

DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL NUEVO CAMPUS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA

Pablo Mena Lasluisa, Diego Ortiz Villalba, Dennis Mesias

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador

RESUMEN: En el presente proyecto tiene por finalidad realizar un diseño de prefactibilidad de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica al nuevo campus de la universidad, y servir como un sistema de emergencia en el caso de un corte de energía eléctrica. En el proyecto se realizó un estudio del recurso solar (radiación solar) por el lapso de un año (2013), una vez finalizado el estudio del recurso solar se procedió a realizar la estimación de la demanda máxima, energía consumida y energía generada por el sistema fotovoltaico para posteriormente dimensionar los distintos elementos del sistema fotovoltaico dividiéndolo en dos grupos de 250 kW de generación fotovoltaica para el bloque de aulas A, B y 250 kW de generación fotovoltaica para bloque de aulas C,D que serán conectados en paralelo con la red de bajo voltaje. Como paso final se realizó el análisis económico del proyecto, en el cual se plantearon 4 escenarios en los cuales existen variaciones en el precio del kWh, interés e impuestos, tomando el escenario 4 como el más adecuado, para esto se necesitará un precio de 25 ctvs el kWh, por el uso de energía renovable. Esto conlleva a tener un ingreso anual de 143.486,96 USD, con una inversión 1.304.900,00 USD, una TIR de 7% y una VAN 1.966,86 USD con un Factor de Recuperación del 11 %.El diseño propuesto fue validado mediante un software certificado

PALABRAS CLAVE: Sistema Fotovoltaico, conexión de red, radiación, Van (Valor actual neto), Tir (Tasa interna de retorno), FRC (Factor de recuperación de capital).

ABSTRACT: The purpose of this project is realize a design feasibility the solar photovoltaic system to provide electrical power to the new campus and serve as a backup system in case of a power outage. In the project, a study of the solar resource was made (solar radiation) by one year (2013). after the study ended of the solar resource I proceeded to perform the estimation of the maximum demand, energy consumption and energy generated by the photovoltaic system urther dimension to the various elements of the photovoltaic system dividing into two groups

250 kW the photovoltaic generation for the classroom block A, B and 250 kW the photovoltaic generation for classroom block C, D to be connected in parallel with the low voltage network.As final step an economic analysis of the proyect was carried out, 4 escenaries in which there are variations in the price of kWh, interest and impost, the 4 escenary is the most appropriate, for this, It will need a price of 25 cents per kWh, for the use of renewable energy.This leads to have an annual income of \$ 143,486.96, with an investment of \$ 1,304,900.00, an IRR of 7% and a NPV \$ 1,966.86, with a Recovery Factor of 11%. The proposed design was validated using a certified software.

KEYWORDS: Photovoltaic System, Network Connection, radiation, NPV (Net Present Value), IRR (internal rate of Return) and CRF (Capital Recovery Factor).

I. INTRODUCCIÓN

La futura instalación del sistema fotovoltaico ayudara a reducir el consumo de energía eléctrica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Extensión Latacunga en un 25 % lo cual disminuirá el pago de la factura por consumo de energía eléctrica, al 2029 se prevé un aumento del precio del kwh, este capital ahorrado podría utilizarse en diferentes obras para la institución como: compra de equipo, mantenimiento de laboratorios.

El sistema fotovoltaico también servirá como sistema de emergencia en el caso de un corte de energía eléctrica, desplazando así la utilización de un generador a diésel, que es innecesario ya que por datos de ELEPCO al año 2013 solo existen 4 interrupciones de 30 minutos e invertir en un generador a diésel de altísimo costo por tan pocas interrupciones no es viable.

Al trabajar con energías renovables se deja de emitir emisiones de CO₂, debido a lo antes mencionado el aporte del presente proyecto ayudará al desarrollo institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Extensión Latacunga siendo una de las

pioneras en el estudio de la energía solar fotovoltaica.

