



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“EFICIENCIA DE LAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS  
NANOESTRUCTURADAS A BASE DE DIÓXIDO DE  
TITANIO, SENSITIVIZADAS CON PIGMENTOS  
NATIVOS PERUANOS, EN CHACLACAYO – 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**RODOLFO GERARDO ISRAEL SILVA PEREYRA**

**ASESOR:**

**Dr. ELMER BENITES ALFARO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD**

**LIMA – PERÚ**

**2018**

## Página de jurado

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

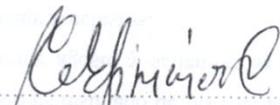
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don  
(a) SILVA PEREYRA, Rodolfo Gerardo Israel

cuyo título es:

'Eficiencia de las células fotovoltaicas nanoestructuradas  
a base de dióxido de Titanio, sensitizadas con pigmentos  
nativos peruanos, en Chacabayo - 2018'

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por  
el estudiante, otorgándole el calificativo de: 1.8 (número)  
DIECIOCHO (letras).

Los Olivos, 13 de Dic del 2018.

  
PRESIDENTE

  
SECRETARIO



  
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## **Dedicatoria**

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi familia a mis padres a mi hermano y a todos mis tíos; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. Y con especial afecto a mi asesor de tesis el Dr. Elmer Benites Alfaro y a la Universidad César Vallejo, por su guía y apoyo durante todo el proceso de desarrollo de esta tesis.

## Declaratoria de autenticidad

Yo, Rodolfo Gerardo Israel Silva Pereyra, con DNI N° 76591981, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación es auténtica y veraz.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la tesis son auténticos y veraces.

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

Lima, diciembre del 2018



---

Silva Pereyra, Rodolfo Gerardo Israel

DNI: 76591981

## **Presentación**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes mi tesis titulada “Eficiencia de las células fotovoltaicas nanoestructuradas a base de dióxido de titanio, sensibilizadas con pigmentos nativos peruanos, en Chaclacayo – 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

Rodolfo Gerardo Israel Silva Pereyra

## ÍNDICE

Página de jurado .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Presentación.....	vi
ÍNDICE .....	vii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad Problemática .....	4
1.2. Trabajos previos .....	5
1.2.1. A nivel local .....	5
1.2.2. A nivel internacional.....	8
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	12
1.3.1. Células Fotovoltaicas .....	12
1.3.1.1. Cálculo de la concentración .....	14
1.3.1.2. Cálculo de la potencia .....	14
1.3.2. Antocianinas .....	14
1.3.3. Eficiencia Energética .....	15
1.3.4. Eficiencia Energética de la célula fotovoltaica .....	15
1.3.5. Eficacia Energética .....	16
1.3.6. Influencia.....	16
1.3.7. Irradiación .....	17
1.3.8. Titanio .....	18
1.3.8.1. Propiedades básicas.....	18
1.3.9. Dióxido De Titanio .....	19
1.3.10. Espectrometría de Rayos X .....	20
1.4. Formulación del problema.....	22
1.4.1. Problema general .....	22
1.4.2. Problemas específicos .....	22
1.5. Justificación del estudio .....	23
1.5.1. Justificación teórica .....	23
1.5.2. Justificación socio-ambiental .....	23
1.6. Hipótesis .....	24
1.6.1. Hipótesis general.....	24
1.6.2. Hipótesis específicas .....	24

1.7.	Objetivos .....	24
1.7.1.	Objetivo general.....	24
1.7.2.	Objetivos específicos .....	24
II.	MÉTODO.....	26
2.1.	Diseño de investigación .....	27
2.1.1.	Tipo.....	27
2.1.2.	Diseño .....	27
2.1.3.	Descripción de las etapas .....	28
2.2.	Variables, operacionalización .....	35
2.2.1.	Variable independiente.....	35
2.2.2.	Variable dependiente.....	35
2.3.	Población y muestra .....	37
2.3.1.	Muestreo.....	37
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	37
2.4.1.	Técnicas.....	37
2.4.2.	Instrumentos .....	37
2.4.3.	Validez .....	37
2.4.4.	Confiabilidad .....	37
2.4.4.1.	Ficha de registro de análisis de laboratorio.....	38
2.4.4.2.	Ficha de registro de elaboración de prototipos .....	38
2.4.4.3.	Ficha de recolección de datos .....	38
2.4.5.	Equipos e insumos .....	39
2.5.	Métodos de análisis de datos.....	39
2.6.	Aspectos éticos.....	39
2.7.	Turnitin.....	39
III.	RESULTADOS.....	40
3.1.	Caracterización del dióxido de titanio .....	41
3.2.	Elaboración de los prototipos .....	41
3.3.	Prueba de los prototipos.....	42
3.3.1.	Prototipo 1 .....	42
3.3.2.	Prototipo 2 .....	43
3.3.3.	Prototipo 3 .....	44
3.3.4.	Prototipo 4 .....	45
3.3.5.	Prototipo 5 .....	46
3.3.6.	Prototipo 6 .....	47
3.3.7.	Prototipo 7 .....	48
3.3.8.	Prototipo 8 .....	49

3.3.9.	Prototipo 9 .....	50
3.3.10.	Prototipo 10 .....	51
3.4.	Análisis estadístico.....	52
IV.	DISCUSIÓN .....	54
V.	CONCLUSIONES .....	57
VI.	RECOMENDACIONES.....	59
VII.	REFERENCIAS .....	61
	ANEXOS.....	68
	<b>Anexo 1.</b> Primer instrumento .....	69
	<b>Anexo 2.</b> Validación 1 del primer instrumento .....	70
	<b>Anexo 3.</b> Validación 2 del primer instrumento .....	71
	<b>Anexo 4.</b> Validación 3 del primer instrumento .....	72
	<b>Anexo 5.</b> Segundo instrumento .....	73
	<b>Anexo 6.</b> Validación 1 del segundo instrumento.....	74
	<b>Anexo 7.</b> Validación 2 del segundo instrumento.....	75
	<b>Anexo 8.</b> Validación 3 del segundo instrumento.....	76
	<b>Anexo 9.</b> Tercer instrumento.....	77
	<b>Anexo 10.</b> Validación 1 del segundo instrumento.....	78
	<b>Anexo 11.</b> Validación 2 del segundo instrumento.....	79
	<b>Anexo 12.</b> Validación 2 del segundo instrumento.....	80
	<b>Anexo 13.</b> Valor mensual promedio con cielo despejado de Chaclacayo a 22 años de monitoreo 81	
	<b>Anexo 14.</b> Valor mensual promedio de Chaclacayo a 22 años de monitoreo .....	83
	<b>Anexo 15.</b> Certificado de acceso a laboratorios .....	85
	<b>Anexo 16.</b> Índice de similitud - Turnitin .....	86
	<b>Anexo 17.</b> Acta de aprobación de la tesis.....	87
	<b>Anexo 18.</b> Formulario de autorización electrónica de tesis .....	88
	<b>Anexo 19.</b> Autorización de la Versión final de la Tesis.....	89

## RESUMEN

En el presente trabajo se hicieron pruebas y comparación de prototipos de celdas fotovoltaicas de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), sensibilizadas por colorantes nativos peruanos de Aguaymanto (*Physalis peruviana*) y Camu Camu (*Myrciaria dubia*) respecto a la eficiencia que producían. El objetivo de la investigación es presentar nuevas propuestas de colorantes de menor costo y mayor eficiencia para la tecnología de células solares sensibilizadas. Se desarrollaron 10 prototipos que variaban en su tipo y tiempo de exposición al colorante, midiendo, comparando e identificando finalmente el prototipo con mayor eficiencia. Si bien los prototipos presentaban comportamientos similares respecto a sus características de fabricación, se halló que el prototipo desarrollado con mayor porcentaje de eficiencia fue el que tuvo un tiempo de exposición de 2h 39m 11.07s al pigmento de Aguaymanto obteniendo un valor medio de 2.33E-6 % de eficiencia.

**Palabras-clave:** celdas fotovoltaicas sensibilizadas, colorantes nativos peruanos, eficiencia energética

## ABSTRACT

In the present work tests and comparison of prototypes of photovoltaic cells of titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) were made, sensitized by native Peruvian dyes of Aguaymanto (*Physalis peruviana*) and Camu Camu (*Myrciaria dubia*) with respect to the efficiency they produced. The aim of the research is to present new proposals of lower cost and higher efficiency for the technology of sensitized solar cells. Ten prototypes were developed that varied in their type and time of exposure to the dye, measuring, comparing and finally identifying the prototype with greater efficiency. Although the prototypes presented similar behaviors with respect to their manufacturing characteristics, it was found that the prototype developed with the highest percentage of efficiency was the one that had an exposure time of 2h 39m 11.07s to the pigment of Aguaymanto, obtaining an average value of 2.33E-6% of efficiency.

**Keywords:** sensitized photovoltaic cells, native Peruvian colorants, energy efficiency

## **I. INTRODUCCIÓN**

La energía es el recurso eje para el desarrollo de cualquier sociedad. Es con la energía que se ponen en funcionamiento miles de dispositivos necesarios para suplir las necesidades cotidianas tanto de la industria, como de la población. A través de distintas metodologías de estudio se ha demostrado que existe una relación de causalidad desde el consumo de energía eléctrica hacia el crecimiento socio-económico, lo que se manifiesta a través de la lectura del nivel de la calidad vida de los habitantes, de la capacidad industrial del país y de su Producto Bruto Interno (PBI).

El incremento demográfico genera un mayor requerimiento de suministros y por ende mayor energía para la producción de los mismos. Ante ello se requiere implementar la eficiencia energética para compensar el incremento de bienes o servicios necesarios para sostener las demandas de la sociedad. Según el Banco Mundial, desde 1971 el consumo de energía eléctrica en el Perú se ha incrementado en más de cuatro veces.

El Perú cuenta con legislación para la promoción de la inversión en la generación de electricidad por medio del uso de energías renovables. Una de las fuentes de energía renovable que mejor se adapta a los requerimientos de nuestro diverso territorio es la energía solar, además es una de las que favorece la inversión a pequeña y gran escala, lo que facilita la generación de proyectos para su implementación.

El 31 de julio de este año se aprobó el reglamento de generación distribuida, lo que promoverá el incremento de la producción y uso de dispositivos que utilicen la energía solar. Esta noticia fortalece las nuevas políticas en torno al uso de energías renovables. Además, en noviembre, el Perú ha sido elegido vicepresidente de la Alianza Solar Internacional (ISA) en representación de América Latina y El Caribe, y será sede en el año 2019 de la Conferencia Internacional y exhibición solar de la ISA, reafirmando la importancia en las investigaciones de esta índole a nivel nacional. Con esta elección se busca que el Perú se convierta en un país referente en la atracción de las inversiones en energía solar. El 5 de diciembre, el Ministro de Energía y Minas, Francisco Ísmodes afirmó: “Estamos desarrollando un programa de electrificación rural que permitirá abastecer de energía a todas las poblaciones del país. En ese sentido, ya se efectuó una licitación y se colocarán paneles solares en diversas zonas con el fin de llevar energía a las personas que habitan en ellas. A la fecha, tenemos más de 100,000 paneles instalados y hacia el 2021 tendremos 420,000 familias más que podrán acceder a estas energías”.

Actualmente se han desarrollado múltiples tecnologías en base de distintos materiales para las células fotovoltaicas, estas se diferencian en costo y en eficiencia lo que redundará

en su elección. En China y Estados Unidos se ha desarrollado grandemente el ámbito de las tecnologías fotovoltaicas consiguiendo prototipos funcionales aplicables a múltiples actividades dentro de la sociedad, ya sea que se utilice para otorgar energía a hogares, empresas e industrias, servicios públicos o incluso locaciones de difícil acceso.

No todas las tecnologías fotovoltaicas que se desarrollan tienen la misma eficiencia y esto se debe fundamentalmente a su composición química y a su estructura física, es decir, que el material usado en las células fotovoltaicas debe poseer tanto un alto grado de pureza, como un ordenamiento perfecto de sus átomos para ser más eficiente. Pero, para alcanzar estos requerimientos se requieren de procesos que inciden en el costo de estas celdas fotovoltaicas tradicionales, razón por la cual desde hace algunos años se viene estudiando una opción de menor costo: las células fotovoltaicas sensibilizadas con pigmentos.

Hoy en día se viene desarrollando investigación en torno al dióxido de titanio nano estructurado, ya que este material cuando es sensibilizado con un colorante orgánico, puede transmitir una corriente eléctrica similar a la transferencia electrónica ocurrida en la fotosíntesis de las plantas, la que debido a su nano estructura es distinta a la generada en las células fotovoltaicas tradicionales. Se espera que esta tecnología revolucione el campo del uso de la energía solar ya que su costo de producción masiva es bastante más bajo que otros, en tanto que utiliza procesos de construcción simples y no requiere de materiales de alta pureza. Además, estas células pueden ser flexibles, ligeras, no contaminan y pueden adoptar diversos colores y formas, por lo que resultarán altamente atractivas a la industria.

Pretender realizar una introducción masiva en el mercado requiere mejorar la eficiencia y durabilidad de estas células solares, por lo que aún se necesitan investigaciones que conlleven tanto a la mejora de la eficiencia de conversión fotovoltaica como a la durabilidad de las células fotovoltaicas de titanio nano estructurado sensibilizado con colorantes orgánicos.

Este trabajo de investigación busca valorar la influencia de los pigmentos nativos peruanos a base de aguaymanto (*Physalis peruviana*) y camu camu (*Myrciaria dubia*) en la eficiencia energética de un prototipo de células fotovoltaicas nano estructuradas, identificando el punto de eficiencia máxima de producción energética en Chaclacayo 2018. Se escogió la locación de Chaclacayo, debido a facilidades técnicas y a que cuenta con mayor número de días de cielo despejado en comparación con la ciudad de Lima.

## 1.1. Realidad Problemática

Según el Ministerio de Energía y Minas en el Reporte Mensual de Generación Eléctrica Nacional agosto del 2018, el 49.5% de la energía eléctrica proviene de fuentes no renovables, el 46.1% es hidráulica, mientras que solamente el 0.4% de la energía producida es solar. Cabe mencionar que, debido al notable retroceso glacial, se espera que en los próximos años la cantidad de agua utilizada por las centrales termoeléctricas disminuya perjudicando la seguridad de su funcionamiento. A pesar de que uno de los recursos energéticos de mayor disponibilidad en el Perú es el solar, aún no se desarrolla la tecnología para su aprovechamiento a una escala suficiente como para satisfacer las demandas de nuestra sociedad.

Dadas las condiciones climáticas del distrito de Chaclacayo, uno de los recursos que mejor se adapta a sus requerimientos energéticos es la energía solar. Según los registros obtenidos de la NASA por el satélite GEOS-4, el distrito de Chaclacayo cuenta con una irradiación incidente mensual promedio de 6,94 kWh/m<sup>2</sup>/día en los últimos 22 años (Ver Anexos 13 y 14), lo cual representa un potencial energético bastante alto que se está desperdiciando. En la ciudad de Lima contamos con dos distritos reconocidos por contar con gran cantidad de días con cielo despejado, uno es el distrito de Chosica y el otro es el de Chaclacayo, este último con menor contaminación.

En múltiples países tales como China y Estados Unidos se ha desarrollado grandemente el ámbito de las tecnologías fotovoltaicas consiguiendo prototipos funcionales aplicables a múltiples actividades, ya sea que se utilice para otorgar energía a hogares, empresas e industrias, servicios públicos o incluso locaciones de difícil acceso. Debido a lo expuesto, se desprende la necesidad de averiguar cómo influyen en eficiencia energética, algunas variables dentro del proceso de elaboración de células fotovoltaicas nano estructuradas, para lo cual se escogió la locación de Chaclacayo, debido a que cuenta con mayor número de días de cielo despejado en comparación con la ciudad de Lima.

Este trabajo de investigación busca comparar la eficiencia que otorgan los pigmentos nativos peruanos en prototipos de celdas fotovoltaicas a base de nano partículas de dióxido de titanio, identificando el pigmento que otorga la eficiencia máxima de producción energética en Chaclacayo para el año 2018.

## 1.2. Trabajos previos

### 1.2.1. A nivel local

Galicia et al., (2012) en la tesis “Celdas solares de dióxido de titanio nanoestructurado como alternativa para la generación fotovoltaica en el Perú” presentada en el XIX Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente expuso sobre la elaboración de celdas solares que emplean colorantes para sensibilizarlas, utilizando titanio nano estructurado como electrodo. En este estudio se realizaron dos prototipos, estas celdas estarían desarrolladas mediante películas delgadas de micrómetros de espesor a base de nanopartículas de dióxido de titanio debido a que frente a la irradiación visible tiene una óptima estabilidad química y baja toxicidad. El primer prototipo utilizó polvo nano poroso del semiconductor p25 y el segundo prototipo utilizó una pasta comercial obtenida por la empresa Dyesol, además se utilizó capa de recubrimiento conductor a base de óxido de estaño impurificado con flúor ( $\text{SnO}_2: \text{F}$ ) y como colorante el compuesto cis - bis (isotiocianato) - bis (2, 2'bipiridil - 4, 4'dicarboxilato) rutenio (II) bistetrabutil amonio, a fin de incrementar el intervalo de longitud de onda de luz absorbida por el dióxido de titanio. Para realizar pruebas de eficiencia energética se utilizaron las siguientes condiciones: una fuente luminosa de 250 W, un banco óptico, una cámara oscura y un filtro infrarrojo. Los resultados obtenidos mostraron una eficiencia de hasta 4,7% para una irradiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  en una celda con  $\text{TiO}_2$  (pasta de polvo comercial p25) y de hasta 7,4% para una pasta comercial.

Diestra Rodriguez, (2017) en su tesis “Evaluación de los parámetros de caracterización de celdas solares de silicio y de película delgada CdTe/CdS” buscó evaluar y caracterizar las celdas solares a base de silicio, particularmente las del tipo heterounión, mencionándonos lo siguiente: el prototipo diseñado constó de una película delgada de Teluro de Cadmio/Sulfuro de Cadmio (CdTe/CdS). Los parámetros y características evaluados en la presente investigación fueron los mecanismos de formación de pares electrón-hueco, las propiedades eléctricas del diodo semiconductor, el campo eléctrico, la concentración de portadores, la recombinación de longitudes de difusión y de las corrientes de difusión y deriva. Mediante las leyes de Fick y la densidad de estados, se determinó la ecuación del diodo para la intensidad de corriente eléctrica, se determinó además la corriente oscura de saturación (parámetro básico de los mecanismos de recombinación en las celdas solares), se estudiaron además las propiedades eléctricas de los semiconductores CdTe y CdS.

