



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Guía de diseño para proyectos de energía solar
fotovoltaica y evaluación financiera de estos
orientada a empresas

Autor

Wilfrido José Crawford Zabaleta

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica

Medellín, Colombia

2019



Guía de diseño para proyectos de energía solar fotovoltaica y evaluación
financiera de estos orientada a empresas

Wilfrido José Crawford Zabaleta

Informe de práctica académica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Electricista

Asesor.

Álvaro Jaramillo Duque
Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica
Medellín, Colombia
2019.

GUÍA DE DISEÑO PARA PROYECTOS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y EVALUACIÓN FINANCIERA DE ESTOS ORIENTADA A EMPRESAS

Resumen

La empresa Coenergy S.A.S. tiene aproximadamente 5 años en labor. Sus principales actividades están relacionadas con el área de ingeniería eléctrica, tales como diseño en baja y media tensión, interventoría y ejecución de obras eléctricas y labores de ingeniería eléctrica en general.

Para demostrar las capacidades adquiridas en ingeniería eléctrica se presentará el procedimiento para dimensionar un sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaico. Por ser una tecnología relativamente nueva en Colombia, se tiene un desconocimiento en cuanto a los beneficios económicos que se podrían llegar a lograr durante la vida útil del proyecto, la cual es aproximadamente 25 años.

Se vuelve necesaria la evaluación económica de este tipo de proyectos para tener una visión global y verificar la viabilidad económica del proyecto.

Se evalúa el proyecto económicamente con ciertas consideraciones que son datos que pueden fluctuar en función del lugar en específico donde se encuentre ubicada la instalación. Como resultado se llegó a la conclusión que el proyecto trae consigo ahorros económicos considerables para el inversionista.

Al evaluar el proyecto económicamente mediante el valor presente neto, la tasa interna de retorno y la relación costo beneficio se llega a que el proyecto es viable económicamente considerando toda la vida útil del proyecto, es decir, que este funciona durante 25 años.

Adicionalmente se obtuvo como resultado una plantilla en la herramienta Excel para realizar de forma más rápida el dimensionamiento de las instalaciones y la evaluación económica de las mismas.

Introducción

En vista a las necesidades que surgen constantemente en el mercado, se presentan cambios tecnológicos para resolver los problemas generados a nivel global, estos a raíz del uso desmedido de las energías no renovables en sus diferentes formas, lo que como resultado ha concebido dos grandes problemas: escasez de estas fuentes energéticas e impactos negativos que ha tenido su uso para con el medio ambiente [1].

La finalidad del proyecto es desarrollar un método de diseño de sistemas fotovoltaicos con todos los criterios técnicos correspondientes, orientando a medianos y grandes consumidores de energía eléctrica. Además, se incluirá la evaluación económica, con el fin de establecer la factibilidad del proyecto para el cliente.

Para realizar el cálculo de la energía anual producida por la instalación, se toman datos de acceso público divulgados en [2]. Con estos se estima la producción anual del sistema, considerando que los valores históricos de radiación se conservan en el intervalo consultado.

En la evaluación económica del proyecto, se realizan algunas aproximaciones en cuanto a costos, estos pueden variar por diferentes motivos. Para el cálculo se toman valores conservativos en base a su variación, de forma que se obtenga un resultado acertado.

Inicialmente se describe el dimensionamiento de los sistemas de generación. Posteriormente se realiza la evaluación económica en base al diseño previamente realizado. Finalmente, como aporte adicional se planea realizar una herramienta que permita automatizar y simplificar el tiempo de diseño y evaluación económica.

Con el método propuesto y la herramienta desarrollada, se pretende dar una mayor aceptación a la instalación de este tipo de sistemas, desde la parte de diseño hasta la evaluación financiera. Por lo general esta última tiene un gran peso al momento de aceptar o no una inversión.

El método propuesto puede utilizarse a diferentes niveles de aplicación, permitiendo evaluar en un espectro amplio de capacidades, manteniendo el nivel de confiabilidad deseado.

Objetivos

Objetivo general:

Desarrollar e Implementar un método para el diseño de proyectos de generación de energía solar fotovoltaica, considerando los principales aspectos técnicos, analizando los costos asociados al proyecto y los beneficios que pueden llegar a tener los clientes.