II. METODOLOGÍA

La propuesta tiene como objetivo fundamental diseñar un sistema fotovoltaico que suministre energía eléctrica y sirva como sistema de emergencia, para realizar el diseño se debe cumplir una serie de requisitos como expresa la Figura 01

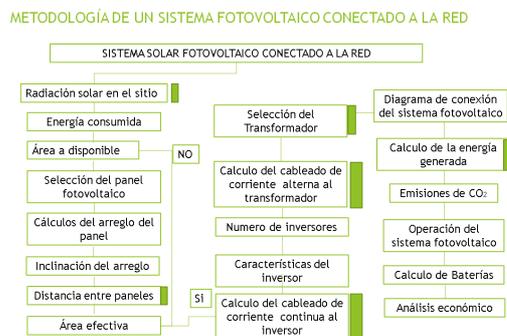


Figura 01 Procedimiento empleado para el diseño fotovoltaico

Sistema solar fotovoltaico conectado a la red con respaldo de baterías

Este tipo de instalaciones se encuentran permanentemente conectados a la red eléctrica, de tal forma que en periodos de irradiación solar, sea el sistema fotovoltaico quien entregue energía, mientras que en periodos de radiación limitada o nula, sea la red eléctrica quien entregue la electricidad necesaria para satisfacer la demanda.

En el caso de que la energía generada por el sistema sea superior a la demanda local, la red eléctrica aceptará todo excedente de energía que no sea utilizado. Los equipos que forman parte de estas instalaciones son: panel fotovoltaico, inversor de corriente para pasar de CC a CA y un contador que permita contabilizar la energía producida por el sistema [1]

En el caso de un corte de energía eléctrica el sistema puede utilizarse durante el tiempo que dure el corte es por esto la presencia del banco de baterías

Radiación solar del sitio

El equipo con el cual se realizó las medidas de radiación es la estación meteorológica Vantage Pro2™ es una estación meteorológica que combina colector de lluvia, temperatura y humedad con un conjunto de

sensores de radiación solar y anemómetro en un solo paquete.

El sensor de radiación solar Davis 6450 mide la radiación global, esto es, la suma de las componentes directa, difusa y reflejada.

Una vez tomado un año de medidas (2013) se obtuvo la curva promedio de radiación anual como indica la figura 02

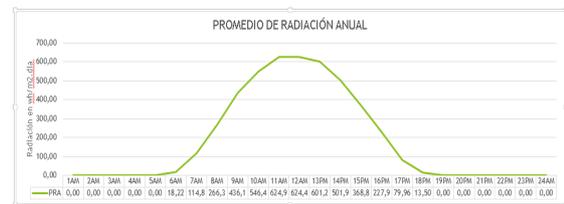


Figura 02: Promedio de radiación anual

Demanda de energía de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Extensión Latacunga

El nuevo campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Extensión Latacunga tendrá las mismas características técnicas de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Matriz la misma que tiene una potencia instalada de 1.832,5 (kVA) y una demanda máxima medida de 760,00 (kVA), por datos de las planillas pagadas a la EEQSA en un año de referencia (2011) estos datos fueron referenciados del estudio realizado en la ESPE- Matriz en el año (2012) [2].

Como la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Extensión Latacunga tiene una proyección de la suma de toda la potencia de los transformadores de 1.275 (kVA) esta proyección fue consultada en los datos del contratista del proyecto, se estima que la universidad dispondrá de una demanda máxima proyectada utilizada 528,71,68 (kVA) (La demanda máxima proyectada se realiza con ayuda del estudio realizado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Matriz en el año (2012) [2].

Propuesta

En función del análisis de demanda y áreas existentes para la proyección de la instalación del sistema fotovoltaico se selecciona los bloques de aulas (A, B) y (C, D) ya que por su área, su ubicación, la forma de la terraza son óptimos, por todo lo ya mencionado se decide realizar el diseño para una instalación de 500 kW de generación fotovoltaica dividida en 250 kW instalados en el bloque de aulas(A, B) y 250 kW instalados en el bloque de aulas (C, D).

