

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENCIAS FÍSICAS**



**“INVESTIGACION DEL COMPORTAMIENTO DE CELDAS SOLARES EN
DIFERENTES CONDICIONES USANDO LA CAMARA DE
TEMPERATURA Y HUMEDAD”**

**PROYECTO FINANCIADO CON RECURSOS PROPIOS
Resolución HCC N° 008/2021**

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

Lic. Eloy Tola Catarí
Univ. Gloria Evelin Vargas Sirpa

EL ALTO – BOLIVIA

2021

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico
RECTOR

Dr. Efrain Chambi Vargas Ph. D.
VICERRECTOR

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lic. Faustino Ticona Jauira
DIRECTOR a.i. DE CARRERA DE CIENCIAS FISICAS Y ENERGIAS ALTERNATIVAS

Lic. Wilfredo Cano Mamani
COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FISICAS

REGISTRO SENAPI Resolución Administrativa NRO 1-3247/2021

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre. 2021

El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

El Instituto de Investigación de la Carrera de Ciencias Físicas y Energías Alternativas tiene a bien presentar el Proyecto de Investigación titulado “Estudio del Comportamiento de Celdas Solares en Diferentes Condiciones Usando la Cámara de Temperatura y Humedad”, mismo que es producto de la Investigación desarrollada por el Lic. Eloy Tola Catari y la Univ. Univ. Gloria Evelin Vargas Sirpa. El mencionado proyecto nace de la inquietud de desarrollar investigación respecto al comportamiento de Celdas fotovoltaicas en distintas condiciones de Temperatura y Humedad mediante el uso de equipos recientemente adquiridos por la Carrera de Ciencias Físicas y Energías Alternativas como ser la Cámara de Temperatura y humedad, fuente de tensión, enmarcado en la Implementación de equipamiento del Centro de Investigación en Energías Alternativas en la UPEA.

En tal sentido este proyecto de Investigación es nuevo no solo en nuestra ciudad sino a nivel nacional no existe un laboratorio con las características de Energías Alternativas según investigamos en el Viceministerio de Energías Alternativas, asimismo se vio por conveniente realizar esta investigación en nuestra universidad y de esta manera tener una utilidad real que pueda contribuir no solo a nuestra ciudad sino a nuestro país y región.

Es de conocimiento público que este año 2021 se está viviendo todavía las restricciones de la Pandemia del Covid-19, pese a ello se avanzó en lo humanamente posible con el presente proyecto, que sin lugar a dudas es una contribución real al desarrollo de nuestra carrera ya que se pretende contar con una siguiente fase a partir de los resultados obtenidos por esta investigación en este campo.

Lic. Wilfredo Cano Mamani
COORDINADOR
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FISICAS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Al concluir con el presente trabajo de “INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE CELDAS SOLARES EN DIFERENTES CONDICIONES USANDO LA CÁMARA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD”, deseo expresar mi agradecimiento a las autoridades de la Universidad Pública de El Alto (UPEA) del departamento de La Paz, así como a las autoridades de la Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT), Carrera de Ciencias Físicas y Energías Alternativas (CCPHEA), y al Instituto de Investigaciones en Ciencias Físicas (IICF), por permitirme contribuir con esta investigación para posteriormente con este conocimiento se desarrolle tecnología que beneficie a la sociedad; aquí, comprendí que la labor intelectual dedicada a la enseñanza, a corto o largo plazo, rinde frutos en términos de satisfacción espiritual y de haber cumplido con el deber de dejar cimentado un hecho que aporte al desarrollo de la comunidad.

Lic. Eloy Tola Catarí
INVESTIGADOR PRINCIPAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENCIAS FISICAS

INDICE

	Pagina
CAPITULO I	
1.1 Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del Problema.	3
1.2.1 Descripción del problema en Bolivia.	8
1.3 El problema.	9
1.4 Formulación del problema.	10
1.5 Objetivos.	10
1.5.1. Objetivo General.	10
1.5.2 Objetivos Específicos.	10
1.6 Diagnóstico.	10
1.7 Hipótesis.	10
1.8 Justificación.	11
1.8.1 Justificación desde el punto de vista ambiental.	11
1.8.2 Justificación económica.	11
1.8.3 Justificación Social.	12
1.8.4 Justificación Tecnológica.	12
1.9 Alcances y Límites.	13
CAPÍTULO II	
MARCO TEORICO.	
2.1 Conceptos Físicos.	14
2.1.1 Energía.	14
2.1.1.1 Energía Solar.	15
2.1.1.1.1 Energía Solar Fotovoltaica.	16
2.2 Conceptos Tecnológicos.	18
2.2.1 Panel Solar.	18
2.3 Marco Teórico.	19
2.4 Análisis de experiencias.	24
2.5 Mencione investigaciones relativas al tema.	31
2.6. Mencione puntos de vista de otros investigadores.	35
2.7. Corriente o enfoque elegido por el investigador.	35
2.8. Identificación de fuentes.	
CAPITULO III	
MARCO METODOLOGICO	
3.1 Metodología.	37
3.1.1 Desarrollo durante la prueba en la cámara de temperatura y humedad.	39

3.1.2 Desarrollo durante la prueba de exposición de los paneles a la radiación solar.	40
3.2 Tipo de Investigación.	40
3.3 Diseño de Investigación.	40
3.4 Variables de Investigación.	41
3.5 Población y Muestra.	41
3.6 Ambiente de la Investigación	43
3.7 Técnicas e Instrumentos.	44
3.8 Procedimientos de la Investigación.	44
3.9 Mencione puntos de vista de otros investigadores.	48
3.10 Corrientes o enfoque elegido por el investigador.	49
CAPITULO IV	
RESULTADOS	
4.1.1. Instalación del panel solar fotovoltaico para ser sometido a prueba.	51
CAPITULO V	
Conclusiones	78
CAPITULO IV	
Recomendaciones.	79
6.1. OBSERVACIONES.	80
BIBLIOGRAFIA	80

INDICE DE FIGURAS.

	Pagina
Figura 1. Imagen de un sistema con energías renovables (Fuente: solartechmo)	1
Figura 2. Países y su consumo de energía eléctrica	15
Figura 3. Radiación solar en la superficie terrestre (Fuente: meteorologiaenred.com)	16
Figura 4. Central solar (Fuente: Guaracachi.com.bo)	17
Figura 5. Efecto Fotoeléctrico (Fuente: Áreatecnología.com)	18
Figura 6. Esquema circuital de un panel solar (Fuente: ve.scielo.com)	19
Figura 7. Mapa e Radiación Solar de Bolivia (scielo.org.bo)	20
Figura 8. Unidades FV instaladas en 11 años. (Fuente: monografía.com)	21
Figura 9. Sistema Interconectado Nacional (Fuente: ende.bo)	22
Figura 10. Toma de datos (Fuente: elaboración propia)	25
Figura 11. Cielo despejado (Fuente: Elaboración propia)	25
Figura 12. Ambiente de la Investigación.	43
Figura 13. Cámara de temperatura CTS. Fuente: Catálogo de CTS	48

INDICE DE GRAFICOS.

	Pagina
Gráfica 1. Irradiación medida con relación al tiempo	28
	30
Gráfica 3. Tensión generada con relación a la Irradiación solar	64
Gráfica 4. Ajuste de la curva de la gráfica 3	64
Gráfica 5. Tensión generada con relación a la Temperatura del Panel FV	66
Gráfica 6. Ajuste de curva para la gráfica 5	66
Gráfica 7. Tensión generada panel FV con relación a la Irradiación solar	69
Gráfica 8. Ajuste de curva de la gráfica 7	69
Gráfica 9. Tensión generada por el panel FV con relación a la irradiación solar	71
Gráfica 10. Ajuste de curva correspondiente a la gráfica 9	71
Gráfica 11. Tensión generada con relación a la temperatura del panel FV	71
Gráfica 12. Ajuste de curva correspondiente a la gráfica 11	72
Gráfica 13. Tensión generada con relación a la temperatura del panel FV	73
Gráfica 14. Ajuste de curva correspondiente a la gráfica 13	75
Gráfica 15. Tensión generada con relación a la Irradiación solar	76

INDICE DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1. Tarifa de electricidad de 2019	9
Tabla 1. Datos medidos: Irradiación, tensión generada y temperatura (panel)	26
Tabla 2. Relación tiempo Vs irradiación	27
Tabla 3. Relación entre la Tensión generada Vs Irradiación	29
Tabla 4. Datos medidos de irradiación, tensión generada y temperatura (panel)	52
Tabla 5. Tensión generada con relación a Irradiación solar	63
Tabla 6. Tensión generada con relación a la temperatura del panel	65
Tabla 7 Tensión generada en el panel FV con relación a Irradiación solar	67
Tabla 8. Relacion Tensión generada VS Irradiación solar.	68
Tabla 9. Temperatura del panel con relación a la Tensión generada	70
Tabla 10. Tensión generada Vs Irradiación solar	73
Tabla 11. Tensión generada con relación a la densidad de irradiación solar.	75

INDICE DE IMÁGENES

	Pagina
Imagen N° 1. Imágenes del proceso de toma de datos durante la investigación	53
Imagen N° 2. Orientación de los paneles solares fotovoltaicos	54
Imagen N° 3. Posicionamiento de los paneles e instrumentos	54
Imagen N° 4. Toma de datos relacionados con la densidad de potencia y tensión eléctrica generada en los paneles	55
Imagen N° 5. Cielo parcialmente nublado	55
Imagen N° 6. Cielo con nubosidad considerable	56
Imagen N° 7. Lectura de tensiones generadas por los paneles solares fotovoltaicos	56
Imagen N° 8. Medición de la irradiación captada por los paneles solares fotovoltaicos	57
Imagen N° 9. Cielo despejado, emitiendo buena irradiación	57
Imagen N° 10. Lectura de la densidad de irradiación solar	58
Imagen N° 11. Cámara de temperatura con panel solar FV dentro de ella	58
Imagen n° 12. Cámara preparada para iniciar el calentamiento	59
Imagen N° 13. Panel solar FV sometido a temperatura dentro de la cámara	59
Imagen n° 14. Panel solar fotovoltaico sometido a enfriamiento	60
Imagen N° 15. Panel con deformaciones o bolsas de aire en la cara posterior	60
Imagen N° 16. Medida de la temperatura con termómetro laser en la cara anterior	61
Imagen n° 17. Medida de la tensión después de la prueba de temperatura en la cámara.	61
Imagen N° 18. Deformación en el marco por efecto de la temperatura.	62

Resumen

Desde que el hombre apareció en el planeta, este ha intervenido y alterado el medio ambiente con sus actividades y casi siempre con el afán de dañar, sin preocuparle la situación, porque en esos tiempos eran pocos y apenas perceptible el daño; en la actualidad el cambio ambiental es muy considerable, en el que se ve el deterioro en todo el planeta, en el que se está exagerando en la explotación de muchos recursos y las materias primas se van agotando a consecuencia de no respetar las medidas de protección del medio ambiente y producto de este desacato, el calentamiento global más temprano que tarde sentiremos sus efectos.

La Tierra está cubierta por la atmósfera, y está constituida por diferentes capas de gases como: el oxígeno, nitrógeno y una pequeña porción de dióxido de carbono, que protegen al planeta contra el frío espacial y evita que la radiación solar ultravioleta del tipo B y C ingresen sin filtrar y de esa manera evita la destrucción de los seres vivos y hace posible el cumplimiento del ciclo del oxígeno y del bióxido de carbono, como ya contaminamos la atmósfera con gases productores del calentamiento global; esto debe motivarnos a nivel mundial para cambiar la matriz energética y optar por las energías alternativas como una opción posible, viable y factible que permita disminuir este problema y la energía solar fotovoltaica es la más práctica y fácil de aplicar, es la razón por la cual se realiza la investigación del comportamiento de las celdas solares en diferentes condiciones usando la cámara de temperatura y humedad, en este caso para producir el envejecimiento prematuro de las celdas mediante el aumento progresivo de la temperatura hasta ocasionar daño en la estructura interna de la celda y de esta forma conocer la magnitud de la temperatura que en este caso es de 140° C a 175° C que deteriora la estructura interna del panel y de esta experiencia se recolecta la información de todo el proceso de envejecimiento está almacenado en tablas, gráficas y procedimientos seguidos; está documentado en las imágenes fotográficas que se presenta en este caso, para proseguir después en una segunda parte, que consiste en investigar sobre la posibilidad de ensamblar paneles solares fotovoltaicos en el laboratorio de la carrera de ciencias físicas y energías alternativas y ver la manera de favorecer a la comunidad como un aporte de la Universidad Pública de El Alto a la sociedad tanto del área urbana periférica y del área rural con preferencia.

Abstract

Since man appeared on the planet, he has intervened and altered the environment with his activities and almost always of a damaging order, in addition to never being concerned about this situation, because in those times there were few and the damage was little perceptible; At present, environmental change is very considerable, it occurs throughout the entire planet, and being a limited system, it is exaggerating in the exploitation of many resources and raw materials that are being depleted as a result of not respecting the conditions of protection of the environment and product of this contempt is global warming that sooner or later we will experience its effects. If the Earth is covered by the atmosphere that is made up of different layers composed of the following gases: oxygen, nitrogen and a small portion of carbon dioxide, which fulfill the functions of protecting the planet against space cold in addition to preventing radiation solar ultraviolet types B and C enter unfiltered and in this way avoid the destruction of living beings and make possible the fulfillment of the oxygen and carbon dioxide cycle, as we already pollute the atmosphere with gases that produce global warming; This should motivate us worldwide to change the energy matrix and opt for alternative energies as a possible, viable and feasible option that allows to reduce this problem and photovoltaic solar energy is the most practical and easy to apply, is the reason why The investigation of the behavior of solar cells in different conditions is carried out using the temperature and humidity chamber, in this case to produce premature aging of the cells through the progressive increase in temperature until causing damage to the internal structure of the cell and In this way, knowing the magnitude of the temperature, which in this case is from 140 ° C to 175 ° C, that deteriorates the internal structure of the panel and from this experience, the information of the entire aging process is collected, it is stored in tables, diagrams and procedures followed, is documented in the photographic images presented in this case, to be continued later in a second Part, which consists of investigating the possibility of assembling photovoltaic solar panels in the laboratory of the physical sciences and alternative energies career and seeing how to favor the community as a contribution of the Public University of El Alto to the society of both the Peripheral urban area and rural area with preference.