prueba de ANOVA unidireccional y se compararon los datos de las muestras de las celdas solares de nanocelulosa con los valores del voltaje. La significancia es de 0.060, por lo tanto, se acepta la hipótesis general.

Tabla de ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
VOLTAJE * MUESTRA	Entre grupos (Combinado)	56621,665	2	28310,833	3,598	,060
	Dentro de grupos	94409,164	12	7867,430		
	Total	151030,829	14			

Figura 13: Método ANOVA unidireccional: VOLTAJE X MUESTRA

Fuente: Elaboración propia

HO: La utilización de celdas solares con nanocelulosa tiene una influencia significativa para la generación de energía eléctrica.

HI: La utilización de celdas solares con nanocelulosa no tiene influencia significativa para la generación de energía eléctrica.

El valor de P fue 0.060

$P > 0.05$ Se acepta HO

En cuanto a la primera hipótesis específica, se empleó la prueba de normalidad para la comprobación.

Pruebas de normalidad

MUESTRA		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VOLTAJE	ESCALERA	,218	5	,200 [*]	,916	5	,503
	PENTAGRA	,258	5	,200 [*]	,804	5	,087
	QUIPU	,236	5	,200 [*]	,894	5	,379
AMPERAJE	ESCALERA	,371	5	,023	,739	5	,023
	PENTAGRA	,207	5	,200 [*]	,964	5	,834
	QUIPU	,158	5	,200 [*]	,973	5	,897

Figura 14: Prueba de normalidad: AMPERAJE Y VOLTAJE X MUESTRA

Fuente: Elaboración propia

HO: El voltaje y amperaje de las celdas solares con nanocelulosa son positivos.

HI: El voltaje y amperaje de las celdas solares con nanocelulosa no son positivos

$P > 0.05$ Se acepta la HO

Los valores de p se calcularon voltaje en 3 grupos de muestra fueron:

$0.503 > 0.05$ Se acepta HO

$0.087 > 0.05$ Se acepta HO

$0.379 > 0.05$ Se acepta HO

Los valores de p se calcularon empleando los valores de amperaje en 3 grupos de muestra:

$0.023 < 0.05$ Se rechaza HO

$0.834 > 0.05$ Se acepta HO

$0.897 > 0.05$ Se acepta HO

La prueba de normalidad se empleó para la comprobación de la segunda hipótesis específica

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
MUESTRA		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EFICIENCIAENERGETICA A	ESCALERA	,227	5	,200 [*]	,910	5	,468
	PENTAGRA	,328	5	,084	,846	5	,181
	QUIPU	,292	5	,188	,877	5	,294

Figura 15: Prueba de normalidad: EFICIENCIA ENERGÉTICA X MUESTRA

Fuente: Elaboración propia

HO: La eficiencia energética de las celdas solares con nanocelulosa es válida.

HI: La eficiencia energética de las celdas solares con nanocelulosa no es válida.

Los valores de p se calcularon usando los valores de la eficiencia energética comparados con las muestras:

0.468 > 0.05 Se acepta HO

0.181 > 0.05 Se acepta HO

0.294 > 0.05 Se acepta HO

Para la comprobación de la tercera hipótesis específica también se realizó la prueba de normalidad

Pruebas de normalidad^a

MUESTRA		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VOLTAJE	ESCALERA	,201	5	,200 [*]	,931	5	,602
	PENTAGRA	,258	5	,200 [*]	,807	5	,092
	QUIPUS	,243	5	,200 [*]	,894	5	,377
AMPERAJE	ESCALERA	,371	5	,023	,739	5	,023
	PENTAGRA	,208	5	,200 [*]	,962	5	,821
	QUIPUS	,162	5	,200 [*]	,970	5	,878

^a. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Figura 16: Prueba de normalidad: TIPO DE TRAZADO X VOLTAJE Y AMPERAJE

Fuente: Elaboración propia

HO: El tipo de trazado que se utilizó es eficiente y produce energía eléctrica

HI: El tipo de trazado que se utilizó no es eficiente y no produce energía eléctrica

Los valores de p se calcularon con el voltaje en 3 grupos de muestra estos fueron:

0.602 > 0.05 Se acepta HO

0.092 > 0.05 Se acepta HO

0.377 > 0.05 Se acepta HO

Los valores de p se calcularon empleando los valores de amperaje en 3 grupos de muestra:

0.023 < 0.05 Se rechaza HO

0.821 > 0.05 Se acepta HO

0.878 > 0.05 Se acepta HO

3.7. Aspectos éticos

Cabe destacar que uno de los propósitos de esta investigación es mediante el objetivo del código de ética de la Universidad César Vallejo realizar nuestras investigaciones de manera integral cumpliendo todos los máximos estándares de rigor científico, responsabilidad y honestidad , también mediante uno de los principios de ética de investigación que corresponde al cuidado del medio ambiente y biodiversidad, es decir se comienza a investigar en beneficio de la preservación del medio ambiente, ello se reconoce ya que se buscó implementar una energía renovable que no genera detrimentos y más aún para las celdas solares con nanocelulosa los costos de producción serán menores a las habituales celdas solares. Los artículos científicos recopilados en este trabajo de investigación fueron utilizados de manera consecuente y transparente, del mismo modo, se respetó el derecho de autor de los investigadores, citándolos y parafraseando, sin tratar de hacer nuestras sus ideas e información, para comprobar esto, se puede observar en el porcentaje de similitud del turnitin que debe ser de menos del 25% para la validación y revisar las referencias bibliográficas donde detallamos a todos los autores e investigaciones que utilizamos a lo largo de la investigación.

IV. RESULTADOS

Evaluación de las celdas de nanocelulosa para la generación de energía eléctrica

La medición se realizó mediante el multímetro en los tres tipos de trazado de cobre (quipu, pentagrama y escalera) que se implementaron en 15 celdas de nanocelulosa, cada celda se midió cerca a la radiación de la luz eléctrica de un foco led de 12 watts y se conoció los milivoltios y microamperios respectivamente.

Tabla 2. Evaluación de las celdas en trazado quipu

LINEA	PUNTOS	CELDA 1		CELDA 2		CELDA 3		CELDA 4		CELDA 5	
		DCV (mV)	DCA (uA)	DCV (mV)	DCA (uA)	DCV (mV)	DCA (uA)	DCV (mV)	DCA (uA)	DCV (mV)	DCA (uA)
LINEA 1	Extremos	28.4	0,2	49.5	0.1	20.3	0.3	30.7	0.2	15.7	0.1
	Parte baja	9.6	0.1	4.3	0.1	7.5	0.1	9,8	0.1	3.8	0.1
	Parte media	5.1	0.1	6.5	0.1	20.1	0.3	8,7	0.1	19.2	0.2
	Parte alta	17.5	0.2	15.5	0.1	18.6	0.2	18.3	0.1	8.8	0.3
LINEA 2	Extremos	13.2	0.1	3.8	0.1	14.8	0.2	14.7	0.1	4.3	0.4
	Parte baja	8.5	0.1	7	0.1	11.5	0.1	8,5	0.1	11.3	0.1
	Parte media	4.9	0,1	13.4	0.1	24.6	0.3	6,4	0.2	11.9	0.1
	Parte alta	10.4	0.1	13.7	0.1	14.4	0.4	10.9	0.1	11.7	0.4
LÍNEA 3	Extremos	26.7	0.2	12.8	0.1	18.4	0.3	38.5	0.1	4.9	0.3
	Parte baja	8	0.1	2.8	0.1	14.6	0.1	9,5	0.1	19.7	0.1
	Parte media	6.8	0.1	14.3	0.1	20.9	0.2	7,8	0.1	9.5	0.1
	Parte alta	20.5	0.2	15.8	0.1	7.2	0.3	18.8	0.1	9.4	0.3
LÍNEA 4	Extremos	31.1	0.3	1.6	0.1	16.5	0.3	18.6	0.1	8.2	0.3
	Parte baja	12.6	0.1	7.8	0.1	18.2	0.1	11.2	0.1	5.9	0.1
	Parte media	10.1	0.1	9.2	0.1	10.8	0.2	13.4	0.2	5.5	0.1
	Parte alta	19.3	0.2	18.2	0.1	8.8	0.2	12.5	0.1	14.9	0.2
LÍNEA 5	Extremos	16.9	0.2	4.9	0.2	36.2	0.3	19.8	0.1	24.9	0.2
	Parte baja	7.3	0.1	9.7	0.1	7.1	0.1	8,8	0.1	7.3	0.1
	Parte media	5.2	0.1	6.7	0.1	1,6	0.1	12.5	0.3	17.2	0.1
	Parte alta	10.3	0.1	10.8	0.1	6.9	0.2	15.3	0.1	17.2	0.2
TOTAL		272.4	2.8	228.3	12.1	310	8.3	294.7	10.5	231.3	5.8

En la tabla 2 se logra observar todas las mediciones de las 5 celdas en trazado de cobre en forma de quipus, siendo 20 mediciones de milivoltios y microamperios por cada celda.

