
Dimensionamiento de una planta de generación solar fotovoltaica de 1 MW con conexión a la red de media tensión a través de un software, en la ciudad de Riobamba



Sizing of a 1 MW photovoltaic solar power plant with connection to the medium voltage network through software, in the city of Riobamba

Lidia del Rocío Castro Cepeda.¹, Carlos Ramiro Cepeda Godoy.², Nelson Santiago Chuquín Vasco.³, Juan Pablo Chuquín Vasco.,⁴ Daniel Antonio Chuquín Vasco.⁵

Recibido: 28-04-2019 / Revisado: 04-05-2019 / Aceptado: 28-06-2019/ Publicado: 15-07-2019

Abstract:

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.1.681>

The present research work was carried out in order to analyze if it is efficient and technically feasible to assemble a photovoltaic solar plant in Chimborazo province. For which several simulations were carried out in a specialized program for this project, with which it was verified that the achievement of this plant is viable. Solar radiation data collected from the meteorological station of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, whose station has more than 30 years of history and to which there is free access to through the website. In addition, all the relevant calculations were made to choose the adequate electrical switchgear, following the Ecuadorian electrical regulations and several international standards specialized in plants of this type. In addition, there is a special emphasis on the choice of the best photovoltaic modules comparing all its technical and technological characteristics in order to and choose the one that presents the best benefits.

Keywords: Photovoltaic, Energy, Electricity, Renewable, Environment.

Resumen:

El presente trabajo de investigación se lo realizó con el fin de analizar si es eficiente y factible técnicamente el montaje de una planta solar fotovoltaica en la Provincia de

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo Ecuador, lidia.castro@esPOCH.edu.ec

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo Ecuador, ccepada@esPOCH.edu.ec

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo Ecuador, nelson.chuquin@esPOCH.edu.ec

⁴ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo Ecuador, juan.chuquin@esPOCH.edu.ec

⁵ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo Ecuador, daniel.chuquin@esPOCH.edu.ec

Chimborazo, para lo cual se realizó varias simulaciones en un programa especializado para este proyecto, con lo que se revificó que es viable la consecución de esta planta. Se usó datos de radiación solar recogidos de la estación meteorológica con el que cuenta la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cuya estación posee históricos de mas de 30 años y a la cual se tiene acceso libre a través de la pagina web, además se realizaron todos los cálculos pertinentes para elegir la aparamenta eléctrica adecuada, siguiendo las normativa eléctrica ecuatoriana y varias normas internacionales especializadas en plantas de este tipo, además se hace un énfasis especial en la elección de los mejores módulos fotovoltaicos comparando todas sus características técnicas y tecnológicas con el fin de elegir aquel que presente las mejores prestaciones.

Palabras claves: Fotovoltaica, Energía, Electricidad, Renovable, Ambiente.

Introduccion

Introduccion al problema

La energía solar fotovoltaica es una de las tecnologías con más proyección en el presente y futuro dentro del panorama energético. Las instalaciones fotovoltaicas ya están produciendo más del 5% de la electricidad en varios países europeo y a nivel sudamericano va en aumento. A través del monitoreo de diferentes parques fotovoltaicos instalados se ha recopilado una gran cantidad de datos que se emplean en el control de la eficiencia de los diferentes paneles fotovoltaicos en una variedad de lugares, con condiciones atmosféricas y ambientales propias. (Bizzarri, Brambilla, Caretta, & Guardiani, 2015)

La generación de energía eléctrica a través de tecnología fotovoltaica ha sido probada y aplicada durante varios años en países desarrollados como España, Estados Unidos, Alemania, entre otros. En países en vías de desarrollo se han implementado plantas piloto de esta energía como es el caso de Chile que tiene una potencia instalada de 189 MW, con una proyección de incrementar 460 MW de potencia en los próximos 10 años en proyectos que se encuentran en construcción y en estudio. (Otiniano Pulido, 2014).