Rojas Estela, (2016) en su tesis “Celdas solares selladas a base de óxido de titanio modificado superficialmente con óxido de magnesio” desarrolló y caracterizó celdas solares nano estructuradas de óxido de titanio modificado con óxido de magnesio sensibilizadas además con un colorante (N719). La fabricación de los prototipos requirió de la preparación de una pasta a base de un polvo nano poroso de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), llamado P25. Se realizaron dos variantes del prototipo, el primero utilizó electrodos de una sola capa requiriendo un solo depósito de pasta, en cambio el segundo utilizó electrodos de doble capa mediante recubrimientos consecutivos de la pasta antes mencionada, para esto se realizó un proceso de sinterizado a  $530\text{ }^\circ\text{C}$ . Para la modificación de las películas de  $\text{TiO}_2$  con óxido de manganeso se prepararon suspensiones de diferentes concentraciones de hidróxido de magnesio a partir de una solución acuosa de nitrato de magnesio. Al recubrimiento de dióxido de titanio se le colocó una gota de la suspensión y posteriormente se realizó el proceso de sinterización a  $530\text{ }^\circ\text{C}$  por un lapso de media hora. En el proceso de sellado de la celda se colocó un control electrodo de superficie platinizada conductora, así como un electrolito a base del disolvente orgánico yoduro/triyoduro y un polímero comercial como sellante. La investigación dio como resultado una eficiencia de 4,37% para el prototipo desarrollado con el electrodo de una sola capa con la modificación del óxido de magnesio, mientras que sin la modificación se obtuvo una eficiencia de 2,63%. Para el prototipo desarrollado con electrodos de doble capa con la modificación de magnesio se obtuvo una eficiencia de 6.51%, mientras que sin la modificación se alcanzó una eficiencia de 6.10%.

Huamán Aguirre, (2015) “Producción de nanopartículas de dióxido de titanio por molienda húmeda: caracterización y aplicación a celdas solares sensibilizadas con colorante”. La siguiente tesis hace hincapié en uno de los métodos utilizados por la obtención de nano partículas de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), la cual es la técnica de molienda mecánica. Dicha técnica fue aplicada a un polvo comercial de anatasa, este polvo fue sometido a un proceso de preparación previa en una suspensión de agua destilada con el polvo de anatasa, el cual atravesará a continuación la cámara de molienda en un permanente ciclo de recirculación. Tras el proceso se evaluó la concentración del polvo obtenido, la concentración del agente dispersante y la velocidad de excitación en la cámara de molienda, así como los valores ideales de estos parámetros. Mediante el método de refinamiento Rietveld, se analizaron los patrones de difracción de rayos X, obteniéndose que el tamaño de grano resultante era de hasta 81 nm, lo cual fue contrastado con ayuda de micrografías SEM, obteniéndose un

tamaño medio de hasta 86,5 nm.

Naupa Roque (2012) en su tesis “Fabricación y caracterización de celdas solares sensibilizadas a base de dióxido de titanio nanoestructurado”, explica que la fabricación de estas células puede realizarse utilizando recubrimientos de nano partículas de  $\text{TiO}_2$  de una mezcla comercial denominada P25, para lo cual se hace una mezcla homogénea de etanol con el  $\text{TiO}_2$ , la cual va ser utilizada para recubrir un sustrato conductor a través del método del doctor Blading el cual va recibir un tratamiento térmico. Al recubrimiento previamente fijado se le sensibiliza con un colorante de rutenio N719, para luego emplear un sustrato conductor platinizado como contraelectrodo y también una solución de metoxypropionitrilo como electrólito. Como resultado de la investigación realizada, se tuvo que la eficiencia de la celda de  $\text{TiO}_2$  fue de 25%.

Arellano-Acuña, Rojas-Zavaleta y Paucar-Menacho (2016) “Camu-camu (*Myrciaria dubia*): Fruta tropical de excelentes propiedades funcionales que ayudan a mejorar la calidad de vida” investigación que muestra las propiedades que posee el camu camu (*Myrciaria dubia*) menciona que este fruto que se distribuye en diferentes países del continente suramericano, contiene gran cantidad de compuestos bioactivos como las antocianinas, antioxidantes, taninos, vitaminas, carotenoides y compuestos fenólicos. Composición que le otorga beneficios para la salud como antimicrobiano, antioxidante, antiinflamatorio entre otras. Adicionalmente también revela que el contenido de antocianinas es de 6 a 140 veces superior en frutos maduros que en frutos verdes.

Castro Gómez et al. (2013) en su tesis “variación del contenido de vitamina C y Antocianinas en *Myrciaria dubia* “camu camu””, buscaron expandir el conocimiento que se tiene en relación al contenido de vitamina C y antocianinas del Camu Camu. Para ello realizaron determinación de vitamina C por el proceso HPLC-DAD, consistente en la trituración mediante un mortero, extrayendo una solución que se homogenizó en un centrifugador, para luego filtrar las muestras y utilizar un cromatógrafo, proceso que repitieron para obtener el análisis de contenido de antocianinas. Finalmente concluyeron que la concentración de vitamina C oscilaba en una proporción de 1.6 a 1.8 g/100 g pulpa en frutos verdes, mientras que en los maduros oscilaba entre 1.2 a 1.6 g/100 g pulpa, así

mismo también determinaron que el camu camu contiene la antocianina cianidina-3-glucósido en una distribución de 0.85 a 2.42 mg/g en la cáscara en frutos verdes, mientras que en frutos maduros la proporción se incrementó entre 6 a 140 veces más.

Martínez Gómez (2015) en su tesis “Efecto antihipertensivo del extracto etanólico de los frutos de *Physalis peruviana* L. "aguaymanto" Ayacucho – 2014” investiga los efectos del extracto etanólico en diferentes concentraciones del aguaymanto en la hipertensión arterial. La investigación se realizó utilizando los métodos de precipitación de metabolitos secundarios y reacciones de coloración, obteniendo así mediciones de flavonoides, azúcares reductores, tripterpenos, cardenólidos, saponinas, catequinas, cumarinas, taninos, alcaloides y lactonas. Los resultados evidenciaron la presencia de la antocianina delfinidina-3-O-sambubiosido así como cianidina-3- sambubiosido, siendo estos pigmentos excelentes antioxidantes con capacidad para capturar radicales libres de oxígeno, cumpliendo un importante papel en la patogénesis de enfermedades cardiovasculares.

### **1.2.2. A nivel internacional**

Abdulrehman, Al-kamal y Salman (2016) en su artículo titulado “The effect of titanium dioxide nanoparticles thin layer on overall performance of dye sensitized solar cells” estudiaron el efecto del uso de delgadas capas de dióxido de titanio sobre células solares. Para dicho fin, fabricó células solares colocando capas de pastas de  $\text{TiO}_2$  sobre Oxido de Estaño estimulado con Flúor dispersado en sustratos de vidrio y sinterizado a 500 °C durante 2 horas. Se elaboraron células solares con diferentes espesores de  $\text{TiO}_2$  (3.6, 9 y 12  $\mu\text{m}$ ), las cuales se midieron utilizando un microscopio electrónico de barrido. Los resultados mostraron que la capa de 9 micras de espesor otorgaba la mejor eficiencia en términos de Intensidad de corriente en comparación con los otros espesores de las capas para la generación foto eléctrica.

Tabares et al. (2014), en su tesis “Estudio de las propiedades físicas y químicas de recubrimientos de  $\text{TiO}_2$  elaborados mediante proyección térmica por combustión oxiacetilénica a partir de polvos nanométricos”, identificar en la etapa de caracterización del  $\text{TiO}_2$ , mediante las pruebas de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), Difracción de Rayos X, difracción láser y Microscopía de Fuerza Atómica (MFA), que este material

no tiene la capacidad de ser usado como materia prima para elaborar recubrimientos mediante proyección térmica, por lo que se utilizan como pigmentos en el ámbito de la cosmética y las pinturas, siendo que para este fin sus características físicas no permiten su uso en proyección térmica. Sin embargo, puede tratarse el compuesto mediante aglomeración para que posteriormente pueda cumplir el uso en la proyección térmica. Sin embargo, comercialmente este compuesto puede cumplir el uso antes mencionado, siempre y cuando sea mediante capas finamente estructuradas, las cuales otorgan un potencial uso fotocatalítico.

Prieto Mahaney (2009), en su tesis “Estudio sobre las dependencias intrínsecas de las actividades fotocatalíticas sobre las propiedades estructurales y físicas de fotocatalizadores de óxido de titanio (IV)”, menciona que el dióxido de titanio puede calificarse como semiconductor, puesto que contrario a los metales, sólo puede conducir electricidad en circunstancias específicas, las que están condicionadas según las características estructurales del material. La composición atómica del  $\text{TiO}_2$  muestra que sus electrones están acomodados de forma que la mayoría se encuentra en su estado basal, de forma que si reciben energía suficiente (radiación) éstos pueden ser excitados, dejando espacios vacíos desestabilizándose y propiciando la necesidad de transferir los electrones ganados para estabilizarse nuevamente.

Montesinos García (2010), en su tesis “Dispositivos fotoelectrocromicos: viabilidad de la utilización de electrodos sensibilizados con colorante”, menciona que el principal objetivo de utilizar células solares sensibilizadas con colorantes es el de obtener prototipos con mayor eficiencia y que al mismo tiempo sea más económicos. La estructura de las células foto electroquímicas, consiste en una foto electrodo, un contra electrodo y un electrólito de reducción oxidación. Para la foto electrodo se pueden utilizar distintos materiales semiconductores, tales como el silicio, el arseniuro de galio, el fosfuro de indio, el cadmio, entre otros. Al utilizar estos materiales con un electrólito de reducción oxidación adecuado, se puede obtener una eficiencia de conversión de la energía solar de aproximadamente 10%, sin embargo la estabilidad de la célula solar puede ser afectada por la irradiación al corroerse el electrodo en la solución electrolítica, por este motivo se busca utilizar óxidos semiconductores más estables ante la irradiación tales como el dióxido estaño, el óxido de zinc y el dióxido de titanio, sin embargo estos materiales pueden tener problemas al absorber

la luz visible, puesto que tienen ciertas carencias en el espectro de frecuencia que pueden captar, para lo cual las células desarrolladas con estos materiales se sensibilizan mediante tintes orgánicos.

Padrón et al. (2016), en el artículo titulado “The effect of titanium dioxide nanoparticles thin layer on overall performance of dye sensitized solar cells” publicado en la revista cubana de física, explica que, en el proceso desarrollo y evaluación de las células fotovoltaicas, se analizan las propiedades ópticas de las capas de  $\text{TiO}_2$  meso poroso y Nano cristalino, mediante el uso de la técnica del Dr. Blade. Las capas de  $\text{TiO}_2$  se usan en distintos tipos de células solares sensibilizadas, tales como la celda solar de Perovskita. Además de esto se comparan los espectros de reflexión difusa y transmitancia de las distintas frecuencias del espectro de luz, de forma que se puede determinar la dependencia espectral efectiva para el dióxido de titanio mesoporoso.

Zumeta et al. [sin fecha]. en la tesis titulada “Estudios para optimizar las celdas solares sensibilizadas (DSSC)”, reiteran la importancia del aprovechamiento de las energías fotovoltaicas mencionando que su uso no genera ni contaminación atmosférica ni aporta al calentamiento global, lo cual se debe a los materiales y proceso de fabricación para estas tecnologías. Menciona que dentro de las variantes de células fotovoltaicas las menos cotosas son las sensibilizadas, enfocándose dentro de su investigación en las celdas solares sensibilizadas estructuradas con una doble capa de Dióxido de Titanio sobre sustratos conductores, experimentando tanto los sensibilizados como sin sensibilizar, para ello hace uso de la generación de prototipos de capas finas a través de la técnica de deposición de baño químico activado con microondas. Ante su investigación llegó a las conclusiones de que las celdas solares sensibilizadas tienen un mejor potencial de aplicación social gracias a sus reducidos costos, posibilidad de aplicarse en superficies ligeras y flexibles, funcionamiento en condiciones de baja irradiación, entre otras ventajas aplicativas.

Reyes Lemus (2014) En la tesis titulada Colorantes orgánicos de origen natural utilizados como sensibilizadores de celdas solares, se estudió la aplicación de colorantes orgánicos como medio de sensibilización de celdas solares. Se mencionó que los colorantes utilizados para aplicaciones fotovoltaicas son cualquier sustancia obtenida o sintetizada de origen

natural, la cuales tengan capacidad de absorción lumínica y puedan reaccionar positivamente con otros compuestos utilizados en las celdas fotovoltaicas. Los colorantes pueden ser clasificados por su grupo cromóforo dentro de los cuales encontramos los Antiauxóchromos, los Cromóforos y los Auxóchromos; como también por su origen, dentro de los cuales encontraremos los sintéticos y los naturales. Luego de haber sintetizado una gama de colorantes y haber experimentado con los mismos, se llegó a las conclusiones siguientes, los colorantes derivados de complejos de rutenio superan aún a los colorantes orgánicos, los compuestos orgánicos sensibilizadores principalmente usados son las antocianinas, porfirinas, carotenoides y flavonoides; los diferentes sensibilizadores utilizados demostraron tener una capacidad de reacción positiva al aplicarse en celdas fotovoltaicas.

Moura et al. (2016) en su tesis titulada “Cobertura plástica e densidade de plantio na qualidade das frutas de *Physalis peruviana L.*” mencionaba que el aguaymanto es una especie perteneciente a la familia Solanaceae, que se ha incorporado en pequeñas plantaciones frutales con alto potencial de rendimiento para las regiones subtropicales. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de la fruta de *P. peruviana L.*, producida con o sin cubierta plástica sobre el dosel de la planta y dos densidades de siembra (0.5 y 1.0 m entre plantas) y 3.0 m entre líneas de siembra. El diseño experimental fue de bloques al azar en una factorial 2 x 2 con 6 bloques y 10 plantas por parcela. Evaluamos las características cualitativas de las frutas como peso fresco, longitud, diámetro, color, cantidad de antocianinas totales, vitamina C, cenizas, sólidos solubles, sacarosa, glucosa, azúcares totales, acidez valorable, firmeza y humedad. La mayor densidad de siembra y la siembra sin cobertura plástica sobre el dosel de la planta dan como resultado una mejor calidad de los frutos de *P. peruviana L.* Mencionando además que se determinó el contenido de antocianinas totales a través del método de diferencia de pH, en que se disuelve en dos sistemas tampón: cloruro de potasio pH 1,0 (0,025M) y acetato de sodio pH 4,5 (0,4M). Se añadieron 2,5 mL de la correspondiente solución tampón, pH = 1,0, a 1,5 mL del extracto de las fisálicas, y 2,5 mL de la solución tampón, pH = 4,5, a 1,5 mL del extracto de las muestras fisálicas, siendo las lecturas de las absorbancias realizadas a 510 y 700 nm, encontrándose cianidina-3-glucósido como pigmento en el extracto.

Humberto Mendoza y Rodriguez (2012) en su investigación “Caracterización físico química de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca” publicada en la revista colombiana Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial menciona que el aguaymanto es el segundo producto más exportado en Colombia. En Silvia – Cauca, zona de estudio, se cultivan frutos como la uchuva, la mora y el lulo, las cuales no se aprovechan totalmente debido al escaso conocimiento del valor de dichos productos, generándose pérdidas de los mismos en épocas de baja cosechas. Motivo por el cual se buscó analizar el potencial del aguaymanto en función a sus características químico físicas en términos de color, pH, viscosidad, Brix, ácidos titulables, contenido de ácido ascórbico, actividad de agua, azúcares totales y sólidos totales. El aguaymanto de la región posee grados de coloración 4,5 y 6 con predominancia de los grupos con grado de maduración 5. Para la obtención de los datos se utilizaron los métodos Kruskal y DUNN, encontrándose que las antocianinas, los parámetros de color, la acidez titulable, el ácido ascórbico, los sólidos solubles, polifenoles y la capacidad antioxidante tenían un mayor nivel de concentración a medida que maduraba la fruta.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Células Fotovoltaicas**

También conocidas como células solares o células fotoeléctricas, son dispositivos electrónicos provistos de capas semiconductoras, que transforman la luz que incide sobre ellas en energía eléctrica. Esto se consigue gracias a la capacidad del dispositivo para producir voltaje sobre una carga externa y corriente a través de la carga al mismo tiempo (Alarcón Caveró, 2008, p.12).

Las células fotovoltaicas Nano estructuradas a base de  $\text{TiO}_2$  constan de la siguiente estructura:

- Electrodo conductor: En el particular caso de esta investigación se utilizarán dos tipos de electrodos, uno simple, compuesto de una placa de vidrio conductor y un electrodo compuesto constituido de Nano estructuras de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), el cual va a ser colocado sobre el electrodo simple.
- Tinte o colorante: El colorante tiene como función la de absorber la radiación

incidente sobre la célula fotovoltaicas, para posteriormente transferir electrones hacia el TiO<sub>2</sub>.

- Electrolito: El electrolito tiene como función facilitar la recepción del electrón donado por el tinte excitado.
- Contraelectrodo: El contraelectrodo se encarga de cerrar el circuito externamente.

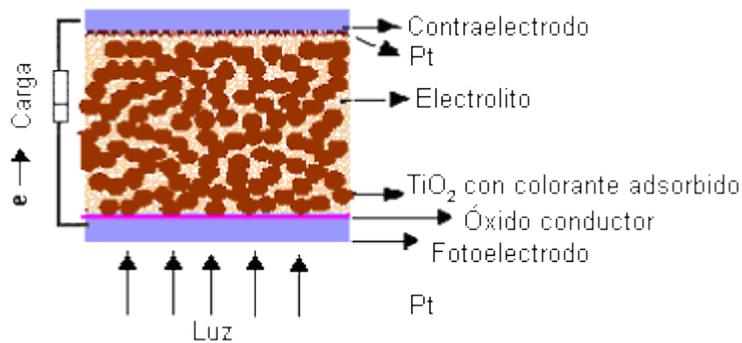
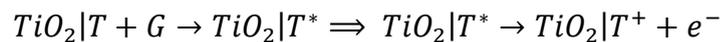


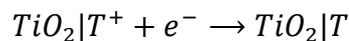
Figura 1. Estructura de una célula fotovoltaica a base de TiO<sub>2</sub>.