Tabla 3. Evaluación de las celdas en trazado pentagrama

Puntos	Celda 10		Celda 8		Celda 9		Celda 6		Celda 7	
	DCV (mV)	DCA (uA)	DCV (mV)	DCA (uA)						
Línea 1	86.3	04.1	07.7	01.2	10.2	01.2	39.5	03.2	54.7	0.6
	19.5	01.1	15.5	01.2	16.3	01.3	42.5	04.1	18.4	0.2
	11.3	01.1	01.1	01.2	11.8	01.6	10.3	01.1	9.1	0.2
	14.3	01.1	10.2	01.2	23.4	02.4	12.3	01.1	5.3	0.1
	06.5	01.1	17.9	02.4	17.2	01.2	15.8	01.2	14.2	0.2
Línea 2	63.2	03.1	08.7	02.1	08.6	01.2	52.5	04.3	26.9	0.3
	18.6	01.1	27.1	01.3	01.6	01.1	90.8	05.4	30.5	0.3
	08.3	01.1	16.1	01.1	06.9	01.1	04.7	00.1	6.2	0.2
	07.4	00.5	22.5	02.2	06.4	01.2	07.7	01.1	4.7	0.1
	10.5	03.1	25.5	01.4	23.4	01.8	30.2	02.3	32	0.3
Línea 3	14.3	02.1	26.8	00.3	23.9	02.3	61.0	05.5	23.8	0.2
	18.9	02.2	17.3	01.2	01.3	00.2	75.6	06.5	16.1	0.2
	05.5	02.3	11.5	01.1	06.8	01.3	06.9	01.1	5.4	0.1
	14.5	02.4	14.4	01.1	28.8	02.2	07.9	00.6	3.6	0.1
	08.5	02.1	26.5	01.1	24.4	02.4	25.2	02.1	22.9	0.2
Línea 4	04.8	01.4	13.2	01.1	33.8	03.4	29.6	02.3	71.5	0.7
	15.6	01.1	07.5	01.1	03.5	00.4	76.7	05.2	33.4	0.3
	08.7	01.1	13.2	01.1	08.8	01.4	06.6	01.1	7	0.1
	13.9	01.3	15.9	01.1	25.6	02.3	05.9	00.1	3.8	0.1
	04.9	01.1	10.8	01.1	27.7	02.1	23.4	02.1	28.3	0.3
TOTAL	355.5	34.5	309.4	25.6	310.4	32.1	625.1	50.5	417.6	4.8

En la tabla 3 se realizó la medición de milivoltios y microamperios en 20 puntos por cada celda en trazado de cobre en pentagrama, siendo este tipo de trazado los que mayor cantidad de valores obtuvimos en las mediciones.

Tabla 4. Evaluación de las celdas en trazado en escaleras

Puntos	Celda 15		Celda 12		Celda 14		Puntos	Celda 11	
	DCV (mV)	DCA (uA)	DCV (mV)	DCA (uA)	DCV (mV)	DCA (uA)		DCV (mV)	DCA (uA)
1--2	07.8	00.1	45.3	00.1	32.5	00.1	1--2	12.5	00.2
2--4	06.9	00.1	21.2	00.1	10.8	00.1	1--3	07.2	00.1
4--5	16.5	00.1	14.9	00.1	04.6	00.2	1--4	03.5	00.1
5--6	12.9	00.1	08.3	00.2	13.8	00.2	1--5	33.1	00.1
6--8	14.0	00.1	04.5	00.1	08.7	00.2	1--6	21.3	00.1
8--10	15.3	00.1	04.6	00.2	08.7	00.1	1--7	19.1	00.1
10--11	12.5	00.1	05.8	00.2	07.9	00.1	1--8	21.1	00.1
11--12	20.9	00.3	14.6	00.2	05.5	00.1	1--9	12.7	00.2
12--14	14.0	00.1	09.5	00.2	04.5	00.1	1--10	10.5	00.2
14--16	05.5	00.1	05.7	00.2	03.9	00.1	1--11	26.2	00.1
16--18	07.1	00.1	07.3	00.2	05.5	00.1	1--12	19.2	00.1
18--20	11.5	00.1	10.5	00.2	35.5	00.2	1--13	13.3	00.3
20--22	16.1	00.1	04.6	00.3	21.3	00.2	1--14	20.5	00.1
22--24	11.9	00.1	10.2	00.1	09.5	00.2	1--15	18.6	00.1
24--26	04.6	00.1	02.7	00.1	14.3	00.2	1--16	19.9	00.2
27--29	06.9	00.1	19.8	00.1	03.6	00.1	4--6	04.7	00.1
29--30	08.3	00.1	11.3	00.1	08.3	00.1	6--8	08.8	00.1
1--28	10.5	00.1	18.5	00.1	24.7	00.3	8--10	09.8	00.1
1--29	10.2	00.1	29.3	00.1	86.2	00.3	10--12	21.5	00.1
1--30	26.3	00.2	25.3	00.2	69.5	00.4	12--14	14.5	00.1
TOTAL	213.40	2.3	273.9	3.1	379.3	3.4		318	2.6

En la tabla 4 se realizó la medición de milivoltios y microamperios en 20 puntos por cada celda en trazado de cobre en escaleras, cada escalera en las 4 celdas consta de 30 vértices mientras que 1 celda de escalera consta de 16 vértices.

Tabla 5. Voltaje y amperaje de las 15 celdas de nanocelulosa

	mV	V	uA	A
CELDA 1	272.4	0.27	2.8	0.000028
CELDA 2	228.3	0.23	12.1	0.000012
CELDA 3	310	0.31	8.3	0.000083
CELDA 4	294.7	0.29	10.5	0.0000105
CELDA 5	231.3	0.23	5.8	0.000058
CELDA 6	625.1	0.63	50.5	0.000050
CELDA 7	417.6	0.42	4.8	0.000048
CELDA 8	309.4	0.31	25.6	0.0000256
CELDA 9	310.4	0.31	32.1	0.0000321
CELDA 10	355.5	0.36	34.5	0.0000345
CELDA 11	318	0.32	2.6	0.000026
CELDA 12	273.9	0.27	7.5	0.000075
CELDA 13	216.1	0.22	3.1	0.0000031
CELDA 14	379.3	0.38	3.4	0.0000034
CELDA 15	213.4	0.21	2.3	0.000023

En la tabla 5 se convierte las mediciones de milivoltios en voltios y de microamperios a amperios de las 15 celdas de nanocelulosa, la multiplicación de ambos valores nos dará el resultado de la potencia máxima en watts para la obtención de la eficiencia energética.

Como parte de los resultados obtenidos se procede a comprobar el objetivo general que refiere a, la evaluación de las celdas solares con nanocelulosa para generar energía eléctrica; para ello se presenta la Figura 17.