Objetivos específicos:

- Desarrollar un método para el diseño de proyectos de generación de energía solar fotovoltaica, cumpliendo con todos los criterios técnicos.
- Utilizar las herramientas más comunes y fiables para la evaluación financiera de proyectos de inversión, tales como: Valor presente neto (VPN), Tasa interna de rentabilidad (TIR) y la relación costo-beneficio.
- Evaluar las diferentes opciones tecnológicas y escoger la que más se acomode a las necesidades para la creación de una herramienta que permita simplificar tiempo de evaluación de pre-factibilidad de los proyectos.

Marco Teórico

Para una correcta evaluación económica de los proyectos de generación de energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos, es necesario realizar un diseño previo en función a la necesidad del cliente, y con este poder dar especificaciones de todos los equipos necesarios para la ejecución del proyecto.

En cuanto a las necesidades que puede llegar a tener el cliente, se pueden plantear diferentes tipos de sistemas de generación:

- Sistemas aislados: por lo general, utilizan baterías las cuales funcionan de forma idónea para situaciones en las cuales no hay acceso a la red eléctrica [1].
- Sistemas conectados a la red: los paneles generan energía y la transmiten a la red eléctrica, el usuario aprovecha la energía de los paneles en cualquier momento y envía los excedentes a la red de uso general [1].
- Híbridos: puede funcionar tanto de forma aislada como conectado a la red eléctrica.

Además del tipo de proyecto, se deben considerar los siguientes aspectos para el diseño del proyecto:

- Porcentaje de demanda que desea cubrir
- Área disponible para montaje
- Generación anual deseada

Teniendo en cuenta las condiciones dadas por el cliente, se debe escoger el tipo de sistema y con base a esto se realiza el diseño del sistema fotovoltaico.

Para este estudio, se establece el caso particular en que el cliente cuenta con un área disponible de 780 metros cuadrados, la cual se encuentra apta para la instalación aproximada de 100kWp; además será un sistema conectado a la red.

A continuación, se describen cada uno de los componentes del sistema.

- Paneles fotovoltaicos: formado por células fotovoltaicas conectadas en serie [3], con capacidades típicas entre 260 y 330Wp.

- Inversor: están formados de un circuito de electrónica de potencia que se encarga de convertir de CC a CA, o bien CA a CC, y un transformador [3]. Este último para regular la tensión al valor que sea necesario.
- Balance del sistema: BOS por sus siglas en inglés. Se encuentra compuesto por los demás materiales necesarios para la instalación: cableado, canalizaciones, protecciones, elementos de monitoreo, tableros y cajas de combinación [4].

Definidos los elementos necesarios para realizar el montaje del sistema de generación fotovoltaica, se sigue con el dimensionamiento del número de módulos necesarios para suplir la necesidad de potencia planteada inicialmente.

Determinación del número de módulos fotovoltaicos

En este punto es necesario tener definida la potencia fotovoltaica necesaria para la instalación, independientemente del criterio que se escoge para la necesidad de generación, es obligatorio contar con este valor. A continuación, se describe este cálculo para cada uno de los casos posibles de necesidad de generación:

- **Porcentaje de demanda que desea cubrir**

Asumiendo que se tiene una instalación donde su consumo promedio mensual es 1000 kWh, el cliente establece que desea cubrir el 50% de este consumo y que se encuentra geográficamente ubicado en un lugar donde el cálculo de las horas sol pico es igual 4 horas (Medellín)[2]. Se denomina horas sol pico al número de horas diarias que, con una irradiancia solar ideal de 1000 W/m² proporciona la misma irradiación solar total que la real de ese día [4].