El funcionamiento de las células fotovoltaicas a base de TiO<sub>2</sub> ocurre de la siguiente forma.

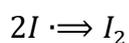
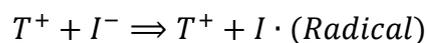
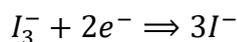
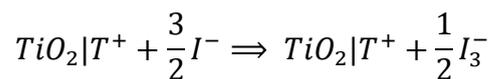
La luz que incide (G) en las celdas es absorbida por el tinte (T), el cual tiende excitarse, de forma que está propenso a ceder un electrón.

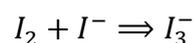


Al cierre del circuito, el tinte cede su electrón.



El electrolito, el cual puede ser yoduro, ubicado junto a la Nano estructura de TiO<sub>2</sub>, se encargaría de recibir el electrón que estaría cediendo el tinte.





### 1.3.1.1. Cálculo de la concentración

$$\% \frac{m}{v} = \frac{\text{masa de } TiO_2}{\text{Volumen de solvente}} \times 100$$

### 1.3.1.2. Cálculo de la potencia

El trabajo que realizan las células fotovoltaicas se puede representar por una curva de Corriente (I) vs Voltaje (V) llamada Curva de Potencia.

$$P = V \times I$$

La potencia de una celda se determina en función a la potencia máxima que esta es capaz de producir, lo cual ocurre cuando la corriente y el voltaje alcanzan simultáneamente sus máximos valores.

Aplicando este criterio, la fórmula en el funcionamiento de las células fotovoltaicas, la expresaremos de la siguiente forma:

$$P_{mc} = V_{mc} \times I_{mc}$$

Donde:

- $P_{mc}$ : potencia máxima de la celda
- $I_{mc}$ : corriente máxima de la celda
- $V_{mc}$ : voltaje máximo de la celda

### 1.3.2. Antocianinas

Existen en la actualidad muchos tintes o colorantes tanto sintéticos como orgánicos, los cuales tienen variedad de usos, tales como alimenticios, farmacológicos, cosméticos, etc. Sin embargo, en lo relativo a la sensibilización de células solares, se está optando por el uso de compuestos orgánicos, ya que otorgan ventajas tanto económicas como ambientales y tecnológicas. Las células solares sensibilizadas con

colorantes orgánicos (llamados células solares de películas delgadas) poseen un bajo costo de fabricación (Astrid Garzón 2008).

Las Antocianinas, pertenecen al grupo de pigmentos hidrosolubles visibles al ojo humano. La gama de colores en los que se puede encontrar este pigmento de forma natural contemplan variaciones entre el rojo hasta el azul, los cuales pueden ser encontrados en cereales, frutas y vegetales y se almacenan en las vacuolas de las células (Hernandez Martinez 2003).

Estas moléculas orgánicas son pertenecientes a los bioflavonoides, los cuales poseen una brecha energética entre el orbital más alto ocupado (Homo) y el orbital más bajo desocupado (Lumo), es decir, la banda restringida de un semiconductor, la cual varía entre los 2,2 eV y los 2,4 eV, lo que se traduce en picos de absorción de luz visible de entre 560 nm y 520 nm. Siendo esta característica particular la que lo hace adecuado para las células fotovoltaicas (Reyes Lemus 2014).

### **1.3.3. Eficiencia Energética**

Un gran porcentaje de la energía que utilizamos diariamente es desperdiciado por múltiples factores. El uso eficiente de la energía consiste en disminuir la cantidad de combustibles y energía eléctrica utilizada, permitiendo la posibilidad de realizar nuestras actividades manteniendo la disponibilidad y calidad de los bienes y servicios, lo cual se traducirá en beneficios tanto económicos como ambientales y sociales (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, [sin fecha]).

Según (Schneider Electric, [sin fecha] p. 3) el método con menor costo mayor rapidez y menor impacto al ambiente es el de reducir el consumo energético y por ende las emisiones de gases de efecto invernadero.

### **1.3.4. Eficiencia Energética de la célula fotovoltaica**

La eficiencia energética medida en el ámbito del fenómeno fotovoltaico es conocida como eficiencia de conversión, esta es la relación que hay entre la energía lumínica obtenida y la energía eléctrica que se puede generar con esta, la cual se representa en

una forma porcentual y tiene la siguiente fórmula:

$$\eta\% = \frac{\text{Energía generada}}{\text{Energía captada}} \times 100$$

Donde  $\eta$  es la letra griega “nu”, utilizada para representar la eficiencia (Moro Vallina, 2010, p.42)

La energía generada será expresar en términos de potencia máxima ( $P_{\max}$ ), mientras que la energía captada se va determinar en función al producto de la irradiación incidente ( $G$ ) en la célula por el área superficial de la misma ( $A_c$ ), dejándonos una fórmula como la siguiente:

$$\eta\% = \frac{P_{\max}}{G \times A_c} \times 100$$

### 1.3.5. Eficacia Energética

También conocida como Factor de Forma (FF), éste se utiliza para cuantificar la eficacia de una célula fotovoltaica, la cual se desprende de la relación entre la potencia máxima de la célula ( $P_{\max}$ ), entre la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) por el voltaje del circuito abierto ( $V_{oc}$ ) (SIMEC CHILE SRL, [sin fecha], p. 75).

Según (Moro Vallina, 2010, p. 42) el Factor de forma es un parámetro que determina la calidad de la célula y siempre es un valor inferior a 1. Este valor se expresa mediante la siguiente formula:

$$FF = \frac{P_{\max}}{I_{sc} \times V_{oc}} = \frac{P_{\max}}{G \times A_c} = \eta$$

### 1.3.6. Influencia

La influencia es la capacidad de una cosa para producir efectos ya sea positivos como negativos sobre otra cosa (Real Academia Española [sin fecha]).

### 1.3.7. Irradiación

El sol emite un conjunto de radiaciones electromagnéticas, las cuales se distribuyen desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, sin embargo, no toda esta radiación llega hasta la superficie terrestre. Esto se debe a que los gases atmosféricos (ozono) absorben las radiaciones de onda más corta, como la ultravioleta (Arenas Sánchez y Zapata Castaño, 2011, p. 21).

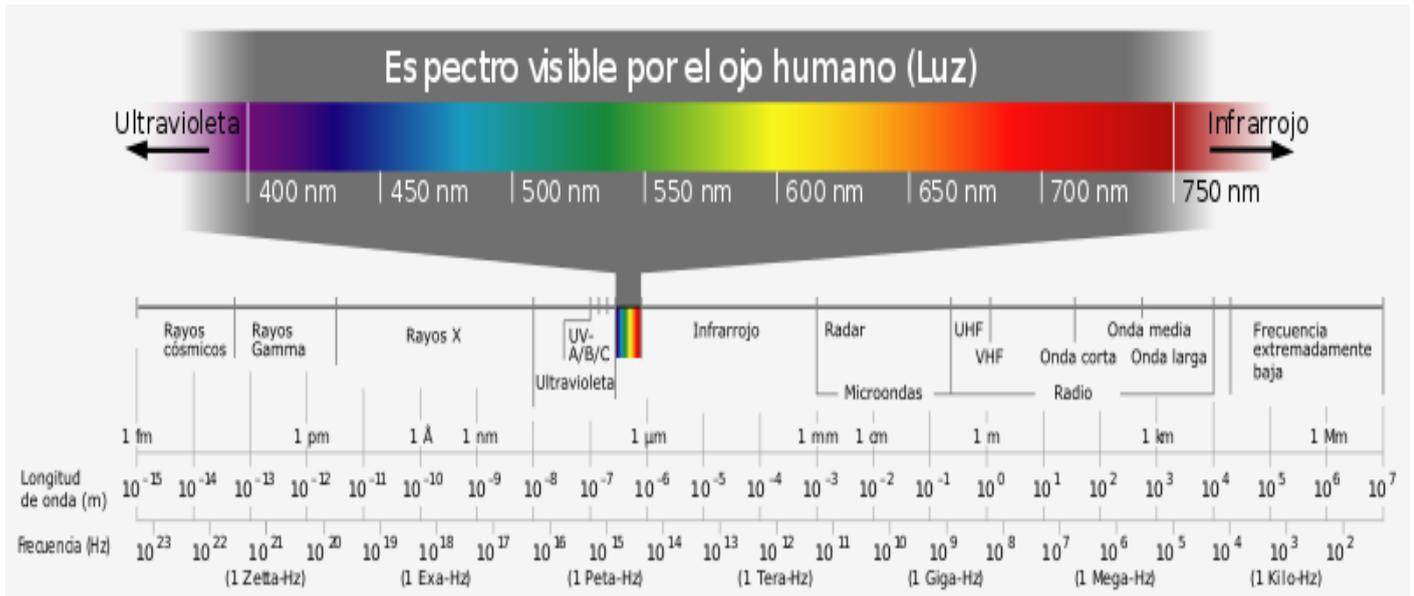


Figura 2. Espectro electromagnético.

La irradiación es la magnitud utilizada para describir la potencia con la que incide la radiación electromagnética en una determinada área. Particularmente la radiación proveniente del sol puede ser percibida en forma de luz o calor.

Según el sistema Internacional se expresa en unidades de watts sobre metro cuadrado ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) (SIMEC CHILE SRL, [sin fecha], p. 61).

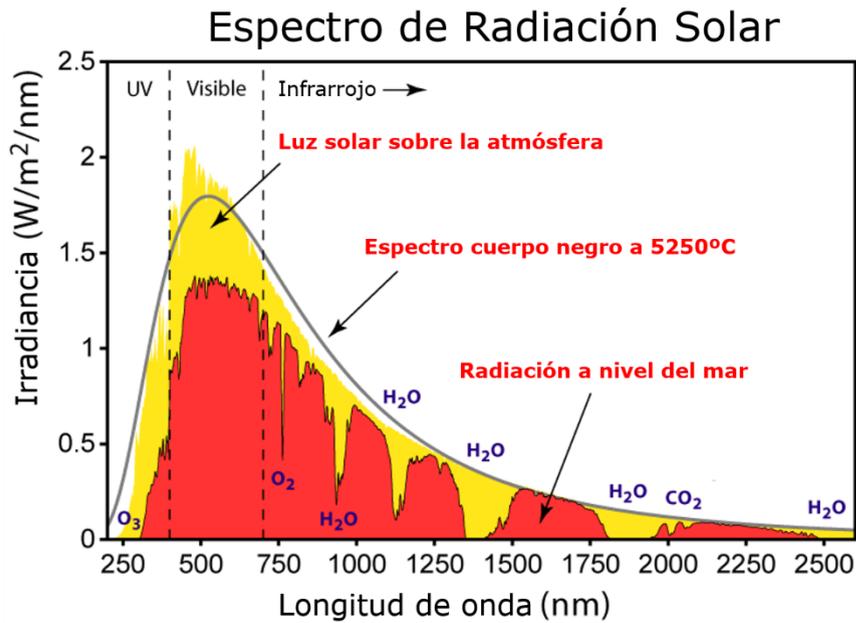


Figura 3. Espectro de radiación solar.

### 1.3.8. Titanio

Según (Brown, 2014, p.76 - 77) el titanio es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre y al mismo tiempo el cuarto elemento metálico más abundante. Sin embargo, éste no puede encontrarse de forma natural ni en estado puro ni en cantidades muy grandes. Por este motivo los costos de extracción y procesamiento hacen que su precio sea muy elevado.

Los campos aplicativos son muy amplios, entre los cuales se encuentran principalmente las industrias aeronáuticas y aeroespaciales, ya se utilicen el titanio o aleaciones del mismo, sin embargo hay otras industrias que también demandan sus, tales como: la industria química, la deportiva, la energética, la arquitectura y la médica (Lalana Herraiz, 2012, p. 3).

#### 1.3.8.1. Propiedades básicas

Las propiedades más resaltantes del titanio son:

- Alta resistencia a la corrosión: esto lo convierte en un material ideal en la industria aeroespacial y como la química y la médica.

- Baja densidad: La división entre metales pesados ligeros se encuentra en los 5 g/cm<sup>3</sup> siendo la densidad del titanio elemental 4,5 g/cm<sup>3</sup>, lo que lo sitúa como el metal más pesado dentro de los metales más ligeros.
- Alta resistencia específica: Posee la segunda resistencia específica más alta.

**Tabla 001.** *Propiedades del titanio elemental (Ti)*

Número atómico	22
Peso atómico	47,90
Volumen atómico	10,6 cm <sup>3</sup> /mol
Radio covalente	1,32 Å = 0,132 nm
Densidad	4,51 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	1668 ± 10 °C
Punto de ebullición	3260°C
Calor específico	522 J/kgK
Conductividad térmica	11,44 W/mK
Calor latente de fusión	440 kJ/kg
Calor latente de vaporización	9,83 MJ/kg
Dureza	100 HV
Resistencia a tracción	240 MPa
Módulo de elasticidad	115 GPa - 120 GPa
Coefficiente de Poisson	0,33 - 0,361
Coefficiente de expansión térmica	8,41·10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
Conductividad eléctrica	3% IACS* (donde Cu=100% IACS*)
Resistividad eléctrica	420 nΩm

### 1.3.9. Dióxido De Titanio

Según (Huamán Aguirre, 2016, p. 14), el dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) se puede hallar naturalmente en tres formas polifónicas ampliamente conocidas, estas son: la brookita ortorrómbica, el rutilo tetragonal y la anatasa, dentro de las cuales el rutilo se considerate termodinámicamente hablando el más estable de ellos en forma de cristales macroscópicos, sin embargo la anatasa es la forma más estable en pequeños Nano cristales de entre 10 a 20 nm.

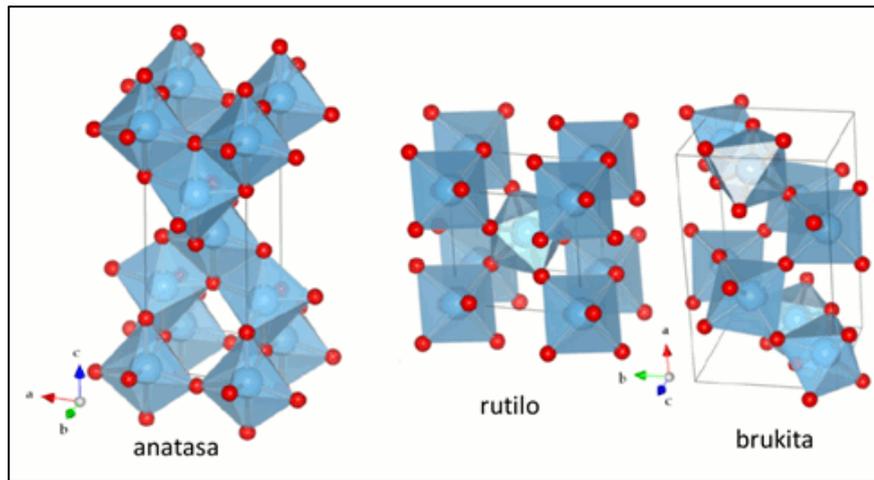


Figura 4. Tres de las cinco estructuras más conocidas de dióxido de titanio.

Este material posee una gran cantidad de aplicaciones tecnológicas, tales como: almacenamiento de energía, foto catálisis, materiales biocompatibles, celdas solares, sensores de gas entre otras aplicaciones. La fase de Anatasa resulta de gran interés, puesto que posee una gran actividad catalítica y foto catalítica (Cruz Borda, 2016, p.4)

El fotocatalizador más utilizado a base de dióxido de titanio es conocido como Degussa P25 (P25), el cual se encuentra compuesto por dos de las formas cristalinas conocidas del dióxido de titanio, Anatasa y Rutilo, en una proporción de aproximadamente 80% de Anatasa y 20% de rutilo (Prieto Mahaney, 2009).

El proceso de caracterización de los nanomateriales tales como el  $\text{TiO}_2$  en el caso de la presente investigación, se puede realizar mediante distintas pruebas de laboratorio y métodos experimentales, los cuales serán brevemente explicadas a continuación.

### 1.3.10. Espectrometría de Rayos X

La producción de rayos X se realiza comúnmente a través del bombardeo de un blanco metálico con electrones, dentro de un tubo al vacío. Al impactar los electrones en el ánodo, casi el total de la energía cinética se disipa como calor, pero un pequeño porcentaje produce fotones altamente energéticos también conocidos como rayos X. La distribución energética de los fotones producidos por frenado es continua, pero al

mismo tiempo, se generan unas líneas espectrales pertenecientes al metal del ánodo. Estas líneas son saltos o transiciones de energía de los electrones en las capas atómicas. Estas transiciones pueden ser identificadas utilizando la notación de Siegbahn como en el siguiente ejemplo: al producirse un espacio en la capa K, este relleno por un electrón ubicado dos capas más arriba, a esto se le conoce como transición  $K\beta$ . De esta manera, seleccionando el elemento químico que componga el ánodo, se podrá obtener un flujo de fotones X con una energía específica, aún si el continuo de fondo o “Bremsstrahlung” se encuentre presente alcanzando hasta una energía máxima igual al voltaje aplicado al tubo.

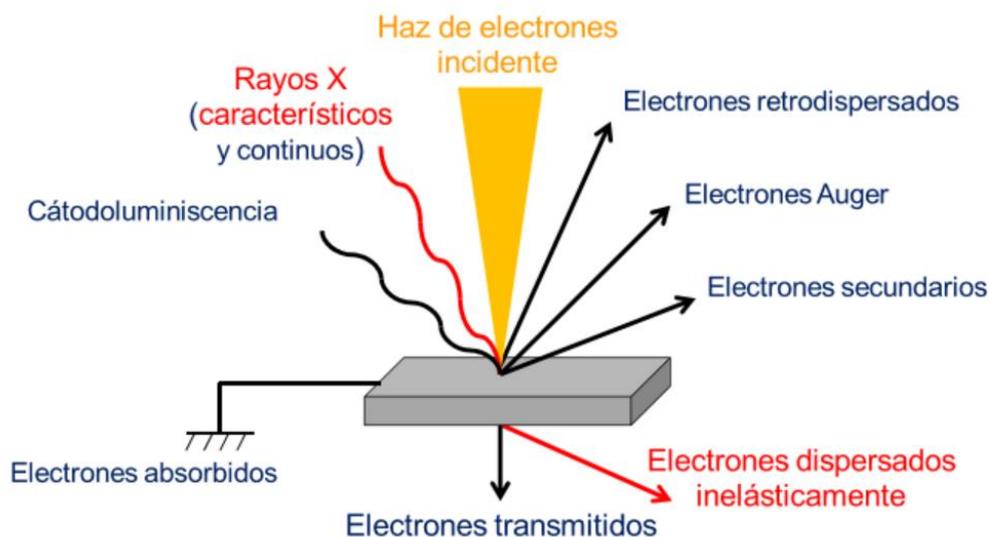


Figura 5. Interacción de los electrones con la materia.