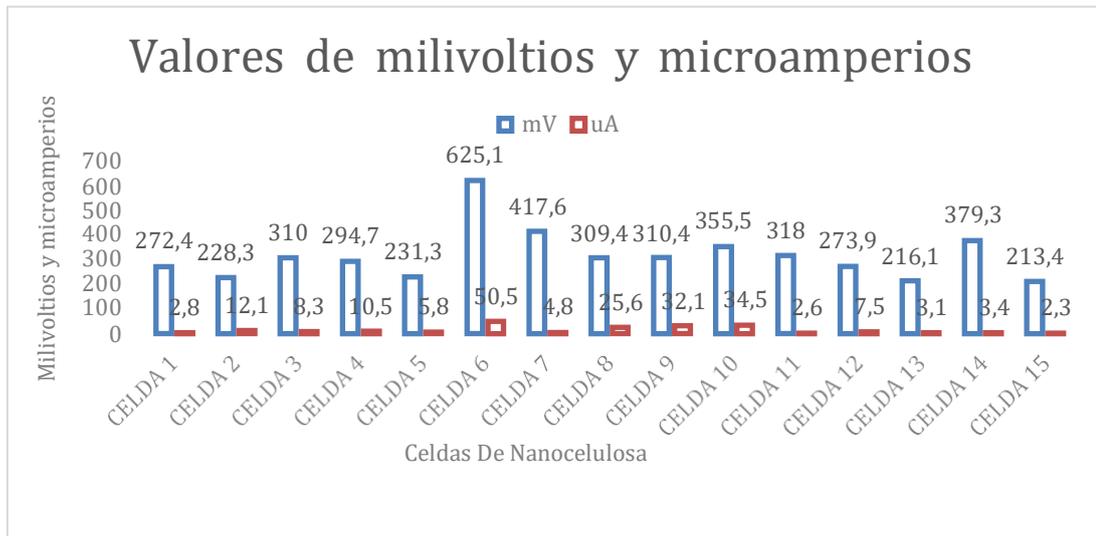


Figura 17: Valores totales de Milivoltios (mV) y Microamperios (uA)
Fuente: Elaboración propia

Interpretando estos resultados, se comprueba que las celdas de nanocelulosa generan energía eléctrica puesto que se observan valores positivos en los milivoltios y microamperios, que son los parámetros para calcular la conducción eléctrica.

Determinación del voltaje y amperaje de las celdas solares de nanocelulosa

La determinación del voltaje y amperaje de las celdas se basa en la figura 18.



Figura 18: Valores de mV y uA según el diseño de la celda.
Fuente: Elaboración propia

El primer objetivo específico, se comprueba de que el voltaje de las 15 celdas de nanocelulosa son de un rango de 0.21 – 0.63 V y el amperaje es de un rango de 0.0000023 – 0.00005 A. Por lo tanto, los valores de voltaje y amperaje de las celdas solares de nanocelulosa son positivos.

Determinación de la eficiencia energética de las celdas solares de nanocelulosa

Tabla 6. Propiedades de las celdas de nanocelulosa

	Peso (gr)	Longitud (m)	Ancho (m)	Grosor (cm)	Biodegradabilidad (t)
CELDA 1	0.77	0.072	0.023	0.3	1 min
CELDA 2	0.42	0.072	0.023	0.2	1:20 min
CELDA 3	0.72	0.072	0.023	0.2	1:38 min
CELDA 4	0.97	0.072	0.023	0.2	1:10 min
CELDA 5	0.90	0.072	0.023	0.3	1:22 min
CELDA 6	1.03	0.072	0.023	0.2	1:24 min
CELDA 7	0.23	0.072	0.023	0.1	1: 32 min
CELDA 8	0.87	0.072	0.023	0.1	1:33 min
CELDA 9	0.78	0.072	0.023	0.1	1:07 min
CELDA 10	1	0.072	0.023	0.2	1:12 min
CELDA 11	0.42	0.072	0.023	0.2	1:23 min
CELDA 12	0.41	0.072	0.023	0.1	1:34 min
CELDA 13	0.70	0.072	0.023	0.2	1:30 min
CELDA 14	0.93	0.072	0.023	0.1	1: 22 min
CELDA 15	0.54	0.072	0.023	0.1	1:29 min

En la tabla 6, se observa las magnitudes físicas de las 15 celdas de nanocelulosa, para el cálculo de la eficiencia energética se requiere del área de las celdas que tienen forma de rectángulo por lo tanto es importante la medición de la longitud y ancho de cada una para su posterior resultado.

Cálculo de la eficiencia energética:

La eficiencia energética se calculó mediante una fórmula establecida, esta fórmula nos ayudó a calcular la eficiencia de las 15 celdas solares de nanocelulosa.

$$EFICIENCIA\ CELDA\ \% = \frac{Potencia\ Maxima}{Area\ de\ la\ celda * Irradiancia} \times 100 \quad (1)$$

Potencia máxima: $V \cdot A = \text{Watts (W)}$

Área: Longitud x ancho (m^2)

Irradiancia: $G = 12\ W/m^2$ (Radiación del foco led de 12 watts)

- Cálculo de eficiencia de la celda 6

Realizamos el cálculo de eficiencia de la celda que nos generó mayor voltaje y amperaje en las mediciones de las 15 celdas solares.

Potencia máxima: $0.63\ V \cdot 0.0000505\ A = 0.000032\ W$

Área: $0.072\ m \cdot 0.023\ m = 0.001656\ m^2$

Irradiancia: $12\ W/m^2$

$$EFICIENCIA\ CELDA\ \% = \frac{0.000032\ W}{0.001656\ m^2 \cdot 12\ W/m^2} \times 100 \quad (2)$$

$$\% = 0.1610$$

La celda 6 genera una eficiencia energética de 0.16 %, siendo la eficiencia más alta de las 15 celdas, por lo tanto, se les calculó de la misma forma a todas las celdas de nanocelulosa teniendo los datos que requiere la fórmula respectivamente.

Para el segundo objetivo específico, se comprueba que la eficiencia energética de las 15 celdas solares con nanocelulosa es de un rango de 0.0002 – 0.16% por lo cual la eficiencia energética de las celdas solares con nanocelulosa son válidas, aunque en mínimos valores, esto se detalla mediante la figura 19.

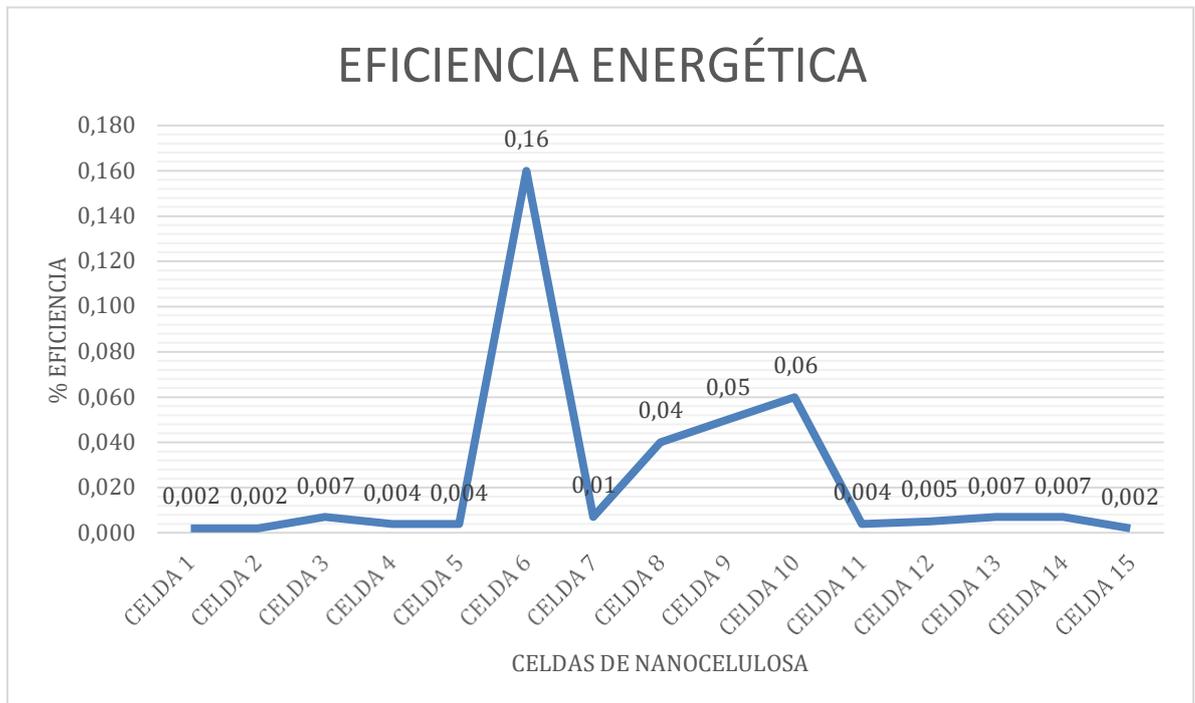


Figura 19: Valores de eficiencia en las celdas solares

Fuente: Elaboración propia

Analizando la figura 19, los niveles de eficiencia energética son positivos, pero no elevados en demasía, en virtud de que estas celdas con nanocelulosa no tienen el estilo sofisticado de una celda solar habitual, además de que no se pudo contar con la radiación solar por la estación del invierno en su lugar las celdas captan la radiación de un foco led de 12 watts para obtener los valores eléctricos pero esta cualidad puede mejorar si se implementan pigmentos u otros aditivos, en esta investigación se elaboró una celda orgánica que no genera detritos tóxicos.