Área disponible para la instalación del sistema fotovoltaico

La terraza de los edificios (A, B) (C, D) posee una área de 2800 m² individualmente como se indica en la figura 03. El arreglo fotovoltaico se puede dimensionar de muchas formas dependiendo de la disponibilidad de área. Para nuestro sistema fotovoltaico se proyecta usar el área marcada en la figura 3 para la colocación de los paneles fotovoltaicos en los dos edificios.

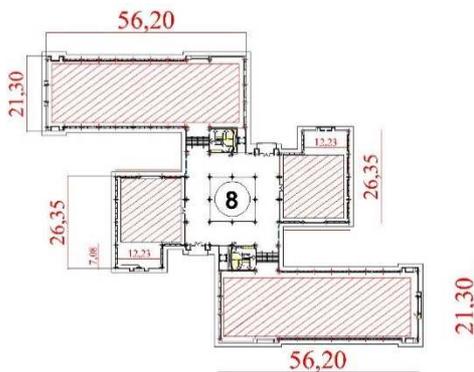


Figura 03: Área disponible para el sistema fotovoltaico

Selección de los módulos fotovoltaicos

Para realizar el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica, es necesario saber las características técnicas de los equipos que se proyecta emplear. Por lo anteriormente mencionado se selecciona módulos fotovoltaicos SIMAX 250WP 30 VDC como se expresa en la tabla 01

| CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO | |
|-------------------------------------------------------|---------------------|
| Potencia Máxima (P _m) | 250±3% |
| Tensión de circuito abierto (V _{oc}) | 38,1 V |
| Tensión punto de máxima potencia (V _{mp}) | 30,7 |
| Corriente punto de máxima potencia (I _{mp}) | 8,15 |
| Corriente de cortocircuito (I _{sc}) | 8,8 |
| Dimensiones (L*W*H) | 1640*992*50(m m) |
| Peso | 21,5 kg |

Tabla 01: Características del módulo fotovoltaico

Cálculo del arreglo de los módulos fotovoltaicos

Se debe calcular el número de filas en serie y columnas en paralelo para cada arreglo del

sistema fotovoltaico como indica la ecuación (1), (2). [3]

$$\# \text{ de filas} = \frac{V_{\max in}}{V_{oc}} \quad (1)$$

Donde:

$V_{\max in}$ = Voltaje máximo de entrada al inversor.

$V_{ocModulo}$ = Voltaje de circuito abierto del panel fotovoltaico.

$$\# \text{ de columnas} = \frac{P_{inv}}{P_{Modulo} * \# \text{ de filas}} \quad (2)$$

Donde:

P_{inv} = corriente máxima de entrada al inversor.

P_{Modulo} = corriente cortocircuito del panel fotovoltaico.

$\# \text{ de filas}$ = Número de filas

Inclinación de los paneles

La inclinación de los paneles es muy importante en un sistema fotovoltaico, ya que dicha inclinación debe ser la óptima como expresa la ecuación (3) [3]

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|\phi| \quad (3)$$

Donde:

β_{opt} = Angulo de inclinación óptimo.

$|\phi|$ = Latitud del lugar de la instalación fotovoltaica.

Orientación de os paneles fotovoltaicos

Teniendo en cuenta que la trayectoria del Sol durante un día es de Este a Oeste, pero la trayectoria durante un año es de Norte a Sur como indica la figura 04 se requiere que los paneles fijos se coloquen inclinados hacia el Sur cuando estamos en el hemisferio norte y hacia el norte cuando estamos en el hemisferio sur

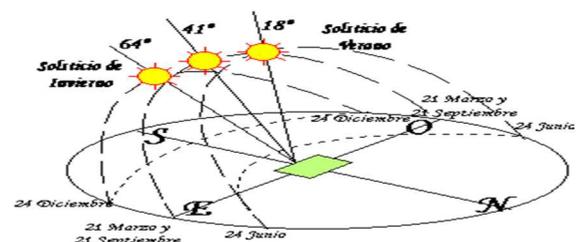


Figura 04: Trayectoria del sol
DISTANCIA ENTRE PANELES

La distancia entre paneles o arreglo de paneles se establece de tal forma que al medio día, la sombra de la arista superior del panel se proyecte, como máximo, sobre la arista inferior del panel siguiente, así como se indica en la figura 05 [3]