En relación a la detección, la mayoría de sus aplicaciones hacen uso de detectores de centelleo, puesto que éstos permiten realizar de forma digital una cartografía bidimensional de los materiales estudiados. Un aspecto que no es capaz de medir adecuadamente esta tecnología, es la espectrometría de la radiación cuando se usan rayos policromáticos.

La espectrometría de rayos X permite obtener las “firmas” características de los elementos químicos que sean muestreados. Esto permite obtener la concentración de los elementos, pero también realizar una discriminación energética de la radiación. Para esto ocurre el siguiente proceso: al penetrar los rayos X en una superficie se

muestra una disminución progresiva de su flujo, esto ocurre por la interacción de los fotones con los electrones de los átomos que constituyen la superficie que se evalúa, es decir que la energía que se extrae del rayo que incide se encuentran de dos formas: un porcentaje ha sido absorbido por el material y el restante es desviado de la dirección del rayo incidente. Este proceso obedece a la ley exponencial de Beer-Lambert, en la que el parámetro  $\mu(E)$ , también conocido como coeficiente de atenuación másico de los rayos X es representado por una curva única para cada elemento químico en relación a la energía fotónica del rayo incidente, lo que permite inferir sobre la composición química y la estructura del material en función a la detección de las interacciones entre los átomos y los fotones.(Baettig, Perré y Rémond 2007)

#### **1.4. Formulación del problema**

##### **1.4.1. Problema general**

¿Cuál es la correlación entre los parámetros de eficiencia de las células fotovoltaicas nanoestructuradas a base de dióxido de titanio, sensibilizadas con pigmentos nativos peruanos en Chaclacayo?

##### **1.4.2. Problemas específicos**

¿Cómo se correlaciona el voltaje producido por una célula fotovoltaica nanoestructurada pigmentada con aguaymanto, con la irradiación incidente en su superficie?

¿Cómo se correlaciona el voltaje producido por una célula fotovoltaica nanoestructurada pigmentada con camu camu, con la irradiación incidente en su superficie?

¿Cómo se correlaciona el tiempo de pigmentación en una célula fotovoltaica nanoestructurada con pigmentos nativos peruanos, con el voltaje producido?

## **1.5. Justificación del estudio**

### **1.5.1. Justificación teórica**

La aplicación de las nanopartículas de Dióxido de Titanio está siendo implementada en las tecnologías fotovoltaicas, debido a su capacidad fotoeléctrica, su costo asequible y su inocuidad tanto para el ser humano como para el ambiente. Estas partículas pueden ser utilizadas para desarrollar electrodos con una eficiencia de conversión energética de entre 5 a 10%.

En el Perú actualmente el 49.5% de la energía eléctrica producida proviene de fuentes no renovables, mientras que la energía producida de fuentes solares representa solamente el 0.4% del total de energía eléctrica producida.

La presente investigación tiene por objetivo ahondar en el estudio de la influencia de los pigmentos nativos peruanos en la eficiencia energética de una célula fotovoltaica Nano estructurada ya que en la actualidad carecemos de estudios relativos al mejoramiento de las tecnologías fotovoltaicas lo que da como resultado que el abastecimiento eléctrico que llega a los diferentes distritos como en el caso de Chaclacayo provengan de fuentes mayormente no renovables que a su vez conllevan a considerables impactos ambientales.

Por este motivo, la investigación se desarrollará de forma que puedan elaborarse prototipos funcionales que sean capaces de otorgar un máximo rendimiento energético a partir de la energía solar, otorgando más conocimientos sobre los nuevos materiales como el  $TiO_2$  y su funcionamiento.

### **1.5.2. Justificación socio-ambiental**

Dado que no existe la suficiente autonomía energética en la en el distrito de Chaclacayo, la presente investigación busca desarrollar un prototipo de célula fotovoltaica que brinde la máxima eficiencia energética, permitiendo así reducir los costos y resolver así el problema de autonomía energética en la población del distrito de Chaclacayo, potenciando el uso de energías sostenibles y amigables con el ambiente.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

Existe una correlación entre los parámetros de eficiencia de las células fotovoltaicas nanoestructuradas a base de dióxido de titanio, sensibilizadas con pigmentos nativos peruanos.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

Existe una correlación entre la irradiación incidente en la superficie de una célula fotovoltaica nanoestructurada pigmentada con aguaymanto (*Physalis peruviana*) con el voltaje producido por la misma.

Existe una correlación entre la irradiación incidente en la superficie de una célula fotovoltaica nanoestructurada pigmentada con camu camu (*Myrciaria dubia*) con el voltaje producido por la misma.

Existe una correlación entre el tiempo de pigmentación en una célula fotovoltaica nanoestructurada con pigmentos nativos peruanos con el voltaje producido.

## **1.7. Objetivos.**

### **1.7.1. Objetivo general**

Determinar el nivel de correlación entre los parámetros de eficiencia de las células fotovoltaicas nanoestructuradas a base de dióxido de titanio, sensibilizadas con pigmentos nativos peruanos.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

Determinar la correlación entre la irradiación incidente en la superficie de una célula fotovoltaica nanoestructurada pigmentada con aguaymanto (*Physalis peruviana*) con el voltaje producido por la misma.

Determinar la correlación entre la irradiación incidente en la superficie de una célula fotovoltaica nanoestructurada pigmentada con camu camu (*Myrciaria dubia*) con el

voltaje producido por la misma.

Determinar cómo se correlaciona el tiempo de pigmentación en una célula fotovoltaica nanoestructurada con pigmentos nativos peruanos, con el voltaje producido.

## **II. MÉTODO**

## 2.1. Diseño de investigación

### 2.1.1. Tipo

El tipo de estudio de la presente investigación es básico, de carácter exploratorio.

### 2.1.2. Diseño

El diseño de investigación es experimental, ya que se van a desarrollar prototipos de células fotovoltaicas Nano estructuradas utilizando diferentes pigmentos nativos peruanos para evaluar la eficiencia energética de cada una.

La presente investigación se realizará siguiendo las siguientes etapas:

**Tabla 002.** Cuadro de las etapas del Proyecto de investigación

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Determinación del área de estudio	El área de estudio  Internet	Observación	-	Durante la observación se determina las condiciones climáticas idóneas para el estudio
Desarrollo de los prototipos	Laboratorio	Experimentación	Ficha de análisis de laboratorio	Prototipos según hipótesis
Prueba de los prototipos	El área de estudio	Experimentación Observación	Ficha de recolección de datos	Registro de los datos obtenidos
Análisis y resultados	Laboratorio	Técnica documental	-	Se determina estadísticamente comparando la influencia de las variables

### 2.1.3. Descripción de las etapas

#### I. Determinación del área de estudio

En la primera etapa se determinará el área de estudio que posea condiciones climáticas óptimas en el distrito de Chaclacayo, para lo cual se consultará el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas.

#### II. Desarrollo de los prototipos

El desarrollo de los prototipos se realizó según los valores de tiempo de exposición a los pigmentos a base de aguaymanto (*Physalis peruviana*) y camu camu (*Myrciaria dubia*) en las nanopartículas de TiO<sub>2</sub> en intervalos de media hora, teniendo como mínimo valor 30 minutos y como máximo valor 150 minutos.

El Proceso de fabricación de los prototipos siguió las siguientes etapas, sin embargo, en cada uno varió el tiempo de exposición a los pigmentos a fin de lograrse los objetivos propuestos para la presente tesis.

1. Se acondicionaron los sustratos conductores o electrodos (superficie de cristal conductora FTO) limpiándolos y asegurando que no queden partículas ni residuos que alteren la conducción. Luego se comprobó cuál era la superficie conductora mediante el uso del multímetro (la medición debe arrojar un valor de resistencia de entre 10 y 30 ohm)



Figura 6. Identificación de la superficie conductora.

Fuente: Propia.

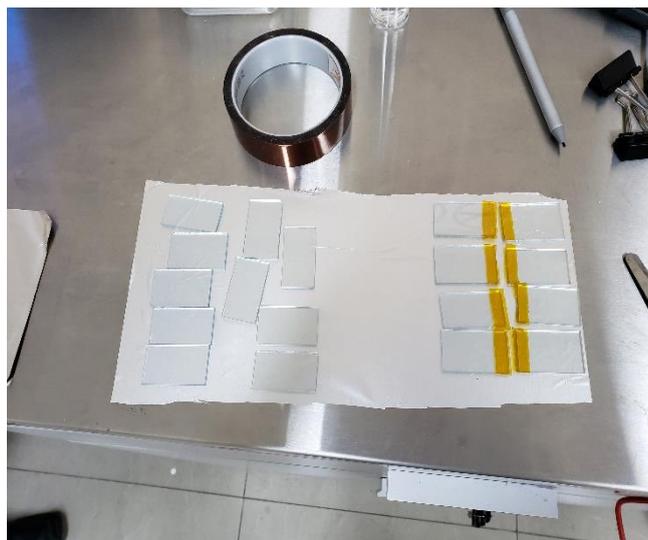
2. Se preparó una pasta de Dióxido de titanio empleando 25g de Dióxido de Titanio y 50 ml de etanol. Solución que se homogenizó en un agitador magnético durante un lapso de 1h 26m a 500 rpm.



*Figura 7.* Izquierda: extracción del etanol. Derecha: pesaje del dióxido de titanio.

*Fuente:* Propia.

3. Se delimitó la superficie de trabajo de las placas de vidrio FTO utilizando cinta Kapton.



*Figura 8.* Delimitación del área de trabajo del sustrato conductor.

*Fuente:* Propia.

4. Luego, mediante el uso de un Spin Coater, se formaron películas delgadas de Dióxido de Titanio vertiendo 0.45ml de pasta de Dióxido de Titanio sobre la superficie del vidrio FTO estableciendo un ciclo de centrifugado de 500 rpm durante 20s.



*Figura 9.* Preparación de las películas delgadas de dióxido de titanio.

*Fuente:* Propia.

5. Luego se procedió a un proceso de fijación térmica de la película de Dióxido de Titanio (Sinterizado) a una temperatura de 450 °C por un periodo de 172 min, tornándose en una coloración blanco brillante. Luego se deja enfriar.



*Figura 10.* Proceso de sinterizado en el horno.

*Fuente:* Propia.

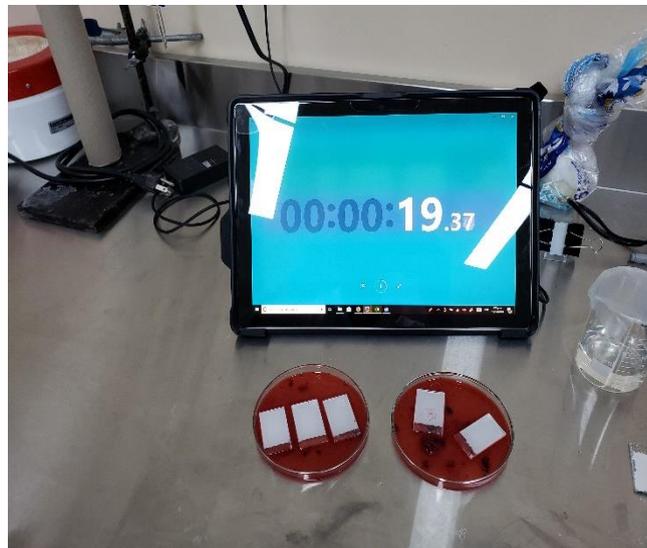
6. Se realizaron extractos del colorante del Aguaymanto y el Camu Camu, mediante la molienda de los mismos con un matraz, vertiéndolos en placas de Petri.



*Figura 11.* Izquierda: molienda de aguaymanto. Derecha: molienda de camu camu.

*Fuente:* Propia.

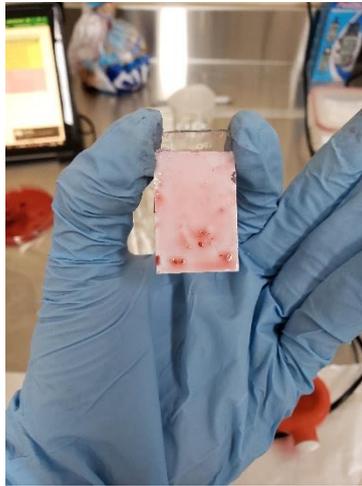
7. Se procedió a colocar las placas con la película delgada de Dióxido de Titanio sobre los respectivos recipientes con colorantes.



*Figura 12.* Proceso de pigmentación del camu camu.

*Fuente:* Propia.

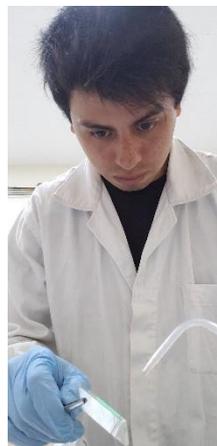
- Se retiraron las placas una por una a intervalos de media hora, siendo la primera retirada en 30 minutos y la quinta en 2h 30m para cada colorante.



*Figura 13.* Película delgada de dióxido de titanio luego de pigmentación con camu camu.

*Fuente:* Propia.

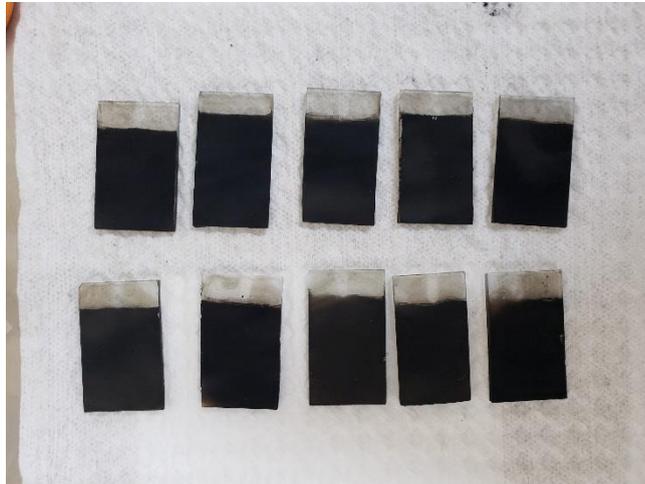
- Se limpió el excedente de colorante en cada una de las placas pigmentadas.



*Figura 14.* Extracción de los restos de colorante.

*Fuente:* Propia.

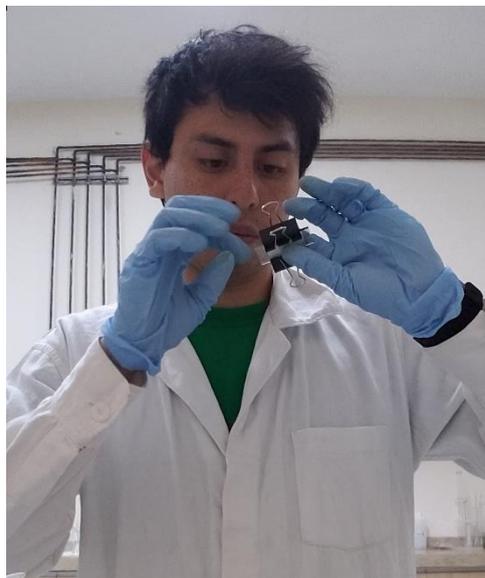
10. Se acondicionaron las placas como contra electrodos mediante la formación de una capa de hollín utilizando una vela.



*Figura 16.* Contraelectrodos acondicionados con una capa de hollín.

*Fuente:* Propia.

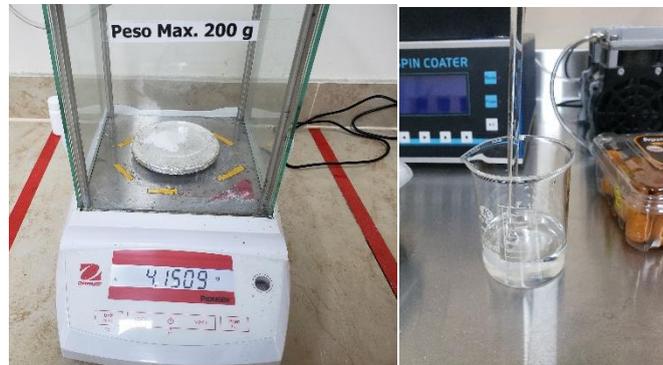
11. Se unieron los electrodos y contra electrodos y se sujetaron con pinzas para evitar que se separasen.



*Figura 15.* Ensamblado de un prototipo de célula fotovoltaica.

*Fuente:* Propia.

12. Se preparó una solución electrolítica de Ioduro de Potasio a 0.5 molar, disolviendo 4.15 g de ioduro de potasio en 50 ml de agua destilada.



*Figura 16.* Izquierda: pesaje del ioduro de potasio. Derecha: disolución del ioduro de potasio en agua destilada.

*Fuente:* Propia.

13. Finalmente se introdujo cuidadosamente la solución electrolítica en las celdas fotovoltaicas utilizando un gotero.



*Figura 17.* Filtración de la solución electrolítica en la célula fotovoltaica.

*Fuente:* Propia.

### III. Prueba de los prototipos

Para la prueba de los prototipos se armaron circuitos cerrados utilizando un prototipo conectado en serie con una resistencia de 500 K $\Omega$  y al mismo tiempo conectado en paralelo con un multímetro. Además, se midió la irradiación solar incidente sobre las celdas fotovoltaicas utilizando un Piranómetro. Los datos obtenidos fueron registrados en video durante el lapso de 30 minutos para cada uno de los prototipos.



*Figura 18.* Ensamblaje de los circuitos de testeo de prototipos.

*Fuente:* Propia.

## 2.2. Variables, operacionalización

### 2.2.1. Variable independiente

Pigmentos nativos peruanos.

### 2.2.2. Variable dependiente

Eficiencia de la célula fotovoltaica.