Especificación del tipo de trazado con nanopartículas de cobre en las celdas solares de nanocelulosa.

En el tercer objetivo específico, el tipo de trazado fueron en tres diseños (quipus, pentagrama y escaleras), en las figuras 20 y 21, los valores de milivoltios y microamperios se presentaron en distintos gráficos circulares debido al gran número de valores y para exponer claramente los porcentajes, por lo tanto, los tres diseños de trazado de cobre que se utilizaron fueron eficientes y producen energía eléctrica

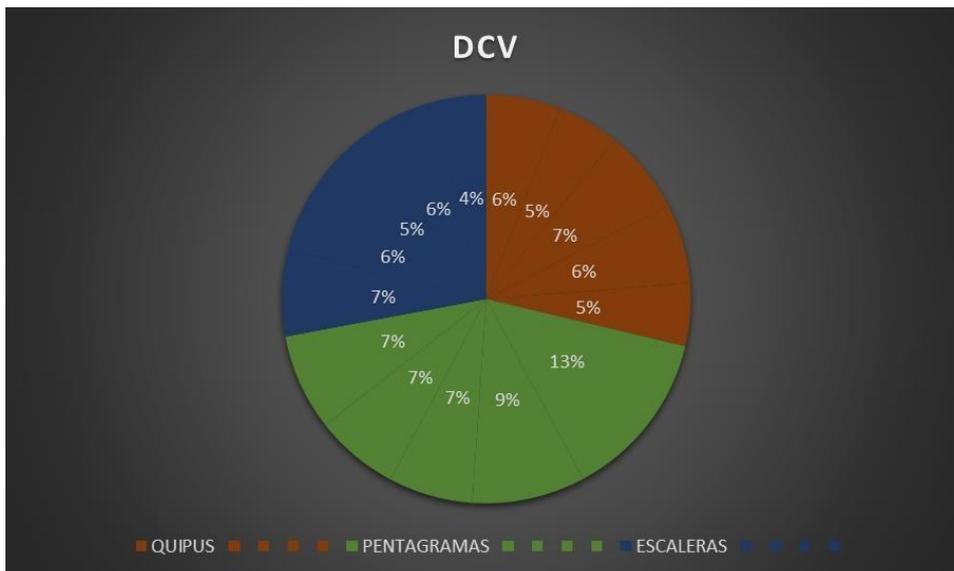


Figura 20: Valores porcentuales de voltios en las celdas solares, según su diseño.
Fuente: Elaboración propia

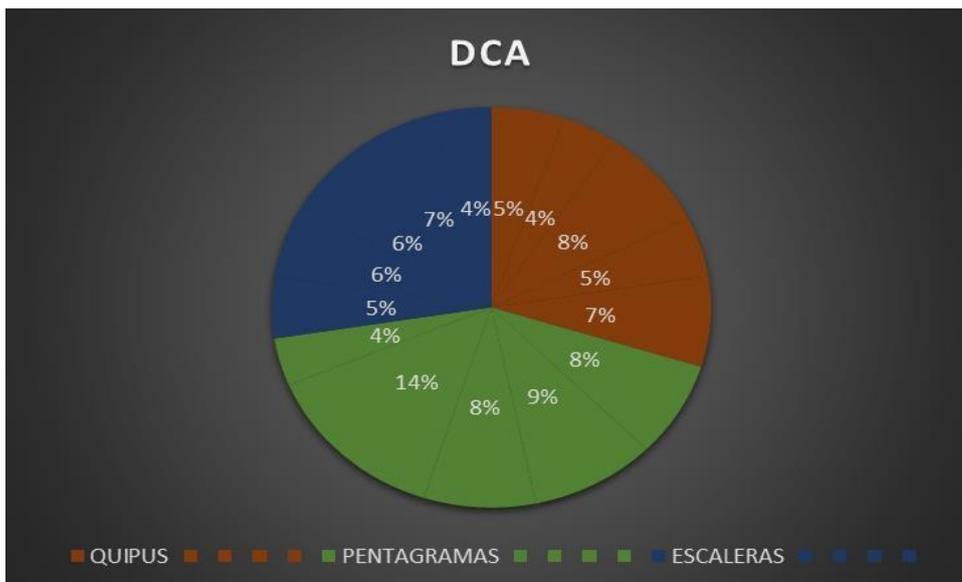


Figura 21: Valores porcentuales del amperio en las celdas solares, según su diseño.
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las figuras 20 y 21, en ambos el diseño de los pentagramas representa el 43%, le siguen los bocetos de los quipus con un 29% y al final las escaleras con 28%; una vez más queda sustentado que el mejor diseño es el pentagrama; pero en general todos los diseños producen altos porcentajes de energía eléctrica.

Además se debe argumentar que los diseños que se utilizaron para esta investigación fueron los convenientes ya que todos conducen energía eléctrica, para elegir estos diseños se realizó una exploración e intentos de diferentes diseños, la elección de los quipus es debido a que las líneas separadas por 0.5 cm conducen gran energía al ser medidas de extremo a extremo, y la línea horizontal que las une es de gran apoyo ya que puede sintetizar toda la energía eléctrica de las celdas solares tipo quipus, los valores obtenidos no bajan de 200 milivoltios y los valores de microamperios no bajan de 2.

Los pentagramas fueron seleccionados por las mismas razones que los quipus ahí yace el parecido en su configuración, pero en este diseño se buscó un elemento extra, a tal efecto se le agrego otra línea horizontal, el diseño cuenta con 4 líneas verticales y dos líneas horizontales; este es el perfecto diseño puesto que los valores más altos surgen en este diseño así lo revela la celda 6 con 625.1 milivoltios, todos los valores son mayores a 300 milivoltios y en la gran mayoría los microamperios es mayor a 4.

Las escaleras fueron un boceto que más pruebas tuvo, al cabo de los ensayos la separación de los 0.5 cm fue la más conveniente y al ser una configuración cerrada se reducen las pérdidas, pero a su vez se observa que no tuvo la capacidad para mejorar sus resultados frente al diseño del pentagrama, los valores de las escaleras no bajan de 300 milivoltios y los valores de microamperios no disminuyen de 2.

V. DISCUSIÓN

La relevancia científica de nuestra investigación es que se comprueba que la nanocelulosa viscosa de algodón a mayor concentración también es un excelente conductor de electricidad debido que presentan valores de voltaje y amperaje casi equiparables a las investigaciones que utilizan la nanocelulosa transparente y en menor concentración por lo cual al ser un material más rentable y de menor proceso que la preparación de celdas comunes puede ser implementado como sustrato para la elaboración de celdas solares sostenibles y que no generen residuos. Según la IEA (2021) menciona que más de 80 millones de toneladas de residuos de paneles solares se pueden generar en 3 décadas lo que contrarresta el saldo positivo de la reducción de emisiones por lo tanto es necesario elaborar celdas sostenibles con el medio ambiente y la nanocelulosa de algodón es una opción muy viable por su abundancia y fácil obtención en la naturaleza.

Según GAO et.al (2019) en “Células solares de perovskita a base de papel de nanocelulosa flexibles y transparentes” cuyo objetivo es determinar la eficiencia de la nanocelulosa a base de pulpa de algodón como sustrato en las celdas de perovskita; se utilizó la nanocelulosa transparente y en la parte superior de la solución al momento de terminar el proceso de centrifugación, por otro lado en esta investigación se utilizó la nanocelulosa viscosa y que estaba en la parte inferior de la solución debido que la nanocelulosa viscosa mostraba mejores propiedades de resistencia a los procedimientos posteriores y al momento de la elaboración de las láminas tenía una mayor rapidez en el secado y estabilidad.