Luego se realiza el cálculo de la potencia fotovoltaica necesaria. Para esto, se requiere la energía que se desea cubrir y el valor de horas sol pico promedio, que para el caso son 500 kWh y 4 horas, respectivamente.

$$PF = \text{Energía a generar/horas sol pico [4]}$$

$$PF = 500 \text{ kWh}/4h$$

$$PF = 125 \text{ kW}$$

Conociendo este valor, se procede a determinar el panel fotovoltaico que se utilizará y así poder establecer la cantidad necesaria. Para el caso se utiliza como referencia un panel fotovoltaico de 320 Wp marca Jinko Solar[5], el cual es comercial en el mercado Colombiano, o bien sus similares en potencia de otras marcas.

$$N^{\circ}Mod = PF/PotenciaModulo [4]$$

$$N^{\circ}Mod = 125 kW/0,320 kW$$

$$N^{\circ}Mod = 391 \text{ paneles}$$

- **Área disponible para montaje**

Como se planteó inicialmente, se determina la potencia en cuanto al área disponible que tenga el cliente, para el caso 780 metros cuadrados. Se debe considerar un área de circulación, esto para realizar actividades de montaje y mantenimiento de la instalación, aproximadamente un 20% del área total disponible. Como se cuenta con un área suficiente para la instalación de 100 kWp, se procede a calcular de igual forma que en el caso anterior, utilizando igual referencia de panel fotovoltaico.

$$N^{\circ}Mod = PF/PotenciaModulo [4]$$

$$N^{\circ}Mod = 100 kW/0,320 kW$$

$$N^{\circ}Mod = 313 \text{ paneles}$$

- **Generación anual deseada**

Para este caso, se agrega un paso previo al procedimiento de porcentaje de demanda. Se conoce el valor de la energía anual a generar, este valor se divide sobre el número de meses del año, para tener un valor promedio a generar mensual; con este resultado se dimensiona de igual forma que el primer caso y se toma como energía a generar.

Selección del inversor

Una vez definida la cantidad de módulos necesaria, se procede a escoger el inversor que acomode a las necesidades técnicas y económicas del proyecto.

Siguiendo con el caso planteado, se posee inicialmente una cantidad de módulos igual a 313. Por el factor de planta que presenta este tipo de

instalaciones y por fabricación misma, los inversores pueden tener una potencia fotovoltaica pico mayor a la potencia nominal de salida.

Para escoger este equipo, que representa un porcentaje considerable de la inversión inicial del proyecto, se debe tener presente el criterio antes mencionado, con fin de minimizar costos en la medida que sea posible.

Se escoge un inversor de la línea Symo de la marca Fronius. Este equipo tiene una vida útil media de 15 años, lo cual brinda una relación costo-beneficio interesante para el caso evaluado. Además, tiene un nivel de aceptación alto por su buen funcionamiento.

Los datos que el fabricante presenta para la referencia que se escoge, son los siguientes:

Tabla 1. Datos de inversor [6].

FRONIUS SYMO 24.0-3 480

Potencia máxima de salida a 480 Vac	23995 (VA)
Número de MPPT	2
Potencia FV recomendada (kWp)	19,0 – 31,0
Voltaje nominal de entrada (V)	720,0
Rango de voltaje operacional (V)	200 - 1000
Rango de voltaje MPP (V)	500 – 800
Voltaje de entrada máximo (V)	1000,0
Frecuencia nominal de operación (Hz)	60

Además de lo anterior, los estándares de fabricación de este inversor permiten su instalación en el país. Se ajusta a las necesidades de potencia del proyecto con un total de 4 inversores.

Determinación del arreglo fotovoltaico

Una vez definidos el inversor y el número de paneles, se sigue definiendo la configuración del arreglo, es decir, establecer la conexión de los paneles a los inversores.

En este paso pueden existir variaciones en el número de paneles. Lo ideal es cargar los inversores con igual cantidad de paneles, con fin tal de que todos se encuentren en igualdad de condiciones de generación.

En este caso el cliente defina si es posible disminuir un poco la potencia instalada o si es necesario sobredimensionar un poco el sistema a los 100kW planteados. En este caso se asume que es posible aumentar la cantidad de módulos para definir el arreglo.

Inicialmente se define que son 313 paneles, cantidad que no permite cargar todos los inversores con igual potencia. Para solucionar esto se decide aumentar hasta 320 el número de paneles

Con esta cantidad de paneles se tiene un arreglo con 80 módulos por cada uno de los inversores para un total de 25,6 kW instalados por cada uno; los 80 módulos se dividen en 4 arreglos en paralelo de 20 módulos en serie cada uno, conectando 2 arreglos en paralelo en cada una de las entradas MPPT del inversor.