Ecuador, se encuentra en una situación geográfica privilegiada, la radiación solar que recibe anualmente no es aprovechada en la generación de energía eléctrica a pesar que el gobierno impulsa el cambio de la matriz energética con la producción de energías limpias. El 69,5% de la generación eléctrica del país se basa en energía hidráulica, debido a las características geográficas del país, el 30,2% se genera a partir de energía térmica y tan solo el 0,29% es generada a partir de fuente eólica que se ha logrado con la implementación del parque eólico de Villonaco

Ecuador tiene altos niveles de radiación solar, pero la participación de esta fuente para cubrir la demanda energética nacional es mínima, por lo que el país desaprovechando la oportunidad de convertir la energía solar en la tercera fuente del mix energético. Al estar a 1,83° al sur, el potencial de radiación y, su uso extensivo ayudaría a alcanzar una independencia energética de largo plazo, lo significa que es necesario la cuantificación de este recurso, antes de proponer un proyecto de investigación e inversión que beneficie al país. En este contexto, el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) ha dado los primeros pasos para evaluar el recurso solar y utilizar esta información como base para futuros proyectos (INER, 2013).

Importancia del problema

En el Ecuador Insular, Islas Galápagos, existen dos plantas fotovoltaicas: Proyecto Puerto Ayora que consta de 6000 paneles fotovoltaicos que genera 1.5 MWp; Proyecto Baltra que consta de 2000 paneles fotovoltaicos que genera 1 MWp. En el Ecuador continental existen instalaciones de generación fotovoltaica, sin embargo, son pequeñas y sirven para el autoconsumo de pequeñas edificaciones. No existen instalaciones de energía fotovoltaica con conexión a la red interconetada. (Renovable, 2016).

Según regulación del Consejo Nacional de Electricidad Ecuatoriano (CONELEC) N° 004/11 denominada “Tratamiento para la energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales”. en “el artículo 63 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, establece que el Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas”.

El Consejo Nacional de Electricidad Ecuatoriano (CONELEC) posee el Código Eléctrico Nacional cuyo objetivo es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad, pero carece de una normativa técnica para la puesta en marcha de sistemas fotovoltaicos, por lo que en ciertos apartados se utiliza el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red (PCT-C-REV) español.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) es una institución de educación superior, ubicada en la provincia de Chimborazo en el cantón Riobamba, que impulsa la investigación y la aplicación de nuevas tecnologías en diferentes áreas, entre las que se resalta el campo de la energía. Cuenta con una base de datos meteorológicos de más de 40 años, pero a partir del 2010 se instalaron 21 estaciones meteorológicas alrededor de la provincia de Chimborazo que guardan sus datos en históricos computarizados a los cuales se puede acceder a través de la red.

El presente trabajo tiene la finalidad de dimensionar todos los elementos que constituyen la planta fotovoltaica de 1 MWp con toda la aparamenta eléctrica que se deberá utilizar para una conexión a la red de media tensión, cuyo emplazamiento será en la ciudad de Riobamba, por sus características geográficas que generan ventaja en este tipo de proyectos.

Metodología

La metodología que se ha seguido y que se aplicará durante el desarrollo del proyecto corresponde al método científico. Que es una forma ordenada y planificada, desarrollada y propuesta, para realizar trabajos de investigación en todas las ciencias teóricas y aplicadas, incluidos los diseños de ingeniería. Las fases características del método científico son; la observación, el planteamiento del problema y de las hipótesis, la solución del problema y las conclusiones. Los aspectos metodológicos que aplican para los diseños en ingeniería son los estudios de tipo descriptivo y explicativo, y los métodos de investigación a utilizar son los de análisis y de síntesis.

La metodología que se ha utilizado para realizar esta investigación se basa en proyectos previos replicando el método probado en Europa, al ser líder en la generación de energía a través de fuentes alternativas, en este caso de energía solar fotovoltaica. En este documento se va resumir dicho método, dando énfasis a los aspectos que se ha modificado para nuestra geografía y radiación.

Elegir los componentes generales de la instalación: en esta parte del proyecto se va a referir las características técnicas de los componentes más importantes del sistema fotovoltaico. Según el tipo de instalación, de forma muy general, se puede distinguir entre instalaciones fotovoltaicas conectadas a red e instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red. Para el caso de estudio, las conectadas a red, están formadas por un generador fotovoltaico cuya tecnología se va a elegir haciendo un estudio de mercado y comparando las eficiencias de cada uno de ellos. Además, es necesario un sistema de acondicionamiento de potencia, encargado de transformar la energía en forma de corriente continua a corriente alterna, con las características de la red de distribución. Este inversor, debe cumplir todos los requisitos de seguridad y garantía para que su funcionamiento no provoque alteraciones en la red ni disminuya su seguridad, contando para ello con las funciones de protección correspondientes.

Definición de sistema fotovoltaico: En este apartado se va a definir el sistema fotovoltaico en su totalidad. Para el cálculo y dimensionamiento del sistema fotovoltaico se va utilizar el software especial para este tipo de proyectos que se considera hoy en día una herramienta útil para desarrollar instalaciones fotovoltaicas de todo tipo, que permite el estudio, la simulación y

análisis de datos completo de los sistemas. Este software es capaz dimensionar el tamaño de la instalación teniendo en cuenta la radiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica, que permite su diseño en 3D y que tiene en cuenta la proyección de sombras gracias a la simulación del movimiento del sol durante el día.

Diseño y cálculo del sistema eléctrico de la instalación: en este apartado se va realizar los cálculos correspondientes a todo el sistema eléctrico, siguiendo la normativa del país y en caso de no existir una referencia exacta tomar normativas extranjeras y adaptarlas a nuestro medio.

Monitorización de la instalación: esta planta fotovoltaica ha sido pensada y diseñada con fines de investigación y estudio, al ser el primer proyecto de este tipo en el Ecuador continental, por lo que es importante monitorear variables del sistema y además medioambientales que permitan realizar un análisis a largo plazo de la instalación y de las características del emplazamiento.

Resultados y Discusión

Siguiendo la metodología antes explicada y realizando todos los cálculos y análisis pertinentes los componentes de la instalación quedan definidos de la siguiente manera:

Módulo Fotovoltaico: las tecnologías comerciales en Sudamérica son los paneles solares de silicio policristalino y monocristalino, Ecuador cuenta con varios distribuidores, entre las principales casas comerciales más grandes están ubicadas en las ciudades de Guayaquil y Quito, con marcas reconocidas. Se han elegido 4 módulos de distinta procedencia, en la siguiente tabla 1 se resumen las características de cada panel elegido:

Tabla 1. Parámetros principales de los módulos fotovoltaicos analizados

PARÁMETROS	Panel 1	Panel 2	Panel 3	Panel 4
Potencia (Wp)	435	430	420	420
Tolerancia (%)	+/- 5%	+/- 3%	+/- 3%	+/- 5%
Eficiencia (%)	20,3	16,76	16,23	14,5
VOC (V)	85,6	61,26	60,55	100,4
ISC (A)	6,43	9,12	9	5,57
VMPP (V)	72,9	50,35	49,53	82
IMPP (A)	5,97	8,54	8,48	5,15
Tecnología	Monocristalino	Monocristalino	Monocristalino	Monocristalino
	128 células	96 células	92 células	160 células
Dimensiones (mm)	2076x1044x46	1960x1308x40	1976x1310x40	2360x1230x30

Peso (kg)	25,4	35,5	31,3	30
Año de fabricación	2012	2014	2014	2011
Garantía de potencia nominal (años)	25	25	25	25

Fuente: Los autores

De estas 4 opciones se ha elegido, el panel que posee las mejores prestaciones y que sea económicamente rentable, después de varias simulaciones en el software, se ha elegido el panel 1. El módulo consta de 128 células fotovoltaicas de silicio monocristalino de alta eficiencia, debido a la tecnología Maxeon, esta tecnología se basa en contactos posteriores, de esta forma, toda la superficie de la célula es captadora de energía, es prácticamente impermeable a la corrosión y el agrietamiento que degradan los paneles convencionales. Esta tecnología hace que los módulos sean los de mayor eficiencia del mercado.

Definición del Sistema Fotovoltaico: en este apartado se va a definir el sistema fotovoltaico en su totalidad. Para el cálculo y dimensionamiento del sistema fotovoltaico se va utilizar el software, herramienta útil para desarrollar instalaciones fotovoltaicas de todo tipo, ya que que permite el estudio, la simulación y análisis de datos completo de los sistemas. Los datos meteorológicos de Riobamba-Ecuador no se encuentran dentro de la base mencionada, pero el software permite ingresar los datos geográficos específicos del lugar con la climatología mensual.

Evaluación del Recurso Solar: para la evaluación del recurso solar en el Ecuador se iniciaron las primeras investigaciones en la CIE, dentro de su trabajo en el campo de las energías renovables y eficiencia energética para usos productivos y protección ambiental, quienes elaboraron el “Atlas Ecuatoriano de Radiación Solar” para el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC. Se utilizó para la elaboración de este documento el modelo CRS (Climatological Solar Radiation Model), desarrollado por el National Renewable Energy Laboratory - NREL de los Estados Unidos. La CIE luego de un proceso para filtrar los datos del modelo CRS, que corresponden al territorio ecuatoriano, los exportó a una base de datos compatible con la plataforma de trabajo (SIG). El Atlas consta de 39 mapas, además del respectivo software de consulta y la base de datos correspondiente.

Hoy en día Ecuador cuenta con el INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables) quienes realizaron el proyecto de estimación del potencial de energía renovable

mediante la instalación de 17 estaciones meteorológicas en el cantón Cuenca y 10 estaciones meteorológicas en la provincia de Chimborazo, además de la colocación de sensores para repotenciar estaciones meteorológicas existentes en la provincia de Chimborazo.

Ecuador cuenta con el atlas de recursos solar y eólico elaborados por el CONELEC Y MEER respectivamente. Sin embargo, ambos documentos están basados en imágenes de satélite y no habían podido ser validados con mediciones en campo. Además, su resolución no es alta, lo que significa que las zonas donde existe mayor recurso solar no pueden ser identificadas fácilmente.

Por lo que el INER valida la información acerca del recurso solar en el país y su adecuado aprovechamiento, como suministro de energía, junto con el grupo de Energías Alternativas y Ambiente de la ESPOCH, para ello se tomaron datos mediante las diferentes estaciones meteorológicas como la que se observa en la figura 1, dichos datos se obtienen a través de la página web <http://iner.espoch.edu.ec/stations.php>, donde se pueden descargar los datos históricos desde 2007, radiación, temperatura, velocidad del viento, presión atmosférica y algunas variables medioambientales útiles para los proyectos de investigación.

Figura 1. Estación ESPOCH



Fuente: Los autores

Cálculo de Orientación e Inclinación del Módulo Fotovoltaico: este proyecto tiene lugar en la ciudad de Riobamba y se encuentra ligeramente en el hemisferio sur, por lo tanto, la orientación del panel deberá ser hacia el norte. El ángulo acimut que es aquel que forma la proyección sobre el plano horizontal de la superficie del generador y la dirección sur, tiene un valor de 0 grados si coincide con la orientación sur, es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. Si coincide con el este su valor es -90 y si coincide con el oeste su valor es $+90$ grados. Para lugares que se encuentran en línea ecuatorial este ángulo es despreciable, como en el caso

de Riobamba cuya latitud es ligeramente pequeña (Energía, julio 2011).

El ángulo óptimo es de 10° ya que después de este se empiezan a producir pérdidas ópticas, además con el ángulo elegido es posible evitar la acumulación de polvo o cualquier tipo de polución y así reducir al máximo las pérdidas por suciedad y garantizar el buen funcionamiento del sistema.

Disposición de módulos: en esta parte del software se puede ordenar los módulos, de forma eléctrica y mecánica. La disposición de los módulos cambiará de acuerdo al tipo de tecnología que se va a utilizar para cada simulación, ya que al cambiar de panel también cambian algunas características como el tamaño y la potencia.

Luego de varios arreglos en el programa de simulación, se pudo llegar al arreglo más coherente, que además garantiza el uso adecuado del terreno, como se observa en la figura 2. El número de paneles a instalar se calcula teniendo en cuenta que se desea que la instalación tenga una potencia de 1 MW y que esté constituida por 10 generadores con una potencia aproximada de 100 kWp, conectadas cada una de ellas a un inversor trifásico de 100 kW de salida. A su vez las salidas de los 10 inversores estarán conectadas a un transformador.

Figura 21. Instalación final

The screenshot shows the 'Generador FV' configuration window. It is divided into several sections:

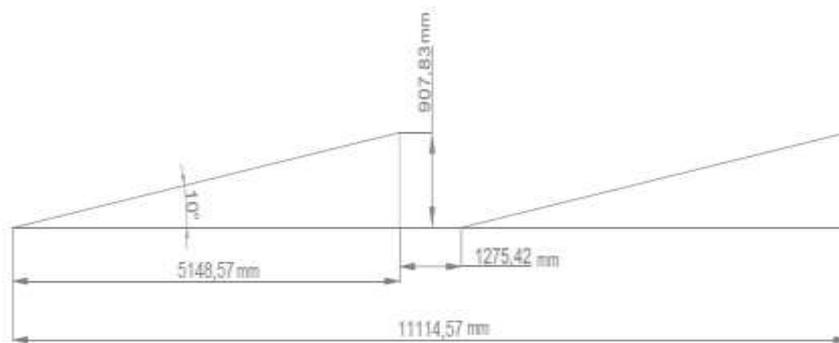
- Sub-array name and Orientation:** Name: 'Generador FV', Orientation: 'Plano Inclinado Fijo', Tilt: 10° , Azimuth: 0° .
- Ayuda al Dimensionado:** 'No Scaling' selected, 'Entrar Pprom deseada' set to 1000.0 kWp, 'Superficie disponible' set to 4571 m².
- Selección del módulo FV:** 'SunPower' selected, '435 Wp 6V', 'Simono', 'SPR-E20-435-C0M', 'Desde 2011', 'PVEL resas, BR'. 'Módulos aprox. necesarios' is 2299. 'Tensión de dimensionado' is 62.0 V, 'Voc (-10°C)' is 94.9 V.
- Selección del inversor:** 'ABB' selected, '100 kW', '450-825 V TL', '50/60 Hz', 'PVS800-57-0100K4A', 'Desde 2010'. 'N° de inversores' is 10. 'Tensión Funciona' is 450-825 V, 'Pglobal inversor' is 1000 kWac. 'Tensión máx de entrada' is 1000 V.
- Diseño del generador FV:** 'N° de módulos y cadenas': 'Mód. en serie' is 10, 'N° de cadenas' is 230. 'Cond. de funcionamiento': 'Vmpo (50°C)' 620 V, 'Vmpo (20°C)' 732 V, 'Voc (-10°C)' 949 V. 'Irradiancia plano' 1000 W/m², 'Impo (STC)' 1400 A, 'Isc (STC)' 1493 A. 'Potencia nom gener. (STC)' 1001 kWp.

Fuente: Los autores, tomado de software libre

Cada generador está dispuesto: 23 ramas en paralelo y 10 módulos en serie. La distribución mecánica de los paneles se la va a realizar por mesas, con la estructura de soporte que se

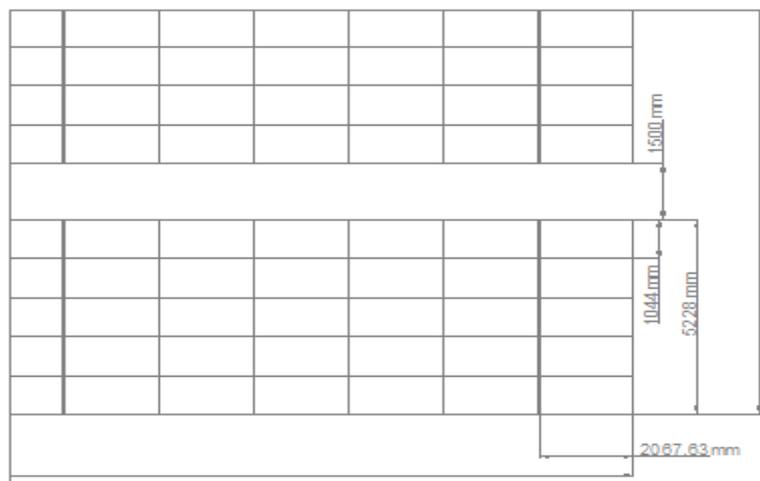
menciona en el apartado 3.8, donde cada mesa constará de 23 x 5 paneles en horizontal con una inclinación de 10°, como se puede mostrar en la figura 3 y por cada dos mesas se conectará un inversor. Se calculó también la distancia entre mesas con el fin de evitar sombras, tomando las consideraciones en el apartado 4.2.2, como se muestra en la figura 4, nos da una distancia de 1275,42 mm, sin embargo, para facilitar el montaje y mantenimiento se ubica una distancia entre mesa de 1,5 m.

Figura 3. Distancia entre mesas



Fuente: Los autores

Figura 4. Disposición de los paneles fotovoltaicos



Fuente: Los autores

A continuación, se muestran los resultados más representativos de la simulación con el módulo elegido, datos que se recogen en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de la configuración global

SUB CAMPO	POTENCIA (kW)	NÚMERO DE MÓDULOS	ÁREA DE MÓDULOS	MÓDULOS EN SERIE	MÓDULOS EN PARALELO
1	100,05	230	551,22 m ²	10	23
2	100,05	230	551,22 m ²	10	23
.
.
.
10	100,05	230	551,22 m ²	10	23
TOTAL	1,005 MW	2300	6 386,27 m²	100	2300

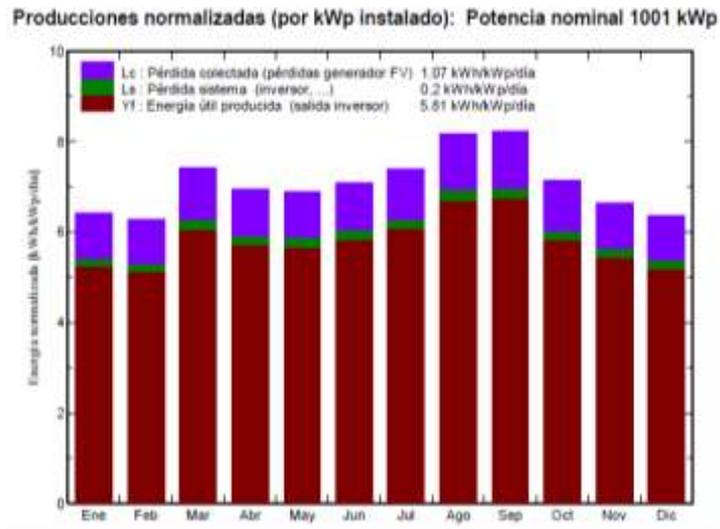
Fuente: Los autores

El área total que ocupará la instalación de los generadores fotovoltaicos será de 6386,27 m². El PR cuantifica la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tienen en cuenta:

- La dependencia de la eficiencia con la temperatura
- La eficiencia del cableado
- Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia
- La eficiencia energética del inversor

PR puede tomar en cuenta todos los factores que el diseñador pueda cuantificar, de esta manera llegar a un valor de eficiencia de la planta lo más aproximado a las condiciones reales de trabajo, su valor varía en el tiempo en función de las distintas condiciones a las que se ve sometida la instalación. En figura 5 se puede observar la producción normalizada por mes durante todo un año.

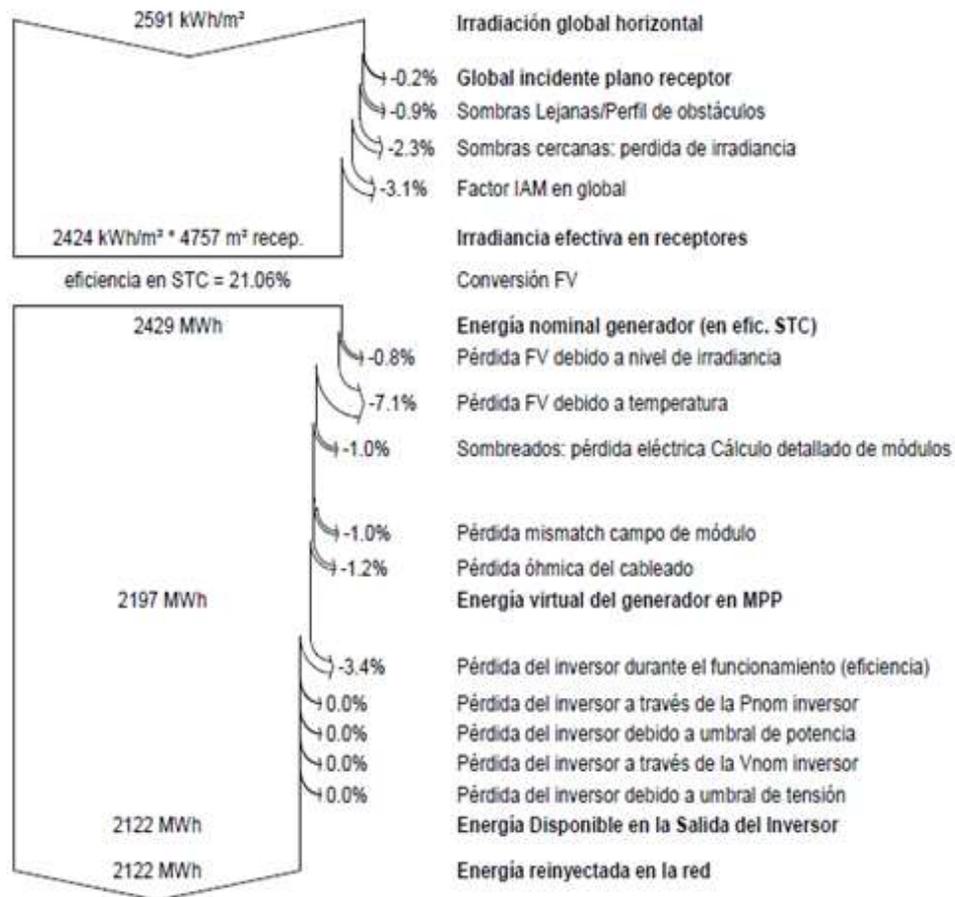
Figura 5. Producciones normalizadas



Fuente: Los autores

Y finalmente se pudo observar el diagrama de pérdidas durante todo el año en la figura 6.

Figura 6. Diagrama de pérdida durante todo el año



Fuente: Los autores

Según el pliego de condiciones del IDAE “el inversor será del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día. Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo”. (Energía, julio 2011).

En los sistemas de conexión a red el inversor es el componente más importante de la instalación, ya que maximiza la producción y optimiza las características técnicas de la corriente la inyectada. Tomando en cuenta dichas especificaciones se sugiere la utilización de un inversor central, cuya potencia nominal es de 100Kw, cuyas especificaciones técnicas se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del inversor

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
INVERSOR	
LADO DE ENTRADA (CC)	
Potencia CC máxima	120 kWp
Rango de tensiones MPP	450 to 825 V
Tensión de entrada máxima	1000 V
Corriente de entrada	245 A
LADO DE SALIDA (CA)	
Potencia nominal	100 kW
Potencia máxima	100 kW
Tensión de salida	300 V
Corriente de salida	195 A
Factor de potencia (pf)	0,95
Distorsión armónica	<3%
Frecuencia	50-60 Hz
EFICIENCIA	
Máxima	98%
Ef. europea	97,50%
CONSUMO DE ENERGÍA	
Consumo propio en funcionamiento	300 W
Consumo en espera	60 W
DATOS DEL SISTEMA	
Tipo de protección	IP42
Humedad relativa del aire	15 to 95%

Fuente: Los autores

Los conductores tanto para corriente continua y alterna quedan determinados de la siguiente manera:

- Línea de módulos fotovoltaicos a caja de conexión de sección 8,37 mm², con una capacidad de corriente de 40 A.
- Línea de caja de conexiones a inversor de sección 21,15 m², con una capacidad de corriente de 70 A.
- Línea del inversor al transformador, cable trifásico de sección 152 mm² con una capacidad de corriente de 240 A

Transformador: Esta planta fotovoltaica estará conectada a red por lo que requiere un transformador de baja a media tensión. Se va a elegir un centro de transformación y esta será una máquina trifásica tipo subestación ya que cumple con todas sus necesidades en aplicaciones de suministro eléctrico al realizar el transporte de energía por la planta, disminuyendo al máximo las pérdidas, y elevando la tensión a la de evacuación que está definida por la compañía distribuidora EERSA (Empresa Eléctrica Riobamba S.A) de 13,8 kV.

- Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428, siendo las siguientes:
- Potencia nominal: 1000 kVA.
- Tensión nominal primaria: 380 V.
- Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 13 800 V.
- Tensión de cortocircuito: 5 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento: Tensión de ensayo a 60 Hz, 1 min, 60 kV.

Conclusion

- La implementación de sistemas solares fotovoltaicos en el Ecuador es una opción eficiente y beneficiosa a escala humana ya que la energía del sol resulta inagotable y su utilización tiene un impacto ambiental bajo, a diferencia de los otros tipos de generación eléctrica actualmente utilizados en el país, los cuales alcanzan altos índices de contaminación.
- El estado ecuatoriano, actualmente se ha vuelto consciente de la importancia de la generación eléctrica con fuentes renovables, por lo que ha establecido políticas con las cuales busca compensar los altos costos de adquisición de los equipos con un precio favorable por kWh para grandes o pequeños productores, dicha regulación se encuentra

vigente desde al año 2008, sin embargo, existe poca difusión y que sin duda es de interés de la colectividad.

- En el Ecuador existe desinformación con respecto a los sistemas solares fotovoltaicos y sus grandes beneficios, sin contar que las empresas dedicadas a la elaboración de este tipo de proyectos y la comercialización de sus componentes, son casi nulas en el país, es por ellos que la universidad se ha visto con la necesidad de ser pioneros en el diseño de estas instalaciones y además capacitando al personal de la institución.
- Chimborazo, la provincia donde se espera situar la planta solar, posee una gran actividad agrícola y turística, pero el lugar donde se pretende instalar el proyecto fotovoltaico se encuentra en una zona impropia para la agricultura, y sin perturbar este recurso. Además de esto la localización dispone de buenas vías de acceso.
- No es necesario la utilización de equipos de seguimiento solar, debido a que Riobamba se encuentra a una latitud geográfica de 1,66 y la colocación del panel a 10° de inclinación es suficiente para que exista una generación promedio durante todo el año y se evite la contaminación por suelo u otros agentes contaminantes.
- En cuanto al riesgo ambiental, se deberán tomar las medidas de control sugeridas pero los especialistas de la línea ambiental, deberán realizar un análisis más detallado que garantice un buen plan de manejo ambiental.
- Es importante promover la capacitación de personal ecuatoriano en el campo de energías renovables no convencionales. Personas calificadas que dominen las diferentes tecnologías y que a la vez capaciten a las demás personas interesadas, solo así se conocerán con certeza todo acerca de este campo y además se podrá aprovechar de mejor manera las fuentes de energía.

Agradecimiento

Agradecemos el apoyo a todas las personas que ha colaborado en la realización de este trabajo investigativo. A Luis Dávila quien ha estado pendiente en el desarrollo de este proyecto, siempre con paciencia y brindándonos su conocimiento y consejo para la efectiva realización del mismo.

Referencias

Bizzarri, F., Brambilla, A., Caretta, L., & Guardiani, C. (2015). Monitoring performance and efficiency of photovoltaic parks. *Renewable Energy*, 8.

D., I. A. (2015). *Proyectos de Energía Renovable*. Quito: Dirección Nacional de Energía Renovable.

Diseno_de_instalaciones_electricas_2010, G. (s.f.). Schneider. Obtenido de http://www.schneider-electric.com.co/documents/News/automation-control/Guia_de_%20diseno_de_instalaciones_electricas_2010.pdf

Energía, I. p. (julio 2011). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. Madrid.

INER. (2013). SOLAR_DOSSIER. http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/SOLAR_DOSSIER.pdf, 10

Otiniano Pulido, C. (14 de 09 de 2014). La fotovoltaica española, a la conquista de Chile. Cinco Días, pág. 2.

Pachano, A. M. (2010). La investigación y desarrollo de energías renovables en el Ecuador. Corporación para la Investigación Energética, 8.

PROCABLES. (s.f.). Procables a General Cable company. Obtenido de <http://www.procables.com.co/es/catalogo-de-productos/procables-.html>

Renovable, M. d. (11 de 01 de 2017). ElecGalápagos. Obtenido de <http://www.elecgapagos.com.ec/proyectos>

RTCables. (s.f.). RTC cables. Obtenido de <http://www.cablesrct.com/>: <http://www.cablesrct.com/productos/cpr-cables>

Weidmülle. (2014). Protecciones en sistemas fotovoltaicos. Obtenido de <http://www.weidmueller.com/bausteine.net/file/showfile.aspx?downdaid=6393&..>

Sivakumar, P., Prabhakaran, D., & Kannadasan, T. (2013). Comparative analysis of advanced controllers. American Journal of Engineering Research, II (1), 1-6.

Wang, S. (2012). Resistance Furnace Temperature System on Fuzzy PID Controller. Journal of Information & Computational Science, 9, 2627 – 2634.

Cortés, J, Hernández, J. (2017) “Implementación de un sistema de control de temperatura para los hornos de termoformado de la máquina de láminas p7 de Techoluz en Tubasec C.A. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Alfaro, V. (2001). Identificación de procesos sobreamortiguados utilizando técnicas de lazo abierto. Ingeniería (11), 11-25. Recuperado el 6 de mayo de 2016, de http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/documentos/pub_inv/articulos/valfaro01A.pdf

Arántegui, J. (2010-2011). Control de Procesos. Lleida, Cataluña: Universidad de Lleida.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Castro Cepeda, L. del R., Cepeda Godoy, C., Chuquín Vasco, N., Chuquín Vasco, J., & Chuquín Vasco, D. (2019). Dimensionamiento de una planta de generación solar fotovoltaica de 1 MW con conexión a la red de media tensión a través de un software, en la ciudad de Riobamba. *Ciencia Digital*, 3(3.1), 127-142. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.1.681>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