Según COSTA et. al (2016) en “Células solares orgánicas invertidas que utilizan nanocelulosa como sustrato” cuyo objetivo es determinar qué tipo de nanocelulosa es el más óptimo para su utilización en las celdas solares orgánicas; elaboraron películas de nanocelulosa a base de algodón en concentraciones de 1%, 1,2% y 1,65% en peso sin embargo en nuestro trabajo de investigación utilizamos concentraciones mucho más elevadas de entre 20 a 25% esto debido que mostraba una mayor cohesión de las láminas al momento de sumergirlos en baño de coagulación en ácido sulfúrico al 5%.

Las celdas solares que se han utilizado en nuestro trabajo de estudio fueron construidos a base de nanocelulosa de algodón donde el procedimiento para su obtención no requiere de materiales costosos y de diversos procesos por lo que muestran tener un bajo costo y son eficientes para diversos usos aparte de la elaboración de celdas, por otro lado GALICIA (2016) realizó la fabricación y caracterización de celdas solares a base de nanopartículas de titanio con modificación en NiO cuyo objetivo es contribuir al desarrollo de alternativas en fuentes de energía que promuevan el desarrollo y las necesidades de la población donde el costo de sus insumos es más elevado y requieren de mayores procesos para la obtención de sus resultados.

El cobre es muy eficiente en la conducción de energía, es por ello que se utilizó el cobre como componente para que nuestras celdas solares obtengan los valores eléctricos obteniendo buenos resultados especialmente en la medición del voltaje, esto es respaldado por COLOMBO et. al (2021) en “Complejos de cobre como mediadores redox alternativos en celdas solares sensibilizadas con tinte” donde menciona que en los últimos 5 años varias celdas solares que utilizan como componente el cobre como mediadores redox pudieron alcanzar una excelente eficiencia al momento de convertir el fotón en corriente eléctrica incluso superando en ocasiones a la obtenida con la clásica pareja de yoduro/triyoduro. Además, que el cobre como semiconductor de la luz solar a electricidad tiene un costo 10 veces menor que las celdas a base de silicio cristalino que son más comunes y se venden en el mercado.

Según ZHANG et.al (2017) en “ Preparación de película compuesta de polianilina a base de nanocelulosa y su aplicación en dispositivo electrónico” , las películas tienen una área de 3 x 2.5 cm, peso de 1.07 - 0.63 g, espesor de 0.04 cm y biodegradabilidad de 5 s en cambio en nuestro trabajo de estudio las propiedades de las 15 láminas de nanocelulosa a base de algodón para su utilización como celdas tuvieron un peso rango de 0.40 -0.90 g, un área de 7.3 x 2.3 cm, espesor de rango de 0.1- 0.3 cm y su biodegradabilidad de rango de 1 min a 1. 38 min de duración al método del flameo, esto debido que la nanocelulosa que utilizamos fue de mayor concentración y poca cantidad de agua a diferencia de las películas del autor que obtuvo la nanocelulosa

más transparente sin embargo siguen siendo más eficientes que la biodegradabilidad del silicio que demoran años en degradarse.

Mendoza y Ñahui (2019) en “Utilización de celdas solares sensibilizadas con colorantes de mora (*Rubus glaucus*) y zapallo (*Cucurbita máxima*) para la generación de energía eléctrica” se utilizó colorantes de las especies de mora y zapallo mostrando en cada celda un rango de voltaje de 0.26 - 0.45 V en cambio en nuestra investigación mediante la utilización de la nanocelulosa de algodón obtuvimos un rango de voltaje variado por cada celda Cucúrbita, la diferencia es resultado de las 3 diseños de trazado de cobre (quipus, pentagrama y escalera) que se realizaron en 5 celdas por cada diseño por lo tanto se obtuvo un rango de voltaje de 0.23 - 0.31 V en las celdas diseño de quipus, 0.31 - 0.63 V en las celdas de diseño de pentagrama y 0.21 - 0.38 V en las celdas de diseño de escalera.

Se elaboró 15 celdas solares donde 5 celdas fueron con trazado de cobre en forma de escaleras, 5 en forma de quipus y 5 en forma de pentagramas esto se realizó con el fin de observar qué tipo de trazado en la celda genera mayor energía captando la radiación del foco led de 12 watts, sin embargo 14 celdas generaron un voltaje en un rango de 0.2 V - 0.4 V mientras que 1 celda obtuvo un mayor voltaje de 0.63 V lo que corresponde a una eficiencia de 0.16% respecto al trazado en forma de pentagrama por lo cual se evidencia que este tipo de trazado es el diseño de mayor porcentaje de energía, en cambio GAO et.al (2019) en “Células solares de perovskita a base de papel de nanocelulosa flexibles y transparentes” en el cual también utilizó algodón como sustrato para las celdas solares de perovskita obtuvo un rango de voltaje de 0.51 V - 0.59 V y su eficiencia encontrada fue de 4.25%, esto debido que utiliza también como componente de las celdas la perovskita.

VI. CONCLUSIONES

La evaluación se realizó de forma completa demostrando mediante pocos procesos como las celdas solares de nanocelulosa son capaces de generar energía eléctrica, se comprueba a través de las cantidades de voltaje y amperaje que cada celda solar llegó a emitir en un tiempo establecido de 20 minutos, siendo el mayor valor la celda 6 con 0.63 V y 0.0005 A y el de menor valor la celda 15 con 0.21 V y 0.0000023 A, la nanocelulosa es un material conductor de electricidad debido que complementan la eficiencia de la captación de la luz solar para generar energía eléctrica en las celdas por lo tanto puede ser implementado como sustrato en las celdas solares.

La cantidad de voltaje que se obtuvo de las 15 celdas solares de nanocelulosa varían respecto a la forma del trazado con nanopartículas de cobre que fue en 3 diversas formas (escalera, quipus, pentagrama) aplicados cada 5 celdas, las celdas en forma de escaleras se obtuvo un voltaje en rango de 0.21 – 0.38 V, las celdas en forma de quipus se obtuvo un voltaje en rango de 0.23 – 0.31 V y las celdas en forma de pentagrama se obtuvo los valores de voltaje más altos entre un rango de 0.31 – 0.63 V y la cantidad de amperaje que se obtuvo de las 15 celdas solares de nanocelulosa varían respecto a la forma del trazado con nanopartículas de cobre que fue en 3 diversas formas (escalera, quipus, pentagrama) aplicados cada 5 celdas, las celdas en forma de escaleras se obtuvo un amperaje en promedio de 0.00000378 A, las celdas en forma de quipus se obtuvo un amperaje en promedio de 0.00000788 A y las celdas en forma de pentagrama se obtuvo los valores de amperaje más altos obteniendo un promedio de 0.0000294 A.

La eficiencia energética de las 15 celdas solares resultó ser muy moderadas sin embargo la implementación de otros materiales y reactivos como los electrolitos pueden aumentar su eficiencia debido que la nanocelulosa es un gran material conductor de energía, la celda 6 con 0.63 V y 0.00005 A es quien produce una mejor eficiencia de energía eléctrica de 0.16 %.

El tipo de trazado de cobre que mayor cantidad de voltaje y amperaje nos rindió fue el diseño en forma de pentagrama, con un promedio de 43 % de aporte de energía entre los 3 diseños por lo tanto se concluye que este diseño es el más indicado para ser implementado como trazado de cobre para las celdas solares de nanocelulosa.

VII. RECOMENDACIONES

- Recortar las fibras de algodón en trozos más pequeños antes de empezar con la etapa 2 para mejorar los resultados del proceso de eliminación de impurezas y el blanqueamiento.
- Realizar la medición del voltaje y amperaje de las celdas solares de nanocelulosa en una época soleada donde los rayos del sol sean muy intensos.
- Usar colorantes naturales procedentes de especies vegetales para servir de complemento a la nanocelulosa respecto al aumento de la eficiencia captando la energía solar para su posterior transformación a energía eléctrica.
- Continuar con las investigaciones respecto al beneficio de la nanocelulosa para su uso como sustrato conductor de energía en las celdas solares debido a que son muy abundantes en la naturaleza, requieren menores gastos y generan pocos residuos a diferencia de otros materiales conductores como el silicio.
- Los equipos de seguridad de laboratorio son muy importantes (mascarilla, bata, lentes de seguridad y guantes) especialmente en el proceso de la nanocelulosa y elaboración de las láminas donde se utilizan reactivos inflamables.
- Es recomendable revisar la metodología de varios artículos de investigación para encontrar la más adecuada que nos brinde mejores resultados y menor costo.

- Realizar la medición del voltaje y amperaje de las celdas solares de nanocelulosa mediante el uso del multímetro digital ya que nos proporcionará datos más correctos y de fácil apunte a nuestras fichas.
- La luz solar al no estar presente por la estación de invierno, realizar las mediciones del voltaje y amperaje en las celdas con la luz eléctrica mientras más cerca mejor en este caso es de gran utilidad el uso de una lámpara.
- Los lados de las láminas de nanocelulosa además de sujetarlos con cinta para evitar que se encojan otra alternativa es poner encima otra placa de vidrio para que mantenga su tamaño y la superficie de las láminas sea más lisa y uniforme.

REFERENCIAS

ARBAB, Alvira, MENGAL, Naveed, SAHITO, Iftikhar, MEMON, Anam, JEONG, Sung. An organic route for the synthesis of cationic porous graphite nanomaterial used as photocatalyst and electrocatalyst for dye-sensitized solar cell [en línea]. Marzo 2018, n.º 266. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013468618302949>

BANCO MUNDIAL. Banco Mundial. 29 de noviembre del 2017. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/results/2017/11/29/solar>

BID Invest. Elizabeth Robberechts. 14 de agosto del 2020. Disponible en <https://www.idbinvest.org/es/blog/energia/cuatro-paises-que-lideran-en-energia-solar-en-america-latina-y-el-caribe>

BULNES, Camilo y BROWN, Roberto. Energía del sol. Revista mexicana de Ciencia [en línea]. Abril-junio 2010, n.º 4. [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf

CAF. Banco de desarrollo de América Latina. 17 de agosto del 2015. Disponible en: <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2015/08/energia-solar-tipos-de-generacion-en-america-latina/>

CARILLO, José y MORALES, Jesús. Estudio para la electrificación con energías alternativas, utilizando celdas voltaicas para electrificar el poblado de Cañada Colorada, Municipio de Apaxco, Estado de México. Tesis (Ingeniero Electricista). México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2009. Disponible en: https://node1.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/000/074/74471.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=7PKKQ3DUV8RG19BL%2F20211021%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20211021T115108Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=600&X-Amz-Signature=7810801cf448ea8a599c38cb8e0436a3a2870c0b6bcda0db2426066b67e87d45

CASTRO, Carlos y DELGADO, Filemón. INEEL. Revista mexicana de Energías Limpias [en línea]. Abril-junio 2016, n.º IIE. [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.ineel.mx/boletin022016/divulga.pdf>

Cómo es la colosal primera planta de energía termosolar de América Latina que Chile inauguró en el desierto de Atacama [en línea]. BBC NEWS Mundo. 15 de junio del 2021. [Fecha de consulta: 02 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-57489950>

COLOMBO, Alessia, et al. Copper complexes as alternative redox mediators in dye-sensitized solar cells [en línea]. *Molecules*, 2021, vol. 26, no 1, p. 194. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/1/194>.

COSTA Saionara Vilhegas, Patricio Pingel, Silvia Janietz, Ana Flavia Nogueira. Inverted organic solar cells using nanocellulose as substrate [en línea]. 2016, vol. 133, no 28. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/301251827Inverted organic solar cells using nanocellulose as substrate](https://www.researchgate.net/publication/301251827Inverted_organic_solar_cells_using_nanocellulose_as_substrate)

DÍAZ-BRAVO, Laura, et al. La entrevista, recurso flexible y dinámico [en línea]. *Investigación en educación médica*, 2013, vol. 2, no 7, p. 162-167. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-50572013000300009&script=sci_arttext.

DHALI, Kinshuk, GHASEMLOU, Mehran, DAVER, Fugen, CASS, Peter, ADHIKARI, Benu. A review of nanocellulose as a new material towards environmental sustainability. *Science of The Total Environmet* [en línea]. Junio 2021, n. °775. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721009384#bb0710>

PLANAS ORIOL. Energía solar. Planas Oriol. 03 de octubre de 2019. Disponible en: <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar>

NANDWANI SHYAM. Energía Solar Conceptos Básicos y su Utilización. [En línea]. Costa Rica. [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2021]. Disponible en: https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-27_10-14-37105995.pdf

ENEL. Enel. 17 de marzo del 2018. Disponible en: <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/rubi-la-central-solar-de-enel-mas-grande-del-peru.html>

GALICIA TORALVA, María; SOLÍS, José L.; GÓMEZ, Mónica M. Fabricación y caracterización de celdas solares sensibilizadas de TiO₂ modificado con

nanopartículas de NiO [en línea]. Revista de la Sociedad Química del Perú, 2016, vol. 82, no 1, p. 87-99.

Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000100009

GAO Lei, et al. Flexible, transparent nanocellulose paper-based perovskite solar cells, *npi Flexible Electronics* [en línea]. 2019, vol 3. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2021].

Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41528-019-0048-2>

GÓMEZ-RÍOS, María del Carmen; JUÁREZ-LUNA, David. Costo de generación eléctrica incorporando externalidades ambientales: Mezcla óptima de tecnologías de carga base [en línea]. *Revista mexicana de economía y finanzas*, 2019, vol. 14, no 3, p. 353-377. [Fecha de consulta: 18 de julio de 2022].

Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-53462019000300353&script=sci_arttext.

HU, Liangbing, et al. Transparent and conductive paper from nanocellulose fibers [en línea]. *Energy & Environmental Science*, 2013, vol. 6, no 2, p. 513-518. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2022].

Disponible

en:

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/ee/c2ee23635d/unauth>

ANDINA. Implementan sistema de energía solar en Instituto de Ingenieros de Minas del Perú [en línea]. 05 de noviembre del 2020. [Fecha de consulta: 02 de octubre del 2021]. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-implementan-sistema-energia-solar-instituto-ingenieros-minas-del-peru-820340.aspx>

KLEMM, Dieter, et al. Nanocelluloses: a new family of nature-based materials [en línea]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2011, vol. 50, no 24, p. 5438-5466. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2022].

Disponible en:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/anie.201001273>

KLOCHKOA, N, BARBASHB, V, KLEPIKOVAA, K, KOPACHAL, V, TYUKHOVC, I, YASHCENKOB, O, ZHADANA, D, PETRUSHENKOD, S, DUKAROV, S, SUKHOVD, V, KHRYPUNOVAA, A. Biodegradable flexible transparent films with

copper iodide and biomass-derived nanocellulose for ultraviolet and high-energy visible light protection [en línea]. Mayo 2021, n.º 220. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X21002954>

LASRADO, Dylan, AHANKARI, Sandeep, KAR, Kamal. Nanocellulose-based polymer composites for energy applications- A review [en línea]. 2020, vol. 13, no. 27, p. 48 959. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/app.48959>

LI, Shaohui; LEE, Pooi See. Development and applications of transparent conductive nanocellulose paper [en línea]. Science and Technology of advanced MaTerialS, 2017, vol. 18, no 1, p. 620-633. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14686996.2017.1364976>

LÓPEZ VERNET, Alejandro. Hybrid solar cells based on nanocellulose and titania nanoparticles [en línea]. 2017. Tesis de Licenciatura. Universitat Politècnica de Catalunya. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/108472>

LOZADA, Jose. Investigación Aplicada Definición: Propiedad Intelectual e Industria [en línea]. 2014, n.º 3. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

MAZLOUM-ARDAKANI, Mohammad, et.al. Synthesis and application of Fe₃O₄ nanocellulose/TiCl as a nanofiller for high performance of quasi solid-based dye-sensitized solar cells [en línea]. 2019, vol.43, no.9, p.4483-4494. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/er.4576>

MENDOZA ALEJO, Belia Emperatriz; ÑAHUI MACHUCA, Paul Edison. Utilización de celdas solares sensibilizadas con colorantes de mora (*Rubus glaucus*) y zapallo (*Cucurbita maxima*) para la generación de energía eléctrica [en línea]. 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49640>.

MOORE, Katherine y WEI, Wei. Applications of carbon nanomaterials in perovskite solar cells for solar energy conversion [en línea]. Septiembre 2021, n.º 3. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589965121000167#coi0010>

OTÁLORA, Camilo. Desarrollo de Materiales usados en la fabricación de Celdas Solares Orgánicas. Tesis (Maestría en Ciencias-Química). Colombia: Universidad

Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, 2013. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21889/camiloandresotalora.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PAZ, Maria y SALAS, Silvia. Celdas solares orgánicas para generar energía eléctrica a base de grafeno a nivel laboratorio– 2019. Tesis (Ingeniero Ambiental). Perú: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2019. Disponible en: Celdas solares orgánicas para generar energía eléctrica a base de grafeno a nivel laboratorio– 2019 (ucv.edu.pe)

POSKELA, Aapo, et.al. Nanocellulose and nanochitin cryogels improve the efficiency of dye solar cells [en línea].2019, vol.7, no 12, p. 10257-10265. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acssuschemeng.8b06501>

PRATIMA, Pulp and Paper Industry: Nanotechnology in Forest Industry [en línea]. 2017, vol.1, p. 172. ISBN: 978-0-12-811101-7. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=RsDkDAAQBAJ&pg=PA172&dq=nanocellulose+cell+solar&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjqxp66vbD3AhVRGbkGHSCrBHUQ6AF6BAgJEAl#v=onepage&q=nanocellulose%20cell%20solar&f=false>

PUCP. Grupo de apoyo al sector rural. 01 de marzo del 2017. Disponible en: <https://gruporural.pucp.edu.pe/nota/el-desarrollo-de-la-energia-solar-en-el-peru/>

RAMOS, Humberto y LUNA, Rafael. Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca. Tesis (Maestría en Energías Renovables). México: Universidades Tecnológicas y Politécnicas, 2014. Disponible en: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/521/1/Tesis%20Rafael%20Luna%20Puente%2C%20Humberto%20Ramos%20L%C3%B3pez.pdf>

RANJAN, Prabhat y CHAKRABORTY, Tanmoy. A computational study of chalcopyrite-type nanomaterials for solar cell applications [en línea]. Junio 2021, n.º 127. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136980012100086X>

SIERRA, Natalia. El concepto de energía y sus transformaciones como medio de desarrollo de la sociedad. Tesis (Licenciada en Física). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, 2020. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/5641>

TRT español. Corporación Turca de Radio y Televisión. 12 de febrero del 2015. Disponible en: <https://www.trt.net.tr/espanol/por-un-mundo-mejor/2015/02/12/la-importancia-de-la-energia-solar-216925>

WHITE, Howard, et al. Diseño y métodos cuasiexperimentales [en línea]. Síntesis metodológica: evaluación de impacto, 2014, vol. 8. Disponible en: <https://www.unicef-irc.org/publications/pdf/MB8ES.pdf>.

WU, Jingda y LIN, Lih. Ultrathin (<1µm) Substrate-Free Flexible Photodetector on Quantum Dot-Nanocellulose Paper [en línea]. Marzo 2017, n.º 43898. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/srep43898#citeas>

ZHANG, Sihang, et al. Preparation of nanocellulose-based polyaniline composite film and its application in electrochromic device [en línea]. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2017, vol. 28, no 14, p. 10158-10165. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10854-017-6778-9>.

ZHOU, Yinhua, et al. Recyclable organic solar cells on cellulose nanocrystal substrates [en línea]. Scientific reports, 2013, vol. 3, no 1, p. 1-5. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/srep01536.pdf>

ANEXOS

Anexo A: Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Dependiente: Generación de energía eléctrica	La transformación de cierto tipo de energía a la energía eléctrica ya sea convencional como renovables mediante plantas de generación de energía, cuyo propósito es abastecer la demanda del consumo provenientes del hombre y sus actividades económicas. (GOMEZ, 2019)	Se genera energía eléctrica mediante métodos más compatibles con el ambiente (energías renovables), a través de la utilización del sol	Cantidad de voltios y amperios Producción de energía eléctrica	Voltios (V) Amperios (A) % eficiencia energética	Kwh

<p>Independiente: Celdas solares con nanocelulosa</p>	<p>Dispositivos eléctricos que utilizan la nanocelulosa como sustratos por su gran abundancia, biodegradabilidad y fácil conducción de eléctrica (COSTA et al, 2016)</p>	<p>Se procede a extraer la nanocelulosa de la especie vegetal, posteriormente se realizará la elaboración de láminas conductoras a base de nanofibras con revestimiento de resina acrílica, finalmente se hace.</p>	<p>Características de las celdas solare</p> <p>Tipo de trazado cobre</p>	<p>Peso Grosor Longitud Biodegradabilidad</p> <p>Pentagrama Escaleras Quipus</p>	<p>De razón</p>
----------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------

Anexo B. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
E1: Recolección de las muestras de materia vegetal	Mercado Mayorista	Observación	Registro de datos N.1 Registro de recolección de muestras	Toma de muestra representativa
E2: Extracción de la nanocelulosa	Laboratorio	Experimentación	Registro de datos N.2 Características de la nanocelulosa	Muestra de la nanocelulosa
E3: Fabricación de láminas de nanocelulosa	Laboratorio	Experimentación	Registro de datos N.3 Fases de preparación de las láminas de nanocelulosa.	Láminas de nanocelulosa
E4: Incorporación del cobre a la lámina de nanocelulosa	Laboratorio	Experimentación	Registro de datos N.4 Implementación de nanocompuestos de cobre para la elaboración de celdas solares	Celdas solares con sustrato de nanocelulosa y nanocompuestos de cobre
E5: Evaluación de la lámina de nanocelulosa	Laboratorio	Experimentación	Registro de datos N.5 Propiedades de las láminas de nanocelulosa	Análisis e interpretación de resultados
E6: Rendimiento del voltaje en la celda solar	Laboratorio	Experimentación	Registro de datos N.6 Capacidad energética de las celdas solares	Celdas solares con sustrato de nanocelulosa con gran capacidad de energía

Anexo C. Instrumentos validados

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres:

Ing. Juan Julio Ordoñez Galvez

Cargo e institución donde labora:

Docente de la Universidad Cesar Vallejo

1.2. Especialidad o línea de investigación:

Ingeniería Ambiental

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

Ficha 1. Registro de recolección de muestras de materia vegetal.

Ficha 2. Características de la nanocelulosa

Ficha 3. Fases de preparación de las láminas de nanocelulosa

Ficha 4. Implementación de nanocompuestos de cobre a las láminas de nanocelulosa para la elaboración de celdas solares

Ficha 5. Propiedades de las láminas de nanocelulosa

Ficha 6. Rendimiento del voltaje en la celda solar

1.4. Autor(A) de Instrumento:

Cahuana CCasa Rolando

Tomas Ochoa Vanesa

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

SI

90%

Juan Julio Ordoñez Galvez

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

22

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres:

Ing. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar

Cargo e institución donde labora:

Docente de la Universidad Cesar Vallejo

1.2. Especialidad o línea de investigación:

Ingeniería Ambiental

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

Ficha 1. Registro de recolección de muestras de materia vegetal.

Ficha 2. Características de la nanocelulosa

Ficha 3. Fases de preparación de las láminas de nanocelulosa

Ficha 4. Implementación de nanocompuestos de cobre a las láminas de nanocelulosa para la elaboración de celdas solares

Ficha 5. Propiedades de las láminas de nanocelulosa

Ficha 6. Rendimiento del voltaje en la celda solar

1.4. Autor(A) de Instrumento:

Cahuana CCasa Rolando

Tomas Ochoa Vanesa

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

X

Lima, 04 de Julio del 2022


Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres:

Ing. Luis Fermín Holguín Aranda

Cargo e institución donde labora:

Docente de la Universidad Cesar Vallejo

I.2. Especialidad o línea de investigación:

Ingeniería Ambiental

I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

Ficha 1. Registro de recolección de muestras de materia vegetal.