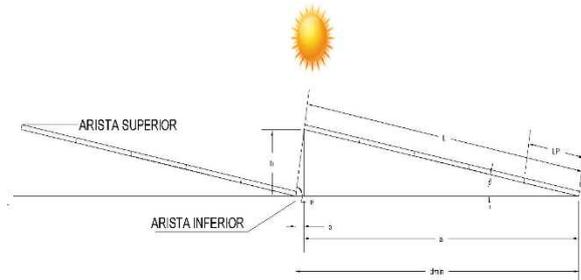


Figura 05: Distancia entre Paneles

L: Longitud del panel (Distancia de columna de módulos en paralelo), m.

h: Altura solar al medio día, m.

β : Grado de inclinación del panel respecto a la horizontal, °.

θ : Ángulo de la sombra respecto a la horizontal

a: Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro, m.

b: Distancia de la arista inferior a la arista superior con respecto a la horizontal, m.

Como datos base se tendrá la longitud del arreglo o panel fotovoltaico y el ángulo de inclinación, con esto procedemos a calcular el resto de componentes con la ecuación (4) (5) (6).

$$h = \sin \beta * L \quad (4)$$

$$b = \cos \beta * L \quad (5)$$

$$a = \frac{h}{\tan \theta} \quad (6)$$

Área efectiva del sistema fotovoltaico

Con las dimensiones de los módulos fotovoltaicos que se expresa en la tabla 02, se proyecta su ubicación y el área efectiva que van a ocupar como muestra la figura 6, con ayuda de la ecuación (7) se puede calcular el área efectiva y realizar la comparación con el área disponible.

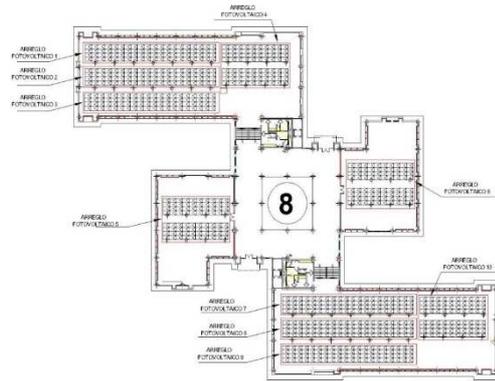


Figura 06: Área efectiva

Área del techo de los dos edificios(A,B)(C,D)

$$\text{Área total del sistema FV} = \text{Área del módulo FV} * \# \text{ total de paneles} \quad (7)$$

$$\text{Área del techo de los dos edificios(A,B)(C,D)} > \text{Área total del sistema FV}$$

CÁLCULO CABLEADO DE CORRIENTE CONTINUA

Criterio térmico para seleccionar el cable en cc

Para el dimensionado del cable en función de la corriente máxima de salida del arreglo fotovoltaico, se va a considerar el 125 % de la intensidad máxima de salida del arreglo fotovoltaico que va a transportar la línea de corriente continua, es como indica la ecuación 08 [4]

$$I_{\max \text{ arreglo fotovoltaico}} = I_{mp(\text{arreglo fotovoltaico})} * 1,25 \quad (8)$$

Donde:

$I_{\max \text{ arreglo fotovoltaico}}$ = Corriente máxima que va a transportar la línea.

$I_{mp(\text{arreglo fotovoltaico})}$ = Corriente máxima de todo el arreglo fotovoltaico.

1,25 = Factor de seguridad.

Criterio de caída de tensión para seleccionar el cable en cc

Para el cálculo del porcentaje de caída de tensión se va a considerar el voltaje máximo del arreglo fotovoltaico y la caída de tensión como se indica en la ecuación 10 [4]. Aplicando esta ecuación, se obtendrá el porcentaje de caída de tensión que produce el

conexión del arreglo fotovoltaico hasta el inversor.