Se debe verificar que la tensión de entrada del inversor no sea superada por cada uno de los arreglos en serie, para esto es necesario observar en las características del módulo la tensión en circuito abierto o VOC del módulo.

Tabla 2. Datos de módulo [5].

JKM320PP-72

Potencia nominal (Wp)	320
Tensión en el punto Pmax-VMPP (V)	37,4
Corriente en el punto Pmax-IMPP (A)	8,56
Tensión de circuito abierto-VOC (V)	46,4
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	9,05
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0,40% / °C
Coefficiente de temperatura de VOC	-0,30% / °C
Coefficiente de temperatura de ISC	-0,06% / °C

$$V_{in} = N^{\circ}ModSerie \times VOC [4]$$

$$V_{in} = 20 \times 46,4$$

$$V_{in} = 926 (V)$$

Se puede apreciar que la tensión resultante es menor a la tensión máxima de entrada soportada por el inversor que es 1000 V. Además de hacer este cálculo, se debe realizar una corrección por temperatura, puesto que una temperatura ambiente baja podría provocar un aumento de la tensión de entrada, hasta tal punto de exceder la temperatura máxima de entrada del equipo y averiarlo.

Según [7] la temperatura más baja registrada para la ciudad de Medellín entre el periodo 1981 y 2010 fue de 16°C, la cual se toma como referencia para realizar el cálculo.

$$\begin{aligned} \text{Corrección}_{VOC} &= V_{in} + [V_{in} \times (T_{min} - T_{base}) \times (\text{CoefTempVOC}/100)] \quad [4] \\ \text{Corrección}_{VOC} &= 926 + [926 \times (16 - 25) \times (-0,3 / 100)] \\ \text{Corrección}_{VOC} &= 951,002 \text{ (V)} \end{aligned}$$

Esta última no supera la tensión máxima de entrada por lo que el inversor no debería presentar problemas con respecto a esta variable.

Evaluación económica

Para realizar la evaluación económica de los proyectos, se considerarán los siguientes conceptos:

- **Valor Presente Neto (VPN)**

Hace referencia a traer a valor presente, utilizando una tasa de descuento adecuada, todos los flujos (negativos o positivos) relacionados con el proyecto [8]. Es el más utilizado porque pone en pesos de hoy tanto los ingresos futuros como los egresos futuros, lo cual facilita la decisión desde el punto de vista financiero, de realizar o no un proyecto [9].

Se deben determinar los costos durante toda vida útil del proyecto: inversión inicial, costos de mantenimiento y costo de reemplazo de equipos. Además, los ingresos del mismo que en este caso será la energía generada por el sistema fotovoltaico. Esto significa un ahorro para la empresa puesto que reduce el costo de la factura.

Es necesario estimar la energía anual que puede generar el proyecto, con esto se calcula el ahorro en dinero y se realiza el flujo de caja del proyecto.

Desde el punto de vista matemático el VPN es la sumatoria de flujos de caja puestos en el día de hoy, lo cual podemos representar por [9]:

$$VPN = \sum F_n(1+i)^{-n} = F_0 + F_1(1+i)^{-1} + F_2(1+i)^{-2} + \dots + F_n(1+i)^{-n} \quad [9]$$

Donde i es la tasa a la cual son descontados los flujos de caja, esa tasa i la denominaremos Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) que es la tasa de interés más alta que un inversionista sacrifica con el objeto de realizar un proyecto [9].

Para la aplicación del VPN se tomará una tasa de interés de oportunidad igual a 5%. Un valor un poco conservativo para un proyecto de inversión, debido a que las rentabilidades esperadas en proyectos privados son mayores [8]; considerando que la principal actividad de inversionista no es la generación de energía eléctrica, más la magnitud de capital que requiere el proyecto, puede ser aplicable este valor, aun siendo una tasa de proyectos públicos [10].

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Se establece como aquella tasa de interés que hace igual a cero (0) el valor presente neto de un proyecto [8]. Es uno de los índices que más aceptación tiene para la evaluación financiera de proyectos porque mide la rentabilidad de una inversión [9].

Matemáticamente hablando la TIR es la tasa a la cual el VPN se hace igual a cero [9].

$$VPN = \sum F_n(1 + i)^{-n} = 0 \text{ [9]}$$

- **Relación costo-beneficio**

Se instaura como la relación entre valor presente neto de los saldos a favor y el valor presente neto de las salidas de dinero de todo el proyecto [8].

$$\textit{Relación B/C} = \textit{Valor presente neto de los ingresos} / \textit{Valor presente neto de los costos} \text{ [9]}$$

Estimación de la energía producida anualmente

Para poder realizar la evaluación económica del proyecto es estrictamente necesario estimar la energía anual que producirá la instalación. Esto con fin

de calcular el ahorro en pesos que tendrá la empresa y tomar este ahorro como los ingresos que se obtienen en la aplicación del proyecto.

$$\text{Energía_Día} = \text{Potencia instalación} \times \text{HSP} [4]$$

$$\text{Energía_Día} = 102.4 \text{ kW} \times 4 \text{ h}$$

$$\text{Energía_Día} = 409.6 \text{ kWh} / \text{ día}$$

$$\text{Energía_Año} = \text{Energía_Día} \times 365$$

$$\text{Energía_Año} = 409.6 \text{ kWh} \times 365$$

$$\text{Energía_Año} = 149504 \text{ kWh} / \text{ año}$$

A esta producción anual se le debe restar un porcentaje por pérdidas en el sistema donde incluye pérdidas por sombreado, por lluvias, efecto Joule en los conductores, por temperatura y eficiencia de los equipos. Todas esas pérdidas se toman como un porcentaje igual a 10% de la energía que podría generar [4]. Se asume un costo constante para el kWh de \$ 618,87 COP, que resulta de calcular el promedio del costo en el último año [11]. Multiplicando este último valor por la energía anual generada, resulta en un ahorro de:

$$\text{AhorroAnual} = \text{Energía (kWh)} \times \text{Costo kWh (\$/kWh)}$$

$$\text{AhorroAnual} = (149504 \times 0.9) \times 618,87$$

$$\text{AhorroAnual} = \$ 83'270.917$$

Calculo de la inversión inicial

En lo referente a gastos de estructura para paneles, accesorios, instalación y materiales de instalación son variables que dependen del lugar y el tipo de montaje que se requiera en la instalación. Luego de consultar en el mercado, con empresas que ofrecen estos productos y servicios, se concluye que los valores fluctúan en función al costo total de los paneles entre un 25-30%, 12-15%, 15-20% y 10-12% respectivamente. Para evaluar el escenario más extremo se toman los mayores porcentajes que conllevan a un mayor costo en la instalación.

A continuación, en Tabla 3 se observan los valores comerciales de los elementos necesarios para la instalación.

Tabla 3. Costos de la instalación. Elaboración propia

Descripción	Costo Unitario	Cant.	Unidad	Total
Panel Jinko 320 Wp	\$448.000	320	Und	\$143'360.000
Inversor Fronius Symo 20.0-3 480	\$15'767.500	4	Und	\$63'070.000
Estructura para paneles	N/A	N/A	Global	\$43'008.000
Accesorios de conexión	N/A	N/A	Global	\$21'504.000
Instalación del sistema	N/A	N/A	Global	\$35'840.000
Materiales de instalación	N/A	N/A	Global	\$17'203.2000

Se tiene una inversión inicial de \$323'985.200, además de esta se debe incluir un costo de mantenimiento anual de la instalación y el costo de reemplazo de los inversores, los cuales tienen una vida media útil de 15 años según [12].

El costo de mantenimiento se toma como \$8'300.000, que fue el valor más alto consultado con empresas que prestan el servicio; para el costo de reemplazo de los inversores se asume que su valor comercial tiene un aumento promedio de 3% anual, lo que en 15 años da como resultado un costo igual a \$24'565.251 cada uno, para una inversión igual a \$98'261.005.

Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica sobre los procedimientos de diseño de los sistemas de generación solar fotovoltaica. Posterior a esto se estableció el método de diseño para sistemas fotovoltaicos.

Una vez se estableció el método de diseño, se determinó la evaluación financiera, considerando: valor presente neto, tasa interna de retorno y relación costo-beneficio.

De forma paralela a los dos procesos anteriