



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN  
CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

**CALCULO ANALÍTICO DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN ÓPTIMA DE LOS PANELES SOLARES TERRESTRES PARA LA LOCALIDAD DE PUNO PARA OBTENER EL MÁXIMO RENDIMIENTO**

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Recursos Naturales y Medio Ambiente	Energías Renovables	

3. Duración del proyecto (meses)

**12**

4. Tipo de proyecto

Individual	<input type="radio"/>
Multidisciplinario	<input checked="" type="radio"/>
Director de tesis pregrado	<input type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	ARREDONDO MAMANI, JAMES ROLANDO
Escuela Profesional	Ing. Electrónica
Celular	985005690
Correo Electrónico	jarredondo@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	APAZA CRUZ, JORGE LUIS
Escuela Profesional	Ing. Electrónica
Celular	951800159
Correo Electrónico	jlapaza@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	MARTINEZ GARCIA ALIOSKA JESSICA
Escuela Profesional	Arquitectura y urbanismo
Celular	962216157
Correo Electrónico	amartinez@unap.edu.pe

- I. Título (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr. Máx. palabras 25)



CALCULO ANALÍTICO DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN ÓPTIMA DE LOS PANELES SOLARES TERRESTRES PARA LA LOCALIDAD DE PUNO PARA OBTENER EL MÁXIMO RENDIMIENTO

- II. Resumen del Proyecto de Tesis (Debe ser suficientemente informativo, presentando -igual que un trabajo científico- una descripción de los principales puntos que se abordarán, objetivos, metodología y resultados que se esperan)

Para el uso eficiente de la energía solar, la elección de la ubicación y dirección óptimas de los paneles solares es una de las cuestiones más importantes. Encontrar la solución correcta para este problema es especialmente importante en las regiones montañosas que tienen una topografía compleja. Se presenta un método analítico para la determinación de la dirección diaria óptima del panel. El método se basa en un modelo matemático simple de radiación solar, que determina la cantidad de energía solar para cualquier instante de tiempo y cualquier punto. La dirección óptima del panel solar se determina analíticamente, como una solución del sistema de ecuaciones. Se realiza un algoritmo para la determinación de direcciones óptimas diarias, mensuales, estacionales y anuales. Se presentan los resultados de los cálculos y mediciones para el sitio elegido. El método puede ser especialmente útil para la determinación inteligente de la dirección óptima y la instalación de paneles en cualquier región.

- III. Palabras claves (Keywords) (Colocadas en orden de importancia. Máx. palabras: cinco)

Energía solar, Ángulo óptimo, Sistema PV, Panel solar, Irradiancia.

- IV. Justificación del proyecto (Describa el problema y su relevancia como objeto de investigación. Es importante una clara definición y delimitación del problema que abordará la investigación, ya que temas cuya definición es difusa o amplísima son difíciles de evaluar y desarrollar)

Se sabe que las fuentes de energías renovables, se presentan como una solución a la contaminación del medio ambiente (Adams & Acheampong, 2019), este ha cobrado importancia en diferentes partes del mundo por cuanto se considera que las fuentes tradicionales de energía en especial los que vienen de la fuente fósil son los que presentan más contaminación al medio ambiente. Algunas de las principales fuentes de energía renovable son el Sol y el Viento, estos han cobrado notable importancia en todo el mundo y se proyecta que este tipo de energías seguirán su incremento. Respecto al horizonte con este tipo de fuente energética la Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency – IEA), en el 2018 publicó una prospectiva de cómo se espera que evolucione las fuentes de energía eléctrica al 2040 (The International Energy Agency, 2020). Según IEA la energía eólica para la generación eléctrica a nivel mundial alcanzará alrededor del 10% mientras que la energía solar un 12%, por otro lado, la energía eléctrica obtenida por fuentes convencionales aun tendrá una notable participación. En particular, la inclinación angular de un panel puede afectar en gran medida su rendimiento general. Por tanto, muchos estudios apuntan a encontrar la inclinación óptima que maximice el nivel de insolación anual. Para escoger la dirección óptima de los paneles solares, existen varios métodos siendo el más popular el de la latitud del lugar donde se instalará el sistema. Otros métodos utilizados son los métodos analíticos, como una solución del sistema de ecuaciones o los métodos que utilizan el cálculo integral y optimización (Rauf Gardashov, 2020).



- V. Antecedentes del proyecto** (Incluya el estado actual del conocimiento en el ámbito nacional e internacional. La revisión bibliográfica debe incluir en lo posible artículos científicos actuales, para evidenciar el conocimiento existente y el aporte de la Tesis propuesta. Esto es importante para el futuro artículo que resultará como producto de este trabajo)

La energía renovable por lo general se convierte en energía eléctrica. Para convertir la energía solar en energía eléctrica, generalmente se procede de dos formas: por un lado, con termo centrales solares, basados en Concentración de Energía Solar (Concentraing Solar Power - CSP) y por otro lado con Energía Solar Fotovoltaica (Photovoltaic - PV), esta última transforma la energía solar en energía eléctrica de forma directa a diferencia de CSP. La tecnología basada en CPS, usa una serie de transformaciones energéticas, desde la energía solar, el calor, procesos térmicos, la energía mecánica, y finalmente obtener energía eléctrica (Islam, Huda, Abdullah, & R. Saidur, 2018). La transformación de energía usando tecnología PV, transforma directamente la energía solar en energía eléctrica usando paneles solares fotovoltaicos. En ambos casos de conversión de energía, para obtener la mejor eficiencia se debe tomar en cuenta la irradiancia y por tanto la inclinación por parte del CSP o el los paneles PV.

Para aprovechar la irradiancia del sol se han propuesto diferentes métodos, como los sistemas de seguimiento solar, que hacen que los paneles sigan la irradiancia del sol, no obstante, estos sistemas requieren un mantenimiento adicional debido a la presencia de componentes giratorios de los ejes que hacen que el sistema siga la luz solar y por otro lado estos sistemas contienen un diseño y un mecanismo de control más complejos (Awasthi, y otros, 2020), también existe el problema del autoconsumo de energía del sistema giratorio. Por otro lado, existe los sistemas estáticos, es decir que los paneles se ubican en una dirección fija anual o se van variando la inclinación de manera trimestral, estos sistemas por lo general usan un control electrónico para buscar el punto de máxima potencia disponible del panel PV en esas condiciones esto se conoce como el seguidor del punto de máxima potencia (MPPT), para este objetivo se proponen varios algoritmos de búsqueda desde lo más simples hasta los que cuentan con cierta inteligencia artificial (Arredondo & Luyo, 2018), en este último sistema se debe escoger un ángulo óptimo para los paneles solares.

- VI. Hipótesis del trabajo** (Es el aporte proyectado de la investigación en la solución del problema)

La determinación del ángulo de inclinación optimo ayudara a aprovechar al máximo la energía solar

- VII. Objetivo general**

Determinar de forma analítica el ángulo de inclinación optimo

- VIII. Objetivos específicos**

Determinar los parámetros que influyen en la irradiancia total sobre una superficie  
Obtener los datos para el cálculo analítico  
Elaborar las curvas de energía anual para diferentes inclinaciones

- IX. Metodología de investigación** (Describir el(los) método(s) científico(s) que se empleará(n) para alcanzar los objetivos específicos, en forma coherente a la hipótesis de la investigación. Sustentar, con base bibliográfica, la pertinencia del(los) método(s) en términos de la representatividad de la muestra y de los resultados que se esperan alcanzar. Incluir los análisis estadísticos a utilizar)

El método de investigación es analítico, sintético, estudiando los elementos físicos particulares y los comportamientos de los distintos componentes ángulos de inclinación óptima, para su uso y aprovechamiento en la optimización del algoritmo de control, para someter a un objeto a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variable dependiente). Se diferencia de la investigación de campo por la manipulación y control de variables según (Hernandez et al., 2010).

- X. Referencias** (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)

Adams, S., & Acheampong, A. O. (2019). Reducing carbon emissions: The role of renewable energy and democracy. *J. Clean. Prod.*

Arredondo, J., & Luyo, J. E. (2018). Methods of extracting the point of maximum power ( MPPT ) in photovoltaic systems , an evaluation with the Entropy of Shannon. *IEEE ANDESCON 2018*, 1-4.

Awasthi, A., Shukla, A. K., S.R., M. M., Dondariya, C., Shukla, K., Porwal, D., & Richhariya, G. (2020). Review on sun tracking technology in solar PV system. *Energy Reports*, 392-405.

Chen, W., Huang, A., Li, C., Wang, G., & Gu, W. (2013). Analysis and Comparison of Medium Voltage High Power DC / DC Converters for Offshore Wind Energy Systems. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2014 - 2023.

Cooper, P. I. (1969). The Absorption of Solar Radiation in Solar Stills. *Solar Energy*(12), 3.

Doncker, W. A., & Divan, D. M. (1999). A Three-phase Soft-Switched High-Power-Density dc/dc Converter for High-Power Applications. *IEEE Trans. Ind. Appl.*

G, D., & Singh, S. N. (2017). Selection of non-isolated DC-DC converters for solar photovoltaic system. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 1230-1247.

H. Tao, A. K., Duarte, J. L., & Hendrix, M. A. (2008). H. Tao, A. Kotsopoulos, J. L. Duarte, and M. A. M. Hendrix. *Transformer-coupled multiport ZVS bidirectional DC-DC converter with wide input range*, 771-781.

Hossain, M. Z., & Rahim, N. A. (2017). Recent progress and development on power DC-DC converter topology , control , design and applications : A review. *Renew. Sustain. Energy Rev*, 205-230.

Islam, M. T., Huda, N., Abdullah, A. B., & R. Saidur. (2018). A comprehensive review of state-of-the-art concentrating solar power (CSP) technologies: Current status and research trends. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 91, 987-1018.

Klein, S. A. (1977). Calculation of Monthly Average Insolation on Tilted Surface. *Solar Energy*(19), 325.

Rauf Gardashov, M. E. (2020). The optimum daily direction of solar panels in the highlands, derived by an analytical method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1-11.

Spencer, J. W. (1972). Fourier Series Representation of the Position of the Sun. *Search*, 5(9), 172.

The International Energy Agency. (11 de 11 de 2020). *Electricity generation by technology - Sustainable Development Scenario*. Obtenido de The International Energy Agency: <https://www.iea.org/weo/>



**XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto (Señalar el posible uso de los resultados y la contribución de los mismos)**

El cálculo analítico del ángulo de inclinación, permitirá en el futuro implementar sistemas fotovoltaicos para el mejor aprovechamiento de la energía.

**XII. Impactos esperados**

**i. Impactos en Ciencia y Tecnología**

Impacto inmediato en el desarrollo de nuevas técnicas de optimización de ángulo de inclinación usando algoritmos para la optimización de sistemas de control.

**ii. Impactos económicos**

Impacto económico en ganancia de energía y las empresas que realicen dicha optimización de control.

**iii. Impactos sociales**

Académicos en la formación de nuevos profesionales dentro de la demanda laboral y competitiva.

**iv. Impactos ambientales**

La determinación del ángulo de inclinación óptimo es mínima y mitigable en caso de implementarse, debido a que se usa en proyectos ya implementados mejorando estos en sus rendimientos y eficiencia de energía de los procesos que desarrollan.

**XIII. Recursos necesarios (Infraestructura, equipos y principales tecnologías en uso relacionadas con la temática del proyecto, señale medios y recursos para realizar el proyecto)**

Computadoras  
Microcontroladores  
Componentes electrónicos  
Componentes mecánicos  
Otros varios

**XIV. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)**

Ubicación Política:  
País : Perú.  
Región : Puno.  
Provincia : Puno  
Distrito : Puno



Ubicación Geográfica:

Latitud : 15°55'-S.

Longitud : 70°02'-O

Altitud : 3826 m.s.n.m.

### XV. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestres											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Recolección de información y referencia		X	X	X	X	X						
Implementación del proyecto y prueba de funcionamiento							X	X	X			
Optimización de software										X	X	
Recolección de datos y presentación de resultados												X

### XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Computadora	2	3500	1	3500
PLC/Microcontroladores	5	3500	1	3500
Laboratorio especializado	1	----	1	----
Componentes electrónicos	varios	400	1	400
Componentes mecánicos, actuadores	varios	700	1	700
Otros varios Materiales de oficina	varios	300	1	300
total				8400