Antes de calcular la caída de voltaje se debe tomar en cuenta la resistividad del cable, la longitud del mismo, la corriente máxima que puede entregar el arreglo fotovoltaico y la sección del cable como se indica en la ecuación (9)

$$\Delta V = \frac{2 * \rho * L * I_{cc} \text{ Arreglo Fotovoltaico}}{S} \quad (9)$$

Donde:

ρ = Resistividad del cobre en ($\Omega \cdot \text{mm}^2$)/m.

L = Longitud en (m) del arreglo fotovoltaico al Inversor.

I_{max} arreglo fotovoltaico = Corriente máxima del arreglo fotovoltaico en amperios. (A)

S = sección en mm^2 .

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{mp \text{ Arreglo}}} \quad (10)$$

Donde:

$\% \Delta V$ = Caída de tensión en porcentaje

ΔV = Caída de tensión (V)

$V_{mp \text{ Arreglo}}$ = Voltaje máximo del arreglo fotovoltaico (V)

Selección del inversor

Es necesario saber las características técnicas de los equipos que se proyecta emplear. Por lo anteriormente mencionado se selecciona un inversor Sunny Tripower 20000 TL como expresa la tabla 02

| Datos técnicos | PVS800-57-0315kw-B |
|---------------------------------|--------------------|
| Valores de entrada | |
| Potencia nominal de CC | 250kW |
| Rango de tensión MPP | 450 V – 825 |
| Tensión máx. de CC | 1000 V |
| Corriente continua máx. | 600 A |
| No. de entradas de CC | 10 |
| Parámetros de salida | |
| Potencia nominal de CA | 250 kW |
| Tensión nominal de CA | 300 V |
| Corriente nominal de CA | 485 A |
| Frecuencia de red de CA 50 Hz | • |
| Frecuencia de red de CA 60 Hz | • |
| Rendimiento máximo | 98% |
| Coefficiente de distorsión máx. | < 3 % |

Tabla 02: Características del inversor

Es necesario verificar que el voltaje y corriente que sale del arreglo fotovoltaico cumpla con los rangos de entrada al inversor como expresa la ecuación (11) y (12) [3].

$$\# \text{ de filas} * V_{mp}(\text{Modulo}) \leq \text{tension nominal de entrada al inversor} \quad (11)$$

$$\# \text{ columnas} * I_{mp}(\text{Modulo}) \leq \text{Corriente nominal de entrada al inversor} \quad (12)$$

Número de inversores

Se calcula el número de inversores como expresa la ecuación (13)

$$\# \text{ de inversores} = \frac{\# \text{modulos del sistema} * V}{\# \text{modulos del arreglo}} \quad (13)$$

CÁLCULOS DE CABLEADOS DE CORRIENTE ALTERNA

Criterio térmico para seleccionar el cable en ca

Para la utilización del criterio térmico se debe calcular la corriente máxima que soportara la línea como expresa la ecuación (14) [4], una vez obtenida dicha corriente se procede a seleccionar el cable que cumpla con los rangos de corriente de la intensidad máxima

$$I_{max} = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi} \quad (14)$$

Donde:

I_{max} = Intensidad máxima (A)

P = Potencia en vatios (W)

V = Tensión en voltios (300 V)

$\cos \phi$ = Factor de potencia

Criterio de caída de tensión para seleccionar el cable en ca

Para el cálculo de la caída de tensión en CA se va a considerar la corriente máxima como indica la ecuación (14) [4], una longitud en (m) y una variación de voltaje que viene dada por el fabricante del cable (V/ (A.Km)) como expresa la ecuación 15

$$\Delta V = \Delta V_{\text{por tabla del fabricante}} * I_{max} * L \quad (15)$$

Los paneles fotovoltaicos estarán conectados en serie y paralelo

Donde:

ΔV = Caída de tensión (V)

$\Delta V_{por\ tabla\ del\ fabricante}$ = Caída de tensión por tablas del fabricante (V/A.Km)

I_{max} =Intensidad máxima (A)

L = Longitud en (m) del inversor al tablero de distribución del sistema fotovoltaico

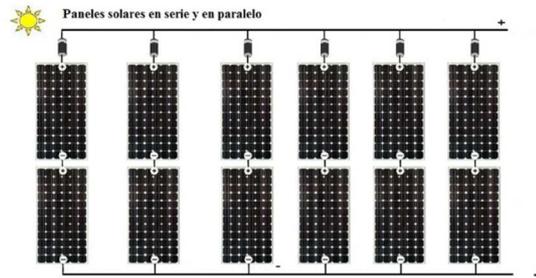


Figura 07: conexión serie paralelo de los paneles fotovoltaicos

SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR

Como primer paso para poder calcular la potencia del transformador se debe conocer la corriente máxima que consumirá la carga como expresa la ecuación (16)

$$I_{\max\ Carga} = \frac{D_{\max}(En\ Potencia)}{\sqrt{3}V_{LL}} \quad (16)$$

Donde:

$I_{\max\ Carga}$ = Corriente máxima que consumirá la carga.

$D_{\max}(En\ Potencia)$ = Demanda máxima que consumirá la carga

V_{LL} = Voltaje línea a línea.

Una vez calculada la corriente máxima que consumirá la carga se procede a calcular la potencia del transformador como expresa la ecuación 17

$$S = \sqrt{3} * (V_{LL}) * (I_{\max\ Carga} + (I_{\max\ Carga} * 0,30)) \quad (17)$$

En el caso de que la potencia del generador fotovoltaico supere a la del transformador es necesario aumentar la potencia del mismo.

Diagrama de conexión de los módulos fotovoltaicos

Cálculo de la energía producida anualmente

La energía producida por el sistema fotovoltaico en un periodo anual puede ser estimada, de forma aproximada, con la ecuación (18) [3]

$$E_{ac} = P^* \cdot \frac{G_{efa}}{G_{stc}} \cdot (PR) \cdot (1 - FS) \quad (18)$$

Donde:

E_{ac} = Es la energía producida anual (kWh)

P^* = Potencia nominal del generador FV (w)

G_{efa} = Irradiación efectiva anual incidente en el plano del generador (kWh/m²)

G_{stc} = Irradiación en condiciones estándar de medida (1 kW/ m² constante)

PR = rendimiento del sistema o performance ratio

FS = factor de sombras

Ahorro de toneladas de CO2 emitidas a la atmosfera

La instalación fotovoltaica conectada a la red no contamina ni química, ni electromagnética, ni acústicamente, siendo altamente recomendable para la conservación del medio ambiente, para esto se realiza el cálculo de toneladas de CO2 que no serán emitidas al medio ambiente como lo indica la ecuación (19) [5]

$$\text{Ahorro de Ton CO}_2 = EF_{grid,OM} * E_{ac} \quad (19)$$

Donde:

Ahorro de Ton CO₂.

$EF_{grid,OM}$ = Factor de emisión CO₂.

E_{ac} = Es la energía producida anual (kWh).

Operación del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico está sujeto a diversos escenarios de operación, en los cuales la demanda de energía de la universidad disminuye y aumenta no todo el año la universidad está en funcionamiento, son 240 días al año, los fines de semana suman 104 días, días festivos suman 21, se estima que la universidad estará e al 100% de actividad en los bloques de aulas (A,B) , (C,D) en los días de lunes a viernes en clases normales, en el cual el sistema planteado es deficitario mientras que en los fines de semana y feriados el sistema es excedentario.

Cálculo del número de baterías

Para que el sistema fotovoltaico sirva como un sistema de emergencia es necesario dimensionar el banco de baterías como expresa la ecuación (20), (21)

$$Bat_{paralelo} = \frac{\frac{Prom.Diario Ah \cdot Dias_{Autonomia}}{Lim_{Descarga}}}{Capacidad Ah_{Bateria}} \quad (20)$$

Donde:

$Bat_{paralelo}$ = Baterías en paralelo

$Prom. Diario Ah$ = Promedio diario en (Ah)

$Dias_{Autonomia}$ = Días de autonomía

$Lim_{Descarga}$ = Limite de descarga de las baterías

$Capacidad Ah_{Bateria}$ = Capacidad en Ah de las baterías

$$Bat_{Serie} = \frac{V_{CC Sistema}}{V_{Baterias}} \quad (21)$$

Donde:

Bat_{Serie} = Baterías en serie

$V_{CC Sistema}$ = Voltaje del sistema fotovoltaico en corriente continua

$V_{Baterias}$ = Voltaje de las baterías

III. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico del proyecto fotovoltaico constituye una técnica a través de la cual se determinan los beneficios o pérdidas en los que se puede incurrir al pretender realizar una inversión u otro movimiento en donde uno de sus objetivos es obtener resultados que apoyen la toma de decisiones para los escenarios que se presenten.

Como herramienta de análisis se utiliza la (Tasa Interna de Retorno) TIR y el (Valor Actual Neto VAN) las que son usadas para evaluar proyectos de forma financiera.

Se plantean distintos escenarios de los cuales se escoge el siguiente:

El escenario plantea los siguientes supuestos: la exoneración de impuestos acogiendo lo que se establece en el Código de Producción Comercio e Inversiones - Impuesto a la Renta [6], considerar un precio preferencial por el uso de energía renovable de [7] 25 ctvs el kWh, una tasa de interés preferencial del 7% por el uso de energía renovable Esto conlleva a tener un ingreso anual de 143.486,96 USD, con una inversión 143.486,96 USD, una TIR de 7% y una VAN 1.966,86 USD con un Factor de Recuperación del 11 % como se indica en la tabla 03

| | |
|-----------------|---------------|
| Inversión (USD) | 1.304.900,00 |
| Interés (%) | 7% |
| Año1 | \$ 143.486,96 |
| Año 2 | \$ 143.486,96 |
| Año 3 | \$ 143.486,96 |
| Año 4 | \$ 143.486,96 |
| Año 5 | \$ 143.486,96 |
| Año 6 | \$ 143.486,96 |
| Año 7 | \$ 143.486,96 |
| Año 8 | \$ 143.486,96 |
| Año 9 | \$ 143.486,96 |
| Año 10 | \$ 143.486,96 |
| Año11 | \$ 143.486,96 |
| Año 12 | \$ 143.486,96 |
| Año 13 | \$ 143.486,96 |
| Año 14 | \$ 143.486,96 |
| Año 15 | \$ 143.486,96 |
| VAN(USD) | 1.966,86 |
| TIR (%) | 7% |
| FRC | 11% |

Tabla 03: Proyección de la TIR y el VAN para 15 años con un costo de 25ctv el kWh, exonerado de impuestos y una tasa de interés preferencial del 7%

IV. VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados que arroja el software PVSYST 6.1.4 no presentan diferencia a los resultados que se obtuvo en los cálculos realizados, a excepción del área utilizada y la energía producida anualmente,

V. REFERENCIAS

Bibliografía

- [1] S. C. SRL, «unglobalcompact,» 2010. [En línea]. Available: http://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.pdf?1287789602. [Último acceso: 2012].
- [2] J. R. N. MEZA., «REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA DE LA ESPE– SANGOLQUÍ HORIZONTE 15 AÑOS,» 2012. [En línea].
- [3] O. Perpiñán, ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica, España: Creative Commos, 2002.
- [4] E. Harper, El ABC de las Instalaciones Electricas Industriales, Mexico D.F.: LIMUSA.SA, 2005.
- [5] celec, 2012. [En línea]. Available: <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/index.php/noticias?start=5>.
- [6] [En línea]. Available: <http://www.eiccontrol.com/6450-piranometro-radiacion-solar-p-992.html>.

BIOGRAFÍAS:

Dennis Mesias : Nació el 20 de Febrero de 1988 en la ciudad de Latacunga, cursó sus estudios de bachillerato en el Instituto Tecnológico Superior Ramón Barba Naranjo

de la ciudad de Latacunga, sus estudios superiores de Ingeniería Electromecánica en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.



Su proyecto de titulación trata diseño de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en el nuevo campus de la Escuela Politécnica del

Ejército Extensión Latacunga