**Tabla 003.** Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA/UNIDAD
INDEPENDIENTE: PIGMENTOS NATIVOS PERUANOS	Las antocianinas son pigmentos naturales que se hallan en frutos y flores y son los causantes de las tonalidades desde el rojo al púrpura (Paez Cartaya, Rodríguez Sánchez y Cruz Viera 2018).	La influencia de los pigmentos nativos peruanos será comparada en función del tipo y el tiempo de exposición, en la fabricación de la célula fotovoltaica.	Aguaymano	Antocianina	- <i>Delfinidina 3-sambubiosido</i> - <i>Sambicyanina</i>
			Camu Camu	Antocianina	<i>Cianidina-3-glucósido</i>
			Tiempo de exposición del pigmento	Cantidad de horas	Horas (h)
DEPENDIENTE: EFICIENCIA DE LA CÉLULA FOTOVOLTAICA	Es la relación que hay entre la energía lumínica obtenida y la energía eléctrica que se puede generar con esta (Moro Vallina, 2010).	La eficiencia energética de la célula fotovoltaica será medida teniendo en cuenta la potencia eléctrica producida y la radiación recibida, así como sus propiedades físicas	Voltaje (V)	Potencia eléctrica ( $V * A$ )	Watt (W)
			Intensidad de corriente (A)		
			Radiación	Intensidad de luz	$W/m^2$
			Superficie	Área de la celda	Metros cuadrados ( $m^2$ )

Fuente: elaboración propia

### **2.3. Población y muestra**

Por la naturaleza de la investigación la población y la muestra son iguales. Para este fin se desarrollaron 5 prototipos con pigmento a base de Aguaymanto y 5 prototipos con pigmentos a base de Camu Camu sometidos a diferentes tiempos de exposición a los pigmentos.

#### **2.3.1. Muestreo**

El tipo de muestreo utilizado en la presente investigación será no probabilístico a conveniencia, puesto que la obtención de las muestras no depende de probabilidades, sino de los valores obtenerse en relación a las características de la investigación.

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

#### **2.4.1. Técnicas**

La técnica utilizada para el desarrollo de la investigación fue la observación.

#### **2.4.2. Instrumentos**

Los instrumentos a utilizar para la presente investigación son, la ficha de registro de análisis de laboratorio (Ver Anexo 1.), la Ficha de registro de elaboración de prototipos (Ver Anexo 5.) y la Ficha de recolección de datos (Ver Anexo 9.).

#### **2.4.3. Validez**

La presente investigación fue sometida a evaluación por jurados expertos en los temas relacionados a la investigación, dando validez a las técnicas e instrumentos utilizados para su desarrollo (Ver anexos del 1 al 12).

#### **2.4.4. Confiabilidad**

Se evaluó la confiabilidad de los instrumentos mediante la cantidad de datos obtenidos a través del uso de los instrumentos en el desarrollo de la presente investigación.

#### **2.4.4.1. Ficha de registro de análisis de laboratorio**

El instrumento fue evaluado mediante el juicio de 3 expertos y valorado según criterios de claridad, objetividad, actualidad, organización, suficiencia, intencionalidad, consistencia, coherencia, metodología y pertinencia, obteniéndose valoraciones de aceptación de 95%, 85% y 90% (anexos del 1 al 4).

Además, los resultados del análisis realizado fueron respaldados por los laboratorios de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Mayor de San Marcos (anexo 15).

#### **2.4.4.2. Ficha de registro de elaboración de prototipos**

El instrumento fue evaluado mediante el juicio de 3 expertos y valorado según criterios de claridad, objetividad, actualidad, organización, suficiencia, intencionalidad, consistencia, coherencia, metodología y pertinencia, obteniéndose valoraciones de aceptación de 95%, 85% y 90% (anexos del 5 al 8).

Además, el instrumento fue utilizado para recabar los parámetros de elaboración de los 10 prototipos elaborados en la presente investigación, los cuales fueron respaldados por los laboratorios de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Mayor de San Marcos (anexo 15).

#### **2.4.4.3. Ficha de recolección de datos**

El instrumento fue evaluado mediante el juicio de 3 expertos y valorado según criterios de claridad, objetividad, actualidad, organización, suficiencia, intencionalidad, consistencia, coherencia, metodología y pertinencia, obteniéndose valoraciones de aceptación de 95%, 85% y 90% (anexos del 9 al 12).

Además, el instrumento fue utilizado para recabar 17 rondas de muestreo de cada uno de los 10 prototipos elaborados en la presente investigación, los cuales fueron respaldados por los laboratorios de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Mayor de San Marcos (anexo 15).

#### **2.4.5. Equipos e insumos**

Los equipos e insumos que se utilizaron para el desarrollo de los prototipos fueron:

- 1 espectrómetro de rayos X para caracterizar el Dióxido de Titanio
- 1 balanza OHAUS Pioneer
- 10 láminas FTO como sustrato conductor de los prototipos
- 1 spin coater Schwan EZ4 para la formación de películas delgadas homogéneas
- 1 agitador magnético CAT M6 para la elaboración de la pasta de Dióxido de Titanio
- 250 cc de electrolito de Yoduro de Potasio
- 1 horno Camsco CP-72 para el proceso de sinterizado de las películas delgadas de Dióxido de Titanio sobre el sustrato conductor FTO.

Los equipos utilizados para la obtención de datos de los prototipos previamente elaborados fueron:

- 1 piranómetro TENMARS TM-750 para medir la intensidad de radiación incidente en los prototipos
- 2 multímetros SANWA CD771 para medir el voltaje de los prototipos de célula nano estructurada.

#### **2.5. Métodos de análisis de datos**

El método de análisis de datos consistió en comparar los resultados obtenidos de la experimentación con cada uno de los prototipos, mediante el uso del análisis estadístico Chi-Cuadrado, el software SPSS y el software Excel se corroboró qué pigmento y tiempo de exposición del mismo otorga mayor eficiencia energética.

#### **2.6. Aspectos éticos**

Toda la Información que se presenten esta investigación estará debidamente referenciada y se incluirán todos los medios probatorios que certifiquen la autenticidad y validez de la información que se presente.

#### **2.7. Turnitin**

Que bajo sometimiento de la presente investigación al software Turnitin, se determina el 18% de índice de similitud (Ver anexo 16).

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Caracterización del dióxido de titanio

Las pruebas realizadas con equipo de difracción de rayos X en el Centro de Investigaciones Tecnológicas, Biomédicas y Medioambientales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos mostraron que el dióxido de titanio utilizado en la investigación estaba en fase Rutilo.

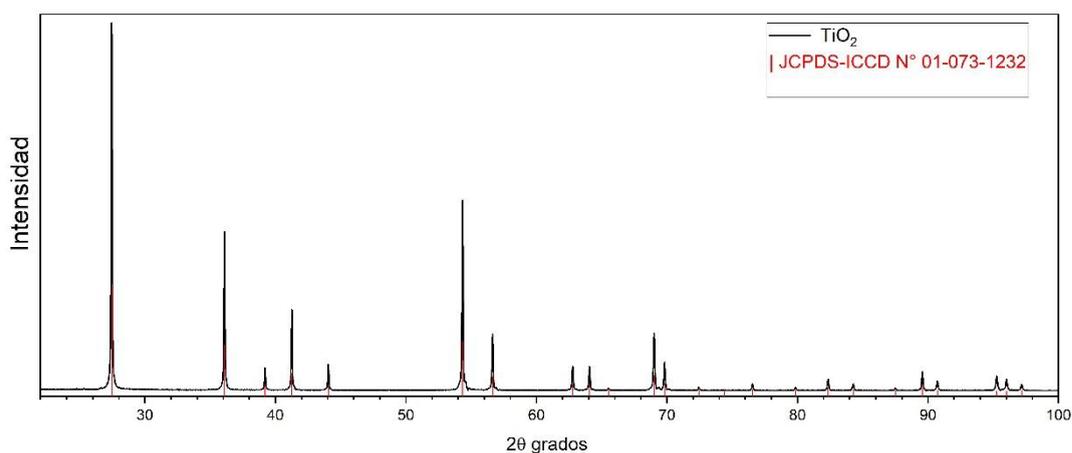


Figura 18. Análisis de difracción de rayos X.

### 3.2. Elaboración de los prototipos

Los prototipos elaborados según los parámetros de la investigación se reflejan en las siguientes tablas:

**Tabla 011.** Ficha de registro de elaboración de prototipos pigmentados con aguaymanto

N° de prototipo	Vol. TiO2 (ml)	rpm	t de rpm (s)	t de sinterizado (s)	T de sinterizado (°C)	t de pigmentación (h:m:s)
1	0.45	500	20	1260	450	02:39:11.07
2	0.45	500	20	10320	450	02:00:05.06
3	0.45	500	20	10320	450	01:30:08.26
4	0.45	500	20	10320	450	01:00:06.24
5	0.45	500	20	10320	450	00:30:11.72

Fuente: Propia

**Tabla 012.** Ficha de registro de elaboración de prototipos pigmentados con camu camu

N° de prototipo	Vol. TiO2 (ml)	rpm	t de rpm (s)	t de sinterizado (s)	T de sinterizado (°C)	t de pigmentación (h:m:s)
6	0.45	500	20	10320	450	02:30:04.62
7	0.45	500	20	10320	450	02:00:07.95
8	0.45	500	20	10320	450	01:30:21.93
9	0.45	500	20	10320	450	01:00:09.40
10	0.45	500	20	10320	450	00:30:04.82

Fuente: Propia

### 3.3. Prueba de los prototipos

Los prototipos elaborados fueron probados en Chaclacayo obteniéndose los siguientes resultados:

#### 3.3.1. Prototipo 1

Pigmentado con aguaymanto por un lapso de 2h 39m 11.07s, presentó en campo un rendimiento promedio de  $2.31E-6$  % de eficiencia, con una incidencia de irradiación solar promedio de  $1079.47 \text{ W/m}^2$  sobre una superficie de trabajo de  $6.82 \text{ cm}^2$ .

**Tabla 013.** Ficha de recolección de datos del prototipo 1

Prototipo	Voltaje (V)	Resistencia ( $\Omega$ )	Amperaje (A)	Potencia (W)	Irradiación ( $\text{W/m}^2$ )	Superficie ( $\text{cm}^2$ )	Eficiencia (%)
001	0,0927	500000	1,854E-07	1,7187E-08	1083	6.82	2.3269E-06
001	0,0926	500000	1,852E-07	1,715E-08	1082	6.82	2.324E-06
001	0,0925	500000	0,000000185	1,7113E-08	1086	6.82	2.3105E-06
001	0,0924	500000	1,848E-07	1,7076E-08	1081	6.82	2.3161E-06
001	0,0923	500000	1,846E-07	1,7039E-08	1081	6.82	2.3111E-06
001	0,0922	500000	1,844E-07	1,7002E-08	1081	6.82	2.3061E-06
001	0,0923	500000	1,846E-07	1,7039E-08	1079	6.82	2.3154E-06
001	0,0924	500000	1,848E-07	1,7076E-08	1083	6.82	2.3119E-06
001	0,0923	500000	1,846E-07	1,7039E-08	1082	6.82	2.309E-06
001	0,0924	500000	1,848E-07	1,7076E-08	1082	6.82	2.314E-06
001	0,0923	500000	1,846E-07	1,7039E-08	1081	6.82	2.3111E-06
001	0,0922	500000	1,844E-07	1,7002E-08	1078	6.82	2.3125E-06
001	0,0921	500000	1,842E-07	1,6965E-08	1077	6.82	2.3097E-06
001	0,0922	500000	1,844E-07	1,7002E-08	1077	6.82	2.3147E-06
001	0,092	500000	0,000000184	1,6928E-08	1070	6.82	2.3197E-06
001	0,0921	500000	1,842E-07	1,6965E-08	1073	6.82	2.3183E-06
001	0,0922	500000	1,844E-07	1,7002E-08	1075	6.82	2.319E-06

Fuente: Propia

### 3.3.2. Prototipo 2

Pigmentado con aguaymanto por un lapso de 2h 00m 05.06s, presentó en campo un rendimiento promedio de  $1.55E-7$  % de eficiencia, con una incidencia de irradiación solar promedio de  $1066.35 \text{ W/m}^2$  sobre una superficie de trabajo de  $7.04 \text{ cm}^2$ .

**Tabla 014.** Ficha de recolección de datos del prototipo 2

Prototipo	Voltaje (V)	Resistencia ( $\Omega$ )	Amperaje (A)	Potencia (W)	Irradiación ( $\text{W/m}^2$ )	Superficie ( $\text{cm}^2$ )	Eficiencia (%)
002	0,0237	500000	4,74E-08	1,12338E-09	1070	7,04	1,49132E-07
002	0,0236	500000	4,72E-08	1,11392E-09	1069	7,04	1,48014E-07
002	0,0237	500000	4,74E-08	1,12338E-09	1067	7,04	1,49551E-07
002	0,0238	500000	4,76E-08	1,13288E-09	1067	7,04	1,50816E-07
002	0,0239	500000	4,78E-08	1,14242E-09	1067	7,04	1,52086E-07
002	0,024	500000	0,000000048	1,152E-09	1069	7,04	1,53074E-07
002	0,0241	500000	4,82E-08	1,16162E-09	1069	7,04	1,54353E-07
002	0,0242	500000	4,84E-08	1,17128E-09	1071	7,04	1,55345E-07
002	0,0243	500000	4,86E-08	1,18098E-09	1071	7,04	1,56632E-07
002	0,0242	500000	4,84E-08	1,17128E-09	1068	7,04	1,55782E-07
002	0,0243	500000	4,86E-08	1,18098E-09	1070	7,04	1,56778E-07
002	0,0242	500000	4,84E-08	1,17128E-09	1065	7,04	1,56221E-07
002	0,0241	500000	4,82E-08	1,16162E-09	1066	7,04	1,54787E-07
002	0,0242	500000	4,84E-08	1,17128E-09	1062	7,04	1,56662E-07
002	0,0243	500000	4,86E-08	1,18098E-09	1061	7,04	1,58108E-07
002	0,0244	500000	4,88E-08	1,19072E-09	1059	7,04	1,59713E-07
002	0,0245	500000	0,000000049	1,2005E-09	1057	7,04	1,6133E-07

Fuente: Propia

### 3.3.3. Prototipo 3

Pigmentado con aguaymanto por un lapso de 1h 30m 08.26s, presentó en campo un rendimiento promedio de  $1.28E-7$  % de eficiencia, con una incidencia de irradiación solar promedio de  $1040.47 \text{ W/m}^2$  sobre una superficie de trabajo de  $7.04 \text{ cm}^2$ .

**Tabla 015.** *Ficha de recolección de datos del prototipo 3*

Prototipo	Voltaje (V)	Resistencia ( $\Omega$ )	Amperaje (A)	Potencia (W)	Irradiación (W/m <sup>2</sup> )	Superficie (cm <sup>2</sup> )	Eficiencia (%)
003	0,0214	500000	4,28E-08	9,1592E-10	1035	7,04	1,257E-07
003	0,0213	500000	4,26E-08	9,0738E-10	1036	7,04	1,2441E-07
003	0,0212	500000	4,24E-08	8,9888E-10	1037	7,04	1,2313E-07
003	0,0213	500000	4,26E-08	9,0738E-10	1041	7,04	1,2381E-07
003	0,0212	500000	4,24E-08	8,9888E-10	1040	7,04	1,2277E-07
003	0,0213	500000	4,26E-08	9,0738E-10	1036	7,04	1,2441E-07
003	0,0214	500000	4,28E-08	9,1592E-10	1031	7,04	1,2619E-07
003	0,0215	500000	4,3E-08	9,245E-10	1034	7,04	1,27E-07
003	0,0216	500000	4,32E-08	9,3312E-10	1039	7,04	1,2757E-07
003	0,0217	500000	4,34E-08	9,4178E-10	1040	7,04	1,2863E-07
003	0,0218	500000	4,36E-08	9,5048E-10	1043	7,04	1,2945E-07
003	0,0219	500000	4,38E-08	9,5922E-10	1048	7,04	1,3001E-07
003	0,022	500000	4,4E-08	9,68E-10	1047	7,04	1,3133E-07
003	0,0221	500000	4,42E-08	9,7682E-10	1045	7,04	1,3278E-07
003	0,0222	500000	4,44E-08	9,8568E-10	1045	7,04	1,3398E-07
003	0,0223	500000	4,46E-08	9,9458E-10	1046	7,04	1,3506E-07
003	0,0224	500000	4,48E-08	1,0035E-09	1045	7,04	1,3641E-07

Fuente: Propia

### 3.3.4. Prototipo 4

Pigmentado con aguaymanto por un lapso de 1h 00m 06.24s, presentó en campo un rendimiento promedio de 1.068E-7 % de eficiencia, con una incidencia de irradiación solar promedio de 1003.71 W/m<sup>2</sup> sobre una superficie de trabajo de 7.59 cm<sup>2</sup>.

**Tabla 016.** Ficha de recolección de datos del prototipo 4

Prototipo	Voltaje (V)	Resistencia (Ω)	Amperaje (A)	Potencia (W)	Irradiación (W/m <sup>2</sup> )	Superficie (cm <sup>2</sup> )	Eficiencia (%)
004	0,0194	500000	3,88E-08	7,5272E-10	1000	7,59	9,91726E-08
004	0,0195	500000	0,000000039	7,605E-10	1000	7,59	1,00198E-07
004	0,0196	500000	3,92E-08	7,6832E-10	1002	7,59	1,01026E-07
004	0,0197	500000	3,94E-08	7,7618E-10	1004	7,59	1,01856E-07
004	0,0198	500000	3,96E-08	7,8408E-10	1006	7,59	1,02688E-07
004	0,0199	500000	3,98E-08	7,9202E-10	1008	7,59	1,03522E-07
004	0,02	500000	0,00000004	8E-10	1007	7,59	1,04669E-07
004	0,0201	500000	4,02E-08	8,0802E-10	1007	7,59	1,05718E-07
004	0,0202	500000	4,04E-08	8,1608E-10	1006	7,59	1,06879E-07
004	0,0203	500000	4,06E-08	8,2418E-10	1006	7,59	1,0794E-07
004	0,0204	500000	4,08E-08	8,3232E-10	1007	7,59	1,08898E-07
004	0,0205	500000	0,000000041	8,405E-10	1007	7,59	1,09968E-07
004	0,0206	500000	4,12E-08	8,4872E-10	1005	7,59	1,11264E-07
004	0,0207	500000	4,14E-08	8,5698E-10	1003	7,59	1,12571E-07
004	0,0206	500000	4,12E-08	8,4872E-10	1002	7,59	1,11598E-07
004	0,0207	500000	4,14E-08	8,5698E-10	993	7,59	1,13705E-07
004	0,0208	500000	4,16E-08	8,6528E-10	1000	7,59	1,14003E-07

Fuente: Propia

### 3.3.5. Prototipo 5

Pigmentado con aguaymanto por un lapso de 0h 30m 11.72s, presentó en campo un rendimiento promedio de  $5.64E-7$  % de eficiencia, con una incidencia de irradiación solar promedio de  $938.17 \text{ W/m}^2$  sobre una superficie de trabajo de  $6.51 \text{ cm}^2$ .

**Tabla 017.** Ficha de recolección de datos del prototipo 5

Prototipo	Voltaje (V)	Resistencia ( $\Omega$ )	Amperaje (A)	Potencia (W)	Irradiación (W/m <sup>2</sup> )	Superficie (cm <sup>2</sup> )	Eficiencia (%)
005	0,0413	500000	8,26E-08	3,4114E-09	938	6,51	5,587E-07
005	0,0412	500000	8,24E-08	3,3949E-09	937	6,51	5,565E-07
005	0,0413	500000	8,26E-08	3,4114E-09	941	6,51	5,569E-07
005	0,0412	500000	8,24E-08	3,3949E-09	943	6,51	5,53E-07
005	0,0413	500000	8,26E-08	3,4114E-09	939	6,51	5,581E-07
005	0,0414	500000	8,28E-08	3,4279E-09	936	6,51	5,626E-07
005	0,0413	500000	8,26E-08	3,4114E-09	936	6,51	5,599E-07
005	0,0414	500000	8,28E-08	3,4279E-09	940	6,51	5,602E-07
005	0,0413	500000	8,26E-08	3,4114E-09	937	6,51	5,593E-07
005	0,0414	500000	8,28E-08	3,4279E-09	937	6,51	5,62E-07
005	0,0415	500000	8,3E-08	3,4445E-09	937	6,51	5,647E-07
005	0,0416	500000	8,32E-08	3,4611E-09	939	6,51	5,662E-07
005	0,0417	500000	8,34E-08	3,4778E-09	939	6,51	5,689E-07
005	0,0418	500000	8,36E-08	3,4945E-09	941	6,51	5,704E-07
005	0,0419	500000	8,38E-08	3,5112E-09	939	6,51	5,744E-07
005	0,042	500000	8,4E-08	3,528E-09	935	6,51	5,796E-07
005	0,0421	500000	8,42E-08	3,5448E-09	935	6,51	5,824E-07

Fuente: Propia

### 3.3.6. Prototipo 6

Pigmentado con camu camu por un lapso de 2h 30m 04.62s, presentó en campo un rendimiento promedio de  $7.47E-7$  % de eficiencia, con una incidencia de irradiación solar promedio de  $1073.76 \text{ W/m}^2$  sobre una superficie de trabajo de  $7.04 \text{ cm}^2$ .

**Tabla 018.** Ficha de recolección de datos del prototipo 6

Prototipo	Voltaje (V)	Resistencia ( $\Omega$ )	Amperaje (A)	Potencia (W)	Irradiación ( $\text{W/m}^2$ )	Superficie ( $\text{cm}^2$ )	Eficiencia (%)
006	0,0533	500000	1,07E-07	5,6818E-09	1083	7,04	7,4522E-07
006	0,0532	500000	1,06E-07	5,6605E-09	1082	7,04	7,4311E-07
006	0,0533	500000	1,07E-07	5,6818E-09	1083	7,04	7,4522E-07
006	0,0532	500000	1,06E-07	5,6605E-09	1081	7,04	7,438E-07
006	0,0533	500000	1,07E-07	5,6818E-09	1080	7,04	7,4729E-07
006	0,0532	500000	1,06E-07	5,6605E-09	1079	7,04	7,4518E-07
006	0,0533	500000	1,07E-07	5,6818E-09	1082	7,04	7,4591E-07
006	0,0532	500000	1,06E-07	5,6605E-09	1080	7,04	7,4449E-07
006	0,0531	500000	1,06E-07	5,6392E-09	1062	7,04	7,5426E-07
006	0,0532	500000	1,06E-07	5,6605E-09	1067	7,04	7,5356E-07
006	0,0531	500000	1,06E-07	5,6392E-09	1063	7,04	7,5355E-07
006	0,053	500000	1,06E-07	5,618E-09	1063	7,04	7,5072E-07
006	0,0529	500000	1,06E-07	5,5968E-09	1068	7,04	7,4438E-07
006	0,053	500000	1,06E-07	5,618E-09	1068	7,04	7,472E-07
006	0,0529	500000	1,06E-07	5,5968E-09	1069	7,04	7,4369E-07
006	0,053	500000	1,06E-07	5,618E-09	1070	7,04	7,4581E-07
006	0,0531	500000	1,06E-07	5,6392E-09	1074	7,04	7,4583E-07

Fuente: Propia

### 3.3.7. Prototipo 7

Pigmentado con camu camu por un lapso de 2h 00m 07.95s, presentó en campo un rendimiento promedio de 2.94E-8 % de eficiencia, con una incidencia de irradiación solar promedio de 1053.71 W/m<sup>2</sup> sobre una superficie de trabajo de 7.59 cm<sup>2</sup>.

**Tabla 019.** *Ficha de recolección de datos del prototipo 7*

Prototipo	Voltaje (V)	Resistencia (Ω)	Amperaje (A)	Potencia (W)	Irradiación (W/m <sup>2</sup> )	Superficie (cm <sup>2</sup> )	Eficiencia (%)
007	0,0092	500000	1,84E-08	1,6928E-10	1051	7,59	2,1221E-08
007	0,0096	500000	1,92E-08	1,8432E-10	1054	7,59	2,304E-08
007	0,0106	500000	2,12E-08	2,2472E-10	1054	7,59	2,809E-08
007	0,0101	500000	2,02E-08	2,0402E-10	1052	7,59	2,5551E-08
007	0,0107	500000	2,14E-08	2,2898E-10	1054	7,59	2,8623E-08
007	0,0108	500000	2,16E-08	2,3328E-10	1053	7,59	2,9188E-08
007	0,0109	500000	2,18E-08	2,3762E-10	1053	7,59	2,9731E-08
007	0,0108	500000	2,16E-08	2,3328E-10	1053	7,59	2,9188E-08
007	0,0109	500000	2,18E-08	2,3762E-10	1053	7,59	2,9731E-08
007	0,011	500000	2,2E-08	2,42E-10	1053	7,59	3,0279E-08
007	0,0111	500000	2,22E-08	2,4642E-10	1053	7,59	3,0832E-08
007	0,0112	500000	2,24E-08	2,5088E-10	1053	7,59	3,139E-08
007	0,0113	500000	2,26E-08	2,5538E-10	1055	7,59	3,1893E-08
007	0,0114	500000	2,28E-08	2,5992E-10	1056	7,59	3,2429E-08
007	0,0114	500000	2,28E-08	2,5992E-10	1055	7,59	3,246E-08
007	0,0115	500000	2,3E-08	2,645E-10	1055	7,59	3,3032E-08
007	0,0116	500000	2,32E-08	2,6912E-10	1056	7,59	3,3577E-08

Fuente: Propia

### 3.3.8. Prototipo 8

Pigmentado con camu camu por un lapso de 1h 30m 21.93s, presentó en campo un rendimiento promedio de  $4.57E-8$  % de eficiencia, con una incidencia de irradiación solar promedio de  $1040.82 \text{ W/m}^2$  sobre una superficie de trabajo de  $7.26 \text{ cm}^2$ .

**Tabla 020.** Ficha de recolección de datos del prototipo 8

Prototipo	Voltaje (V)	Resistencia ( $\Omega$ )	Amperaje (A)	Potencia (W)	Irradiación ( $\text{W/m}^2$ )	Superficie ( $\text{cm}^2$ )	Eficiencia (%)
008	0,0127	500000	2,54E-08	3,226E-10	1035	7,26	4,293E-08
008	0,0126	500000	2,52E-08	3,175E-10	1036	7,26	4,2216E-08
008	0,0125	500000	2,5E-08	3,125E-10	1040	7,26	4,1389E-08
008	0,0126	500000	2,52E-08	3,175E-10	1033	7,26	4,2338E-08
008	0,0127	500000	2,54E-08	3,226E-10	1030	7,26	4,3138E-08
008	0,0128	500000	2,56E-08	3,277E-10	1035	7,26	4,3609E-08
008	0,0129	500000	2,58E-08	3,328E-10	1039	7,26	4,4122E-08
008	0,013	500000	2,6E-08	3,38E-10	1040	7,26	4,4766E-08
008	0,0131	500000	2,62E-08	3,432E-10	1041	7,26	4,5414E-08
008	0,0132	500000	2,64E-08	3,485E-10	1048	7,26	4,5802E-08
008	0,0133	500000	2,66E-08	3,538E-10	1047	7,26	4,6543E-08
008	0,0134	500000	2,68E-08	3,591E-10	1045	7,26	4,7335E-08
008	0,0135	500000	2,7E-08	3,645E-10	1045	7,26	4,8045E-08
008	0,0136	500000	2,72E-08	3,699E-10	1045	7,26	4,8759E-08
008	0,0137	500000	2,74E-08	3,754E-10	1046	7,26	4,9431E-08
008	0,0138	500000	2,76E-08	3,809E-10	1044	7,26	5,0252E-08
008	0,0139	500000	2,78E-08	3,864E-10	1045	7,26	5,0934E-08

Fuente: Propia

### 3.3.9. Prototipo 9

Pigmentado con camu camu por un lapso de 1h 00m 09.40s, presentó en campo un rendimiento promedio de 1.03E-6 % de eficiencia, con una incidencia de irradiación solar promedio de 1004.35 W/m<sup>2</sup> sobre una superficie de trabajo de 6.51 cm<sup>2</sup>.

**Tabla 021.** *Ficha de recolección de datos del prototipo 9*

Prototipo	Voltaje (V)	Resistencia (Ω)	Amperaje (A)	Potencia (W)	Irradiación (W/m <sup>2</sup> )	Superficie (cm <sup>2</sup> )	Eficiencia (%)
009	0,0572	500000	1,14E-07	6,5437E-09	1000	6,51	1,0052E-06
009	0,0573	500000	1,15E-07	6,5666E-09	1000	6,51	1,0087E-06
009	0,0574	500000	1,15E-07	6,5895E-09	1001	6,51	1,0112E-06
009	0,0575	500000	1,15E-07	6,6125E-09	1003	6,51	1,0127E-06
009	0,0576	500000	1,15E-07	6,6355E-09	1004	6,51	1,0152E-06
009	0,0577	500000	1,15E-07	6,6586E-09	1006	6,51	1,0167E-06
009	0,0578	500000	1,16E-07	6,6817E-09	1008	6,51	1,0182E-06
009	0,0579	500000	1,16E-07	6,7048E-09	1007	6,51	1,0228E-06
009	0,058	500000	1,16E-07	6,728E-09	1006	6,51	1,0273E-06
009	0,0581	500000	1,16E-07	6,7512E-09	1006	6,51	1,0309E-06
009	0,0582	500000	1,16E-07	6,7745E-09	1007	6,51	1,0334E-06
009	0,0581	500000	1,16E-07	6,7512E-09	1006	6,51	1,0309E-06
009	0,0582	500000	1,16E-07	6,7745E-09	1008	6,51	1,0324E-06
009	0,0583	500000	1,17E-07	6,7978E-09	1006	6,51	1,038E-06
009	0,0584	500000	1,17E-07	6,8211E-09	1003	6,51	1,0447E-06
009	0,0585	500000	1,17E-07	6,8445E-09	1001	6,51	1,0503E-06
009	0,0586	500000	1,17E-07	6,8679E-09	1002	6,51	1,0529E-06

Fuente: Propia

### 3.3.10. Prototipo 10

Pigmentado con camu camu por un lapso de 0h 30m 04.82s, presentó en campo un rendimiento promedio de  $2.68E-7$  % de eficiencia, con una incidencia de irradiación solar promedio de  $937.35 \text{ W/m}^2$  sobre una superficie de trabajo de  $7.36 \text{ cm}^2$ .

**Tabla 022.** Ficha de recolección de datos del prototipo 10

Prototipo	Voltaje (V)	Resistencia ( $\Omega$ )	Amperaje (A)	Potencia (W)	Irradiación ( $\text{W/m}^2$ )	Superficie ( $\text{cm}^2$ )	Eficiencia (%)
010	0,0308	500000	6,16E-08	1,8973E-09	938	7,36	2,7482E-07
010	0,0307	500000	6,14E-08	1,885E-09	936	7,36	2,7362E-07
010	0,0306	500000	6,12E-08	1,8727E-09	938	7,36	2,7126E-07
010	0,0305	500000	6,1E-08	1,8605E-09	936	7,36	2,7007E-07
010	0,0305	500000	6,1E-08	1,8605E-09	931	7,36	2,7152E-07
010	0,0304	500000	6,08E-08	1,8483E-09	937	7,36	2,6802E-07
010	0,0305	500000	6,1E-08	1,8605E-09	940	7,36	2,6892E-07
010	0,0304	500000	6,08E-08	1,8483E-09	940	7,36	2,6716E-07
010	0,0305	500000	6,1E-08	1,8605E-09	939	7,36	2,6921E-07
010	0,0304	500000	6,08E-08	1,8483E-09	939	7,36	2,6744E-07
010	0,0303	500000	6,06E-08	1,8362E-09	940	7,36	2,6541E-07
010	0,0302	500000	6,04E-08	1,8241E-09	940	7,36	2,6366E-07
010	0,0301	500000	6,02E-08	1,812E-09	940	7,36	2,6191E-07
010	0,0302	500000	6,04E-08	1,8241E-09	936	7,36	2,6478E-07
010	0,0303	500000	6,06E-08	1,8362E-09	935	7,36	2,6682E-07
010	0,0304	500000	6,08E-08	1,8483E-09	935	7,36	2,6859E-07
010	0,0305	500000	6,1E-08	1,8605E-09	935	7,36	2,7036E-07

Fuente: Propia

### 3.4. Análisis estadístico

A través de la prueba de normalidad realizada con el software de análisis estadístico SPSS se determinó que los resultados obtenidos de cada parámetro evaluado en los prototipos de mayor eficiencia de cada pigmento fueron paramétricos, por lo que se utilizó el método de análisis Pearson para determinar el grado de correlación entre las variables de Irradiación incidente sobre las células y el voltaje generado por los prototipos.

**Tabla 022.** Prueba de normalidad de los parámetros de eficiencia de los prototipos más eficientes de cada pigmento (prototipos 1 y 9).

Pruebas de normalidad <sup>c,d</sup>							
Prototipo		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Voltaje	1,00	,160	17	,200*	,959	17	,618
	9,00	,126	17	,200*	,965	17	,721
Amperaje	1,00	,160	17	,200*	,959	17	,618
	9,00	,126	17	,200*	,965	17	,721
Potencia	1,00	,160	17	,200*	,959	17	,618
	9,00	,125	17	,200*	,965	17	,728
Irradiación	1,00	,235	17	,013	,928	17	,200
	9,00	,252	17	,005	,897	17	,060
Eficiencia	1,00	,124	17	,200*	,955	17	,534
	9,00	,129	17	,200*	,956	17	,552

Fuente: Análisis por SPSS

**Tabla 023.** Análisis de correlación entre irradiación y voltaje del prototipo de mayor eficiencia, pigmentado con Aguaymanto (Prototipo 1).

Correlaciones			
		Irradiación	Voltaje
Irradiación	Correlación de Pearson	1	,811**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	17	17
Voltaje	Correlación de Pearson	,811**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	17	17

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Análisis por SPSS

**Tabla 024.** *Análisis de correlación entre irradiación y voltaje del prototipo de mayor eficiencia, pigmentado con Camu Camu (Prototipo 9).*

		Irradiación	Voltaje
Irradiación	Correlación de Pearson	1	,333
	Sig. (bilateral)		,192
	N	17	17
Voltaje	Correlación de Pearson	,333	1
	Sig. (bilateral)	,192	
	N	17	17

Fuente: Análisis por SPSS

De los análisis estadísticos realizados se desprende que existe una clara correlación entre el voltaje generado por la célula fotovoltaica pigmentada con Aguaymanto con un tiempo de exposición de 2h 30m y la irradiación solar incidente en su superficie; mientras que no se evidencia una correlación entre la irradiación solar incidente y el voltaje generado por la célula fotovoltaica pigmentada con Camu Camu, el que tuvo un tiempo de exposición de 1h. Debido a los resultados observados podría pensarse que el tiempo de exposición al pigmento es un factor determinante en el voltaje generado; sin embargo, de los datos que arrojan las tablas de recolección de cada prototipo (tablas del 013 al 022) se verifica que el tiempo de exposición no es un factor que incide en el voltaje generado por las células fotovoltaicas.

#### **IV. DISCUSIÓN**

La toma de datos de los parámetros de funcionamiento de los prototipos de células fotovoltaicas es un proceso que puede tener ciertas complicaciones de diversas índoles, tales como la variación del clima, la sensibilidad de los equipos, las escalas de medición de los parámetros, etcétera. En el proceso de medición de los datos previamente mostrados en la investigación se optó por desarrollar un circuito cerrado con una resistencia fija de 500 k $\Omega$  para poder determinar los valores de intensidad de corriente en cada prototipo mediante la Ley de Ohm, dado que el instrumento del que se disponía no contaba con la resolución de lectura para poder visualizar los valores.

A pesar de que las fechas en las que se probaron los prototipos en campo gozaban de cielo despejado, a medida que transcurrían las horas la radiación incidente sobre la superficie variaba, sin embargo, como los valores de eficiencia se obtenían a través del cálculo matemático de eficiencia de conversión de la célula, esta se mantenía casi constante. Cabe mencionar que la irradiación varió debido a que con el paso del tiempo el ángulo de incidencia de la irradiación cambiaba y no se contó con un sistema de rastreo solar.

Otro de las dificultades en el desarrollo de esta investigación fue encontrar un equipo que pudiera medir de manera confiable y continua los valores de irradiación solar, el Pyranometro TENMARS TM-750, que pude encontrar en la importadora Valiometro SAC.

En las investigaciones previas consultadas se pueden observar los resultados obtenidos mediante otros pigmentos orgánicos e inorgánicos. Se encontró que los procesos de producción de prototipos de células fotovoltaicas son mucho menos costoso y complicado de realizar al utilizar pigmentos orgánicos, sin embargo, los valores de rendimiento pueden fluctuar, ya que los pigmentos inorgánicos pueden ser desarrollados con características específicas que permitan otorgar una mayor eficiencia, tales como el ancho de banda de interacción entre la irradiación y el pigmento, así como un mayor tiempo de vida ante la degradación ambiental.

Dentro del desarrollo de la investigación se utilizaron 2 pigmentos nativos peruanos: aguaymanto y camu camu; y se desarrollaron 5 prototipos de cada uno con características idénticas entre ellos, a excepción del pigmento utilizado y el tiempo de exposición al

pigmento, de forma que cada prototipo de un pigmento tuviera un par homólogo del otro pigmento en función al tiempo de pigmentación utilizado en su desarrollo, obteniéndose los siguientes resultados:

- Para las 2h 30min de exposición al pigmento el prototipo de aguaymanto fue 67.66% más eficiente que el de camu camu
- Para las 2h de exposición al pigmento el prototipo de aguaymanto fue 81.03% más eficiente que el de camu camu
- Para la 1h 30min de exposición al pigmento el prototipo de aguaymanto fue 64.30% más eficiente que el de camu camu
- Para la 1h de exposición al pigmento el prototipo de camu camu fue 89.63% más eficiente que el de aguaymanto
- Para los 30min de exposición al pigmento el prototipo de aguaymanto fue 52.48% más eficiente que el de camu camu
- Entre los prototipos más eficientes de cada pigmento el prototipo de aguaymanto fue 55.41% superior al de camu camu

## **V. CONCLUSIONES**

Se encontró que el nivel de correlación entre los parámetros de eficiencia de las células fotovoltaicas nanoestructuradas a base de dióxido de titanio, sensibilizadas con pigmentos nativos peruanos era bastante alto en el uso del aguaymanto, con un valor de correlación de Pearson de 0.811 mientras que para el caso del camu camu, el valor de correlación de Pearson fue de 0.333. Así mismo, del análisis y comparación de la eficiencia energética producida por los 2 pigmentos nativos peruanos, se determinó que el pigmento de aguaymanto otorga una mayor eficiencia respecto al camu camu, ocurriendo además que, entre los prototipos más eficientes de los 10 prototipos desarrollados, el prototipo más eficiente con pigmento de aguaymanto fue 55.41% superior al más eficiente de camu camu.

Se determinó que el valor de correlación Pearson entre la irradiación incidente en la superficie de una célula fotovoltaica nanoestructurada pigmentada con aguaymanto (*Physalis peruviana*) con el voltaje producido por la misma fue de 0.811, es decir que la aplicación del pigmento produce una alta eficiencia en la generación de voltaje casi sin alteración de su proceso. Cabe mencionar que la influencia del pigmento a base de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en la célula fotovoltaica nano estructurada tuvo el mayor porcentaje de eficiencia en un tiempo de exposición de 2h 39m 11.07s y su valor medio fue de 2.33E-6 %.

Se determinó que el valor de correlación Pearson entre la irradiación incidente en la superficie de una célula fotovoltaica nanoestructurada pigmentada con camu camu (*Myrciaria dubia*) con el voltaje producido por la misma fue de 0.333, es decir que la aplicación del pigmento no produce una alta eficiencia en la generación de voltaje casi sin alteración de su proceso; probablemente existan otros factores que atenúen la eficiencia de los prototipos en los que se aplique este pigmento. Cabe mencionar que la influencia del pigmento a base de camu camu (*Myrciaria dubia*) en la célula fotovoltaica nano estructurada tuvo el mayor porcentaje de eficiencia en un tiempo de exposición de 1h 00m 09.40s y su valor medio fue de 1.03E-6 %.

Finalmente, se determinó que no existe una correlación entre el tiempo de exposición a los pigmentos y la eficiencia energética de un prototipo de célula fotovoltaica nano estructurada.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda ampliar las pruebas realizadas con el fin de tener un mayor espectro de resultados que reafirmen los hallazgos realizados en la investigación, encontrar nuevos pigmentos y mejorar la calidad de los prototipos con los que se ha trabajado.

Realizar pruebas de medición de eficiencia cuántica, para determinar con precisión la sensibilidad de los prototipos desarrollados con diferentes pigmentos. Es decir, la cantidad de fotones que interactúan con el pigmento y crean un par electrón hueco, determinando así la eficiencia de conversión de energía de la célula fotovoltaica.

Realizar pruebas introduciendo capas que dopen los prototipos de célula fotovoltaica para mejorar el rendimiento de conversión energética.

## **VII. REFERENCIAS**

- ABDULREHMAN, M.A., AL-KAMAL, A.K. y SALMAN, A.A., The effect of titanium dioxide nanoparticles thin layer on overall performance of dye sensitized solar cells. *International Journal of Energy & Environment* [en línea], vol. 7, no. 6, pp. Int. J. Energy Environ. 2016. [Consulta: 17 septiembre 2017]. Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=f24e4cd9-f64c-470d-89b2-1a9850bf7118%40sessionmgr4009>.
- AGENCIA CHILENA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, Qué es Eficiencia Energética. [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 1 octubre 2017]. Disponible en: <https://www.acee.cl/eficiencia-energetica/que-es-ee/>.
- ALARCÓN CAVERO, H.A., *CELDA SOLARES FOTOELECTROQUÍMICAS DE DIÓXIDO DE TITANIO SENSIBILIZADAS Y MODIFICADAS CON ALUMINIO* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Ingeniería. 2008. [Consulta: 25 septiembre 2017]. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/550/1/alarcon\\_ch.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/550/1/alarcon_ch.pdf).
- ARELLANO-ACUÑA, E., ROJAS-ZAVALETA, I. y PAUCAR-MENACHO, L., Camucamu (*Myrciaria dubia*): Tropical fruit of excellent functional properties that help to improve the quality of life. *Scientia Agropecuaria* [en línea], vol. 7, no. 4, pp. 433-443. 2016. [Consulta: 9 noviembre 2018]. ISSN 20779917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2016.04.08. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/1266>.
- ARENAS SÁNCHEZ, D.A. y ZAPATA CASTAÑO, H.S., *LIBRO INTERACTIVO SOBRE ENERGIA SOLAR Y SUS APLICACIONES* [en línea]. S.l.: Universidad Tecnológica de Pereira. 2011. [Consulta: 6 octubre 2017]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2369/62131244A681.pdf?sequence=1>.
- ASTRID GARZÓN, G., *LAS ANTOCIANINAS COMO COLORANTES NATURALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS: REVISIÓN* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Colombia. 2008. [Consulta: 26 noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a2.pdf>.
- BAETTIG, R., PERRÉ, P. y RÉMOND, R., APLICACIÓN DE ESPECTROMETRÍA DE RAYOS X PARA EL ESTUDIO DE LA MADERA: ALGUNOS RESULTADOS INICIALES. *Maderas. Ciencia y tecnología* [en línea], vol. 9, no. 3, pp. 271-283. 2007. [Consulta: 7 noviembre 2017]. DOI 10.4067/S0718-221X2007000300007.

- Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-221X2007000300007&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2007000300007&lng=en&nrm=iso&tlng=en).
- BANCO MUNDIAL, Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita) | Perú. [en línea]. 2014. [Consulta: 27 noviembre 2017]. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC?locations=PE>.
- BROWN, J., *Titanium Dioxide : Chemical Properties, Applications, and Environmental Effects* [en línea]. Hauppauge: Nova Science Publishers. 2014. [Consulta: 16 septiembre 2017]. ISBN 9781633213913. Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzgzMzA5MI9fQU41?sid=abb2f25c-b79e-4f55-a198-80d5a05558c2@sessionmgr4007&vid=9&format=EB&rid=5>.
- CASTRO GÓMEZ, J.C., GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ, F., ACUÑA AMARAL, C., CERDEIRA GUTIÉRREZ, L.A., TAPULLIMA PACAYA, A., COBOS RUIZ, M. y IMÁN CORREA, S.A., Variación del contenido de vitamina C y antocianinas en *Myrciaria dubia* "camu camu"; *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea], vol. 79, no. 4, pp. 319-330. 2013. [Consulta: 9 noviembre 2018]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2013000400004&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2013000400004&script=sci_abstract).
- CRUZ BORDA, W., *Celdas solares sensibilizadas con colorante utilizando foto electrodos de TiO<sub>2</sub>/ZrO<sub>2</sub>* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Ingeniería. 2016. [Consulta: 22 septiembre 2017]. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4893/1/cruz\\_bw.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4893/1/cruz_bw.pdf).
- DIESTRA RODRIGUEZ, A., *Evaluación de los parámetros de caracterización de celdas solares de silicio y de película delgada CdTe/CdS* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Trujillo. 2017. [Consulta: 20 septiembre 2017]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8280/DIESTRA RODRIGUEZ%20Alexander.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- GALICIA, M., MARTÍNEZ, V., LÓPEZ, A., SOLÍS, J. y GÓMEZ, M., CELDAS SOLARES DE DIÓXIDO DE TITANIO NANOESTRUCTURADO COMO ALTERNATIVA PARA LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL PERÚ. *XIX Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XIX- SPES)* [en línea]. Puno: s.n., 2012. [Consulta: 16 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2013/01/1.pdf>.

- HERNANDEZ MARTINEZ, A., *Estabilización de antocianinas extraídas de rosas rojas por medio de la copigmentación para su uso como colorantes naturales en la industria alimenticia y farmacéutica* [en línea]. S.l.: Universidad de las Américas. 2003. [Consulta: 26 noviembre 2017]. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lqf/hernandez\\_m\\_a/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lqf/hernandez_m_a/).
- HUAMÁN AGUIRRE, A.A., *PRODUCCIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO POR MOLIENDA HÚMEDA: CARACTERIZACIÓN Y APLICACIÓN A CELDAS SOLARES SENSIBILIZADAS CON COLORANTE* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Ingeniería. 2015. [Consulta: 23 septiembre 2017]. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4074/1/huaman\\_aa.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4074/1/huaman_aa.pdf).
- HUAMÁN AGUIRRE, A.A., *ELECTRODOS NANOESTRUCTURADOS DE TiO<sub>2</sub>/MgO APLICADOS A CELDAS SOLARES SENSIBILIZADAS CON COLORANTE* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Ingeniería. 2016. [Consulta: 29 septiembre 2017]. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4891/1/huaman\\_aa.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4891/1/huaman_aa.pdf).
- HUMBERTO MENDOZA, J. y RODRIGUEZ, A., Caracterización físico química de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 188-196. 2012. [Consulta: 9 noviembre 2018]. Disponible en: <http://revistabioteologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/bioteologia/article/view/251>.
- LALANA HERRAIZ, E., *Estudio de aleaciones de titanio pulvimetalúrgicas con adición de Fe y Cr* [en línea]. S.l.: Universidad Carlos III de Madrid. 2012. [Consulta: 4 octubre 2017]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10016/16818>.
- MARTÍNEZ GÓMEZ, E., *Efecto antihipertensivo del extracto etanólico de los frutos de *Physalis peruviana* L. «aguaymanto»; Ayacucho - 2014* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. 2015. [Consulta: 9 noviembre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1155>.
- MONTESINOS GARCÍA, F.J., *Dispositivos fotoelectrocrómicos: viabilidad de la utilización de electrodos sensibilizados con colorante* [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica de Cartagena. 2010. [Consulta: 2 octubre 2017]. Disponible en: <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/1782/pfm158.pdf;jsessionid=6CCD E92E146568E72CD458DB4EE1FBC4?sequence=1>.

- MORO VALLINA, M., *Instalaciones solares fotovoltaicas* [en línea]. S.l.: Paraninfo. 2010. [Consulta: 3 octubre 2017]. ISBN 9788497327763. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=X22CtI-VomgC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- MOURA, P.H.A., PIO, R., CURI, P.N., RODRIGUES, L.C. de A., BIANCHINI, F.G., BISI, R.B., MOURA, P.H.A., PIO, R., CURI, P.N., RODRIGUES, L.C. de A., BIANCHINI, F.G. y BISI, R.B., Cobertura plástica e densidade de plantio na qualidade das frutas de *Physalis peruviana* L. *Revista Ceres* [en línea], vol. 63, no. 3, pp. 334-339. 2016. [Consulta: 9 noviembre 2018]. ISSN 0034-737X. DOI 10.1590/0034-737X201663030009. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2016000300334&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2016000300334&lng=pt&tlng=pt).
- NASA y ATMOSPHERIC DATA CENTER, NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables. [en línea]. 2017. [Consulta: 27 noviembre 2017]. Disponible en: [https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=104079&lat=-12&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov&p=grid\\_id&p=clrskycook&p=clr\\_sky&p=daylight&p=ret\\_tlt0&p=mnavail1&step=2&lon=-76.75](https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=104079&lat=-12&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov&p=grid_id&p=clrskycook&p=clr_sky&p=daylight&p=ret_tlt0&p=mnavail1&step=2&lon=-76.75).
- NAUPA ROQUE, A.R., *Fabricación y caracterización de celdas solares sensibilizadas a base de dióxido de titanio nanoestructurado* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de ingeniería. 2012. [Consulta: 20 septiembre 2017]. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1511/1/naupa\\_ra.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1511/1/naupa_ra.pdf).
- PADRÓN, K., CONZALES, B., FORCADE, F., ZUMETA, I. y VIGIL, E., PROPIEDADES ÓPTICAS DEL DIÓXIDO DE TITANIO MESOPOROSO Y NANOCRISTALINO OBTENIDO CON LA TÉCNICA DE DOCTOR BLADE. *Revista Cubana de Física* [en línea], vol. 33, no. 1, pp. 27-31. 2016. [Consulta: 17 septiembre 2017]. ISSN 0253-9268. Disponible en: [www.revistacubanadefisica.org/index.php/rcf/article/download/10/13/](http://www.revistacubanadefisica.org/index.php/rcf/article/download/10/13/).
- PAEZ CARTAYA, I., RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, J.L. y CRUZ VIERA, L., Optimización de la extracción de antocianinas de *Hibiscus sabdariffa* L. y su caracterización cromática. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* [en línea], vol. 28, no. 2. 2018. [Consulta: 9 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.iiiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/download/500/469>.

- PRIETO MAHANEY, O.O., Estudio sobre las dependencias intrínsecas de las actividades fotocatalíticas sobre las propiedades estructurales y físicas de fotocatalizadores de óxido de titanio (IV). [en línea]. Hokkaido: 2009. [Consulta: 4 octubre 2017].  
Disponibile en: [http://www.bo.emb-japan.go.jp/itpr\\_es/Becas-Prieto.html](http://www.bo.emb-japan.go.jp/itpr_es/Becas-Prieto.html).
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, influir - Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario. [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 26 noviembre 2017]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=LXkg9ir>.
- REYES LEMUS, A.J., *Colorantes orgánicos de origen natural utilizados como sensibilizadores de celdas solares* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Colombia. 2014. [Consulta: 26 noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/50614/1/jesusarturoreyeslemus.2014.pdf>.
- ROJAS ESTELA, O., *CELDA SOLARES SELLADAS A BASE DE ÓXIDO DE TITANIO MODIFICADO SUPERFICIALMENTE CON ÓXIDO DE MAGNESIO* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Ingeniería. 2016. [Consulta: 28 septiembre 2017].  
Disponibile en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4888/1/rojas\\_eo.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4888/1/rojas_eo.pdf).
- SCHNEIDER ELECTRIC, Eficiencia energética: Manual de soluciones. *schneider-electric* [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 16 septiembre 2017]. Disponible en: [http://www.schneider-electric.com.ar/documents/solutions/catalogo\\_soluciones.pdf](http://www.schneider-electric.com.ar/documents/solutions/catalogo_soluciones.pdf).
- SIMEC CHILE SRL, *SIMEC CHILE SRL* [en línea]. S.l.: SIMEC CHILE SRL. [sin fecha]. [Consulta: 6 octubre 2017]. Disponible en: [https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto\\_Simec\\_Chile.pdf?1287789602](https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.pdf?1287789602).
- TABARES, T., HERNÁNDEZ, J., BARRERA, D., GÓMEZ, A., BLANQUISETT, E., VARGAS, A., PALACIO, C., ARROYAVE, M., VARGAS, F. y ARIAS, J., ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE RECUBRIMIENTOS DE TiO<sub>2</sub> ELABORADOS MEDIANTE PROYECCIÓN TÉRMICA POR COMBUSTIÓN OXIACETILÉNICA A PARTIR DE POLVOS NANOMÉTRICOS. *Revista Colombiana de Materiales* [en línea], vol. 5, pp. 277-283. 2014. [Consulta: 8 octubre 2017]. Disponible en: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/materiales/article/view/19608/16669>.
- ZUMETA, I., DOCTEUR, S., GONZÁLEZ, B. y VIGIL, E., *Estudios para optimizar las celdas solares sensibilizadas* [en línea]. S.l.: Universidad de La Habana. [sin fecha].

[Consulta: 26 noviembre 2017]. Disponible en:

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar16/HTML/articulo01.htm>.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Primer instrumento

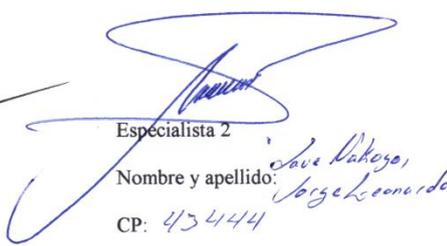
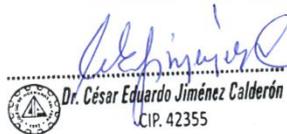
FICHA DE REGISTRO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Responsable: \_\_\_\_\_ DNI: \_\_\_\_\_

FICHA DE REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL DIÓXIDO DE TITANIO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Diámetro	nm	
% Anatasa	%	
% Rutilo	%	
Tipo de estructura	-	

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

 Especialista 1 ELMER DOMÍNGUEZ BARRERA SUÁREZ INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP N° 71998 CP: Fecha:	 Especialista 2 Nombre y apellido: <i>Jorge Leonardo</i> CP: <i>43444</i> Fecha: <i>09/11/10</i>	  Dr. César Eduardo Jiménez Calderón CIP. 42355 Especialista 3 Nombre y apellido: CP: Fecha:
--	---	---

## Anexo 2. Validación 1 del primer instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Denites Alvaro, Elymar Gonzales*  
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Coordinador de Investigación*  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de Análisis de Laboratorio  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Silva Pereyra, Rodolfo Gerardo Israel

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si
-

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, *09 de noviembre* del 2018

  
 FIRMA DEL **ELMER CONZALES BENITES ALFARO**  
 INGENIERO QUÍMICO  
 Reg. CIP N° 71998  
 DNI No. / Telf.