Ficha 2. Características de la nanocelulosa

Ficha 3. Fases de preparación de las láminas de nanocelulosa

Ficha 4. Caracterización de las láminas de nanocelulosa con nanocompuestos metálicos

Ficha 5. Propiedades de las láminas de nanocelulosa

Ficha 6. Implementación de nanocompuestos de cobre a las láminas de nanocelulosa para la elaboración de celdas solares

I.4. Autor(A) de Instrumento:

Cahuana CCasa Rolando

Tomas Ochoa Vanesa

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

X

85%

Lima, 06 de julio del 2022


**LUIS FERMIN
HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. N° 111614**

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP. ...111614....

DNI No41259267. Telf.:901660804

C.1 Registro de recolección de muestras de materia vegetal

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		REGISTRO DE DATOS N.1		
Registro de recolección de muestras de materia vegetal.				
Responsable:	Cahuana CCasa Rolando Tomas Ochoa Vanesa Esthephany			
Fecha:	18 de mayo del 2022		Hora:	12:02
Muestra	Fuentes de la nanocelulosa	Zona de recolección	Ubicación (Coordenadas UTM)	Cantidad de muestra (Kg)
1	Algodón Tanguis	Av. Alameda Los Cedros 303, Chorrillos	18L 280939 8650029	500 g

C.2. Ficha de características de nanocelulosa

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		REGISTRO DE DATOS N°2						
Características de la nanocelulosa								
Responsable: Cahuana CCasa Rolando								
Tomas Ochoa Vanesa Esthephany								
Fecha:		19 de mayo del 2022			Hora:		10:15	
Muestra	Fuente de la nanocelulosa	Cantidad de NaOH	Concentración de H ₂ O ₂	Urea (g)	Hidróxido de sodio (g)	Agua destilada	Temperatura (°C)	Tiempo de centrifugación
1	Algodón Tanguis - 4g	40g	4%	12 g	7 g	100 mL	-6°C	10 min
2	Algodón Tanguis - 4g	40g	4%	12 g	7g	100 mL	-6°C	10 min
3	Algodón Tanguis - 4g	40g	4%	12 g	7g	100 mL	-6°C	10 min

C.3. Fases de preparación de las láminas de nanocelulosa

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		REGISTRO DE DATOS N°3		
Fases de preparación de las láminas de nanocelulosa				
Responsable: Cahuana Ccasa Rolando				
Tomas Ochoa Vanesa Esthephany				
Fecha:	22 de junio del 2022		Hora:	5:00 PM
Muestra	Fuente de la nanocelulosa	Solución de la nanocelulosa (%)	Tiempo sumergido (min)	Tiempo de secado (min)
1	Algodón Tanguis	20-25%	5 min	2880 min
2	Algodón Tanguis	20-25%	5 min	2880 min
3	Algodón Tanguis	20-25%	5 min	2880 min

C.4. Implementación de nanocompuestos de cobre para la elaboración de celdas solares

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		REGISTRO DE DATOS N.4								
Implementación de nanocompuestos de cobre a las láminas de nanocelulosa para la elaboración de celdas solares										
Responsable: Cahuana CCasa Rolando										
Tomas Ochoa Vanesa Esthephany										
Fecha:	23 de junio del 2022			Hora:	8:00 AM					
Muestra	Fuente de nanocelulosa	Ácido Ascórbico (g)	Sulfato de cobre (g)	Tiempo de curación °C	Tipo de trazado					
1	Algodón Tanguis - 5 láminas	5 g	4.51 g	33°C	Quipus		Pentagrama		Escalera	
2	Algodón Tanguis - 5 láminas	5 g	4.51 g	33°C	Quipus		Pentagrama		Escalera	
3	Algodón Tanguis - 5 láminas	5 g	4.51 g	33°C	Quipus		Pentagrama		Escalera	

C.5. Ficha de evaluación de la lámina de nanocelulosa

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		REGISTRO DE DATOS N.5				
Propiedades de las láminas de nanocelulosa						
Responsable: Cahuana CCasa Rolando						
Tomas Ochoa Vanesa Esthephany						
Fecha:	24 de junio de 2022	Hora:	9:22 AM			
Muestra	Fuente de la nanocelulosa	Peso (g)	Longitud (cm)	Espesor (cm)	Cantidad de voltaje (V)	Biodegradabilidad (t)
1	Algodón Tanguis	0.77 g	7.2 cm	0.3 cm	0.24 V	1:00 min
2	Algodón Tanguis	0.42 g	7.2 cm	0.2 cm	0.23 V	1:20 min
3	Algodón Tanguis	0.72 g	7.2 cm	0.2 cm	0.31 V	1:38 min
4	Algodón Tanguis	0.97 g	7.2 cm	0.2 cm	0.29 V	1:10 min
5	Algodón Tanguis	0.90 g	7.2 cm	0.3 cm	0.23 V	1:22 min
6	Algodón Tanguis	1.03 g	7.2 cm	0.2 cm	0.63 V	1:24 min
7	Algodón Tanguis	0.23 g	7.2 cm	0.1 cm	0.52 V	1:32 min
8	Algodón Tanguis	0.87 g	7.2 cm	0.1 cm	0.31 V	1: 33 min
9	Algodón Tanguis	0.78 g	7.2 cm	0.1 cm	0.31 V	1:07 min
10	Algodón Tanguis	1 g	7.2 cm	0.2 cm	0.36 V	1:12 min
11	Algodón Tanguis	0.42 g	7.2 cm	0.2 cm	0.32 V	1:23 min
12	Algodón Tanguis	0.41 g	7.2 cm	0.1 cm	0.27 V	1:34 min
13	Algodón Tanguis	0.70 g	7.2 cm	0.2 cm	0.26 V	1:30 min
14	Algodón Tanguis	0.93 g	7.2 cm	0.1 cm	0.38 V	1:22 min
15	Algodón Tanguis	0.54 g	7.2 cm	0.1 cm	0.21 V	1:29 min

C.6. Ficha de rendimiento del voltaje en la celda solar

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		REGISTRO DE DATOS N.6			
Rendimiento del voltaje en la celda solar					
Responsable: Cahuana CCasa Rolando					
Tomas Ochoa Vanesa Esthephany					
Fecha:	01 de julio de 2022		Hora:	3:18 PM	
Muestra	Fuente de la nanocelulosa	Resistencia interna del voltímetro (DCV)	Resistencia interna del amperímetro (DCA)	Voltaje en el punto de máxima potencia (V)	Eficiencia (%)
1	Algodón Tanguis	272.4 mV	2.8 uA	0.24 V	0,002
2	Algodón Tanguis	228.3 mV	12.1 uA	0.23 V	0,002
3	Algodón Tanguis	310 mV	8.3 uA	0.31 V	0,007
4	Algodón Tanguis	294.7 mV	10.5 uA	0.29 V	0,004
5	Algodón Tanguis	231.3 mV	5.8 uA	0.23 V	0,004
6	Algodón Tanguis	625.1 mV	50.5 uA	0.63 V	0,16
7	Algodón Tanguis	317.6 mV	4.8 uA	0.52 V	0,01
8	Algodón Tanguis	309.4 mV	25.6 uA	0.31 V	0,04
9	Algodón Tanguis	310.4 mV	32.1 uA	0.31 V	0,05
10	Algodón Tanguis	355.5 mV	34.5 uA	0.36 V	0,06
11	Algodón Tanguis	318 mV	2.6 uA	0.32 V	0,004
12	Algodón Tanguis	273.9 mV	7.5 uA	0.27 V	0,005
13	Algodón Tanguis	216.1 mV	3.1 uA	0.26 V	0,007
14	Algodón Tanguis	379.3 mV	3.4 uA	0.38 V	0,007
15	Algodón Tanguis	213.4 mV	2.3 uA	0.21 V	0,002



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Generación de energía eléctrica a través de celdas solares con nanocelulosa", cuyos autores son CAHUANA CCASA ROLANDO, TOMAS OCHOA VANESA ESTHEPHANY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, 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 la 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, 09 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO DNI: 18120253 ORCID: 0000-0003-2526-112X	Firmado electrónicamente por: VALVERDE el 22-07- 2022 16:40:28

Código documento Trilce: TRI - 0331302