### Anexo 3. Validación 2 del primer instrumento



#### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

##### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Dave Nakayo Jorge Leonardo*  
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Docente - VCV*  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de Análisis de Laboratorio  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Silva Pereyra, Rodolfo Gerardo Israel

##### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

##### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

##### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, *09 de noviembre* del 2018

*[Firma]*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

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

## Anexo 4. Validación 3 del primer instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón, César Eduardo  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - Universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de Análisis de Laboratorio  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Silva Pereyra, Rodolfo Gerardo Israel

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 09 de noviembre del 2018

*César Jiménez*  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 DNI No..... Telf:.....



## Anexo 6. Validación 1 del segundo instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: *Danites Alarcó Elmer Gonzales*  
 5.2. Cargo e institución donde labora: *Coordinador de Investigación*  
 5.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de elaboración de prototipos  
 5.4. Autor(A) de Instrumento: Silva Pereyra, Rodolfo Gerardo Israel

#### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si
No

#### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, *09 de noviembre* del 2018

**ELMER GONZALES BRIBIESCA**  
 FIRMA DE INFORMANTE  
Reg. CIP N° 71998

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

## Anexo 7. Validación 2 del segundo instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: *Jave Nakayo, Jorge Leonardo*  
 5.2. Cargo e institución donde labora: *Docente - UCV*  
 5.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de elaboración de prototipos  
 5.4. Autor(A) de Instrumento: Silva Pereyra, Rodolfo Gerardo Israel

#### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

#### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, *09 de noviembre* del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. *21066613* Telf: *99.200.5015*

## Anexo 8. Validación 3 del segundo instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: *Jiménez Calderón, César Eduardo*  
 5.2. Cargo e institución donde labora: *Decente - Universidad César Vallejo*  
 5.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de elaboración de prototipos  
 5.4. Autor(A) de Instrumento: Silva Pereyra, Rodolfo Gerardo Israel

#### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si

#### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, *09 de noviembre* del 2018

*Ed Jiménez*  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

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



## Anexo 10. Validación 1 del segundo instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: *Benites Alcará, Elmer Gonzales*  
 9.2. Cargo e institución donde labora: *Coordinador de Investigación*  
 9.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos  
 9.4. Autor(A) de Instrumento: Silva Pereyra, Rodolfo Gerardo Israel

#### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

21
-

#### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, *09 de noviembre* del 2018

**ELMER GONZALES BENITES ALPANO**  
INGENIERO QUÍMICO

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

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

## Anexo 11. Validación 2 del segundo instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: *Jorge Nakaya, Jorge Leonardo*
- 9.2. Cargo e institución donde labora: *Docente - UCV*
- 9.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos
- 9.4. Autor(A) de Instrumento: Silva Pereyra, Rodolfo Gerardo Israel

#### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

#### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, *09 de noviembre* del 2018

*[Firma]*  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

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

## Anexo 12. Validación 2 del segundo instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: *Jiménez Calderón, César Eduardo*
- 9.2. Cargo e institución donde labora: *Docente - Universidad César Vallejo*
- 9.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos
- 9.4. Autor(A) de Instrumento: Silva Pereyra, Rodolfo Gerardo Israel

#### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si
No

#### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, ..... del 2018

*César Eduardo Jiménez Calderón*  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

..... FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

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

# Anexo 13. Valor mensual promedio con cielo despejado de Chaclacayo a 22 años de monitoreo

26/11/2017

NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables

[SSE Homepage](#)

[Find A Different Location](#)

[Accuracy](#)

[Methodology](#)

[Parameters \(Units & Definition\)](#)



## NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



Latitude **-12** / Longitude **-76.75** was chosen.

### Geometry Information

Elevation: **2557** meters  
taken from the  
NASA GEOS-4  
model elevation

Northern boundary  
**-11**

Center  
Latitude **-11.5**  
Longitude **-76.5**

Western boundary  
**-77**

Eastern boundary  
**-76**

Southern boundary  
**-12**

### Parameters for Solar Cooking:

#### Monthly Averaged Clear Sky Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m<sup>2</sup>/day)

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
22-year Average	7.91	7.82	7.31	6.50	5.87	5.61	5.82	6.46	7.05	7.58	7.76	7.75

[Parameter Definition](#)

### Parameters for Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications:

#### Monthly Averaged Clear Sky Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m<sup>2</sup>/day)

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22-year Average	7.91	7.82	7.31	6.50	5.87	5.61	5.82	6.46	7.05	7.58	7.76	7.75	6.94

[Parameter Definition](#)

### Solar Geometry:

#### Monthly Averaged Daylight Hours (hours)

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average	12.7	12.4	12.1	11.8	11.5	11.4	11.4	11.7	12.0	12.3	12.6	12.8

[Parameter Definition](#)

### Parameters for Tilted Solar Panels:

#### Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m<sup>2</sup>/day)

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average

<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=104079&lat=-12&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov...> 1/2

SSE HRZ	5.97	5.99	6.11	5.80	5.27	4.68	4.91	5.44	5.97	6.34	6.61	6.39	5.78
K	0.53	0.54	0.58	0.61	0.62	0.59	0.60	0.60	0.60	0.59	0.60	0.57	0.59
Diffuse	2.31	2.32	2.01	1.66	1.39	1.37	1.39	1.57	1.84	2.09	2.12	2.18	1.85
Direct	5.26	5.20	5.87	6.26	6.33	5.68	5.90	6.02	6.00	6.02	6.43	6.10	5.93
Tilt 0	5.85	5.89	6.03	5.74	5.22	4.65	4.87	5.39	5.90	6.24	6.48	6.26	5.71
Tilt 12	5.93	5.86	6.06	6.03	5.73	5.19	5.39	5.76	6.03	6.13	6.56	6.39	5.92
Tilt 27	5.77	5.58	5.82	6.12	6.09	5.61	5.78	5.94	5.91	5.71	6.35	6.27	5.91
Tilt 90	2.54	2.05	2.22	3.28	4.08	4.10	4.07	3.52	2.59	1.74	2.56	2.81	2.97
OPT	5.93	5.90	6.07	6.13	6.14	5.72	5.86	5.95	6.03	6.24	6.56	6.39	6.08
OPT ANG	11.0	4.00	8.00	23.0	36.0	40.0	38.0	28.0	14.0	0.00	10.0	14.0	18.9

NOTE: Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above 0.8.

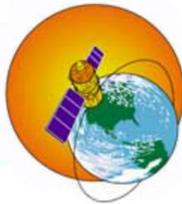
[Parameter Definition](#)

**Parameters for Sizing Battery or other Energy-storage Systems:**

**Minimum Available Insolation Over A Consecutive-day Period (%)**

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Min/1 day	47.7	53.4	52.7	53.9	52.7	56.2	60.8	32.7	65.1	58.8	23.1	33.3
Min/3 day	61.5	64.2	66.6	68.0	67.1	65.9	67.0	68.3	75.3	63.3	53.9	54.9
Min/7 day	71.7	66.8	72.4	72.4	71.6	68.1	68.4	76.0	78.7	72.5	66.7	64.9
Min/14 day	74.9	73.7	81.9	79.4	82.9	74.3	75.5	80.4	84.7	81.7	77.8	76.8
Min/21 day	77.9	80.8	84.6	81.0	86.9	80.4	76.6	84.8	87.7	82.2	86.2	83.6
Min/Month	81.5	82.3	85.9	87.0	90.5	81.0	81.6	90.0	90.9	89.9	90.4	89.3

[Parameter Definition](#)



[Back to SSE  
Data Set Home  
Page](#)

Responsible > Data: Paul W. Stackhouse, Jr., Ph.D.  
 Officials > Archive: John M. Kusterer  
 Site Administration/Help: NASA Langley [ASDC](#) User  
 Services ([Contact Us](#))  
[\[Privacy Policy and Important Notices\]](#)  
 Document generated on Sun Nov 26 20:59:45 EST 2017

## Anexo 14. Valor mensual promedio de Chaclacayo a 22 años de monitoreo

26/11/2017

NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables

[SSE  
Homepage](#)

[Find A Different Location](#)

[Accuracy](#)

[Methodology](#)

[Parameters  
\(Units & Definition\)](#)



### NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



Latitude **-12** / Longitude **-76.75** was chosen.

#### Geometry Information

Elevation: **2557** meters  
taken from the  
NASA GEOS-4  
model elevation

Northern boundary  
**-11**

Western boundary **-77**      Center  
Latitude **-11.5**      Eastern boundary  
Longitude **-76.5**      **-76**

Southern boundary  
**-12**

#### Parameters for Solar Cooking:

##### Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m<sup>2</sup>/day)

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
22-year Average	5.97	5.99	6.11	5.80	5.27	4.68	4.91	5.44	5.97	6.34	6.61	6.39

[Parameter Definition](#)

#### Parameters for Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications:

##### Monthly Averaged Direct Normal Radiation (kWh/m<sup>2</sup>/day)

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22-year Average	5.26	5.20	5.87	6.26	6.33	5.68	5.90	6.02	6.00	6.02	6.43	6.10	5.93

##### Minimum And Maximum Difference From Monthly Averaged Direct Normal Radiation (%)

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Minimum	-21	-18	-15	-10	-7	-20	-21	-6	-8	-9	-8	-6
Maximum	26	28	11	12	7	9	3	12	9	10	10	22

NOTE: Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above 0.8.

[Parameter Definition](#)

#### Parameters for Tilted Solar Panels:

##### Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m<sup>2</sup>/day)

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average

<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?num=104079&lat=-12&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov...> 1/3

SSE HRZ	5.97	5.99	6.11	5.80	5.27	4.68	4.91	5.44	5.97	6.34	6.61	6.39	5.78
K	0.53	0.54	0.58	0.61	0.62	0.59	0.60	0.60	0.60	0.59	0.60	0.57	0.59
Diffuse	2.31	2.32	2.01	1.66	1.39	1.37	1.39	1.57	1.84	2.09	2.12	2.18	1.85
Direct	5.26	5.20	5.87	6.26	6.33	5.68	5.90	6.02	6.00	6.02	6.43	6.10	5.93
Tilt 0	5.85	5.89	6.03	5.74	5.22	4.65	4.87	5.39	5.90	6.24	6.48	6.26	5.71
Tilt 12	5.93	5.86	6.06	6.03	5.73	5.19	5.39	5.76	6.03	6.13	6.56	6.39	5.92
Tilt 27	5.77	5.58	5.82	6.12	6.09	5.61	5.78	5.94	5.91	5.71	6.35	6.27	5.91
Tilt 90	2.54	2.05	2.22	3.28	4.08	4.10	4.07	3.52	2.59	1.74	2.56	2.81	2.97
OPT	5.93	5.90	6.07	6.13	6.14	5.72	5.86	5.95	6.03	6.24	6.56	6.39	6.08
OPT ANG	11.0	4.00	8.00	23.0	36.0	40.0	38.0	28.0	14.0	0.00	10.0	14.0	18.9

NOTE: Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above 0.8.

[Parameter Definition](#)

**Parameters for Sizing Battery or other Energy-storage Systems:**

**Minimum Available Insolation Over A Consecutive-day Period (%)**

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Min/1 day	47.7	53.4	52.7	53.9	52.7	56.2	60.8	32.7	65.1	58.8	23.1	33.3
Min/3 day	61.5	64.2	66.6	68.0	67.1	65.9	67.0	68.3	75.3	63.3	53.9	54.9
Min/7 day	71.7	66.8	72.4	72.4	71.6	68.1	68.4	76.0	78.7	72.5	66.7	64.9
Min/14 day	74.9	73.7	81.9	79.4	82.9	74.3	75.5	80.4	84.7	81.7	77.8	76.8
Min/21 day	77.9	80.8	84.6	81.0	86.9	80.4	76.6	84.8	87.7	82.2	86.2	83.6
Min/Month	81.5	82.3	85.9	87.0	90.5	81.0	81.6	90.0	90.9	89.9	90.4	89.3

[Parameter Definition](#)

**Parameters for Sizing Surplus-product Storage Systems:**

**Available Surplus Insolation Over A Consecutive-day Period (%)**

Lat -12 Lon -76.75	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Max/1 day	144	147	131	128	131	138	136	138	136	134	132	136
Max/3 day	132	140	123	124	130	134	133	127	122	125	124	131
Max/7 day	126	130	118	122	123	122	126	120	115	118	122	128
Max/14 day	122	126	114	120	118	115	117	114	113	113	117	124
Max/21 day	120	123	112	116	111	113	112	114	110	112	113	118
Max/Month	118	120	111	113	109	111	108	112	109	110	110	117

[Parameter Definition](#)

[Back to SSE  
Data Set Home  
Page](#)

Responsible > Data: Paul W. Stackhouse, Jr., Ph.D.  
 Officials > Archive: John M. Kusterer  
 Site Administration/Help: NASA Langley [ASDC](#) User  
 Services [\(Contact Us\)](#)  
[\[Privacy Policy and Important Notices\]](#)  
 Document generated on Sat Nov 18 17:33:05 EST 2017

## Anexo 15. Certificado de acceso a laboratorios



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Lima, 09 de Noviembre de 2018

El Suscrito, Dr. Justiniano Quispe Marcatoma, co-responsable del Laboratorio de Difracción de Rayos X de la Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional mayor de San Marcos (UNMSM),

### CERTIFICA,

Que el Sr. Rodolfo Gerardo Israel Silva Pereyra, identificado con DNI N° 76591981, estudiante de X ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental en la Universidad Privada César Vallejo, realizó durante los días del 10 al 12 de octubre del presente año, el montaje y las medidas experimentales de su trabajo de tesis titulado **“Análisis comparado de la eficiencia energética de células fotovoltaicas nanoestructuradas a base de dióxido de titanio, sensibilizadas con colorantes nativos peruanos, en Chaclacayo – 2018”**. El trabajo experimental fue realizado bajo mi supervisión y tutoría en los laboratorios de síntesis y caracterización de nuevos materiales y en el Laboratorio de difracción de Rayos X, Facultad de Ciencias Físicas-UNMSM.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado.

Dr. Justiniano Quispe Marcatoma  
Laboratorio de Difracción de Rayos X  
Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Nacional mayor de San Marcos



# Anexo 16. Índice de similitud - Turnitin

feedback studio Rodolfo Gerardo Israel SILVA PEREYRA EFICIENCIA DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS NANOESTRUCTURADAS A BASE DE DIÓXIDO DE TITANIO

**Resumen de coincidencias**

**18 %**

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

coincidencias

Número	Fuente	Porcentaje
1	repositorio.ucv.edu.pe	4 %
2	Entregado a Universidad...	2 %
3	cybertesis.uni.edu.pe	2 %
4	dispace.untriu.edu.pe	1 %
5	www.bdigital.unal.edu...	<1 %
6	Entregado a Universida...	<1 %
7	www.scielo.org.pe	<1 %
8	repositorio.ucaolica.ed...	<1 %
9	Paula Nogueira CURI, C...	<1 %
10	repositorio.uancv.edu.pe	<1 %
11	Entregado a Universida...	<1 %

18

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EFICIENCIA DE LAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS NANOESTRUCTURADAS A BASE DE DIÓXIDO DE TITANIO. SENSITIVIZADAS CON PIGMENTOS NATIVOS PERUANOS, EN CHACLACAYO - 2018"

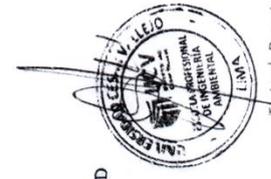
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:  
RODOLFO GERARDO ISRAEL SILVA PEREYRA

ASESOR:  
Dr. ELMER BENITES ALFARO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD

LIMA - PERÚ  
2018 - II



Página 1 de 95    Número de palabras: 13961    High Resolution    Activado

**Anexo 17. Acta de aprobación de la tesis**

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE          ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, Benites Alfaro Elmer....., docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional de Ing. Ambiental, de la Universidad César Vallejo Ln (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada:  
 " Eficiencia de las células fotovoltaicas nanoestructuradas a base de dióxido de titanio, sensibilizadas con pigmentos nativos peruanos, en Chacabayo-2018."

del (de la) estudiante ..... constató que la investigación tiene un índice de similitud de 16 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó 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.

Los olivos 13 de Dic..... de 2018



*[Handwritten Signature]*  
 .....  
 Firma de Docente  
 DNI: 07867259.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Anexo 18. Formulario de autorización electrónica de tesis



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS**

**1. DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Silva Peregza, Rodolfo Gerardo Israel  
D.N.I. : 76591981  
Domicilio : Jr. Jerónimo de Aliaga Sur 486 Surco  
Teléfono : Fijo : 3443264 Móvil : 921095550  
E-mail : r.peregza@pvhco.es

**2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS**

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería  
Escuela : Ingeniería Ambiental  
Carrera : Ingeniería Ambiental  
Título : Ingeniero Ambiental

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :  
Mención :

**3. DATOS DE LA TESIS**

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Silva Peregza, Rodolfo Gerardo Israel

Título de la tesis:

Eficiencia de las células fotovoltaicas  
nanestructuradas a base de dióxido de titanio sensibilizadas  
con pigmentos nativos peruanos, en Chaclacayo - 2018  
Año de publicación : 2018

**4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN  
ELECTRÓNICA:**

A través del presente documento,

Sí autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma : 

Fecha : .....

**Anexo 19. Autorización de la Versión final de la Tesis**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
EP DE INGENIERÍA AMBIENTAL

---

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

SILVA PEREYRA RODOLFO GERARDO ISRAEL

INFORME TÍTULADO:

“EFICIENCIA DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS NANOESTRUCTURADAS A  
BASE DE DIÓXIDO DE TITANIO, SENSITIVIZADAS CON COLORANTES  
NATIVOSPERUANOS, EN CHACLACAYO – 2018”

---

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

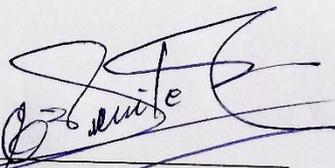
---

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 13/12/2018

NOTA O MENCIÓN: Dieciocho (18)



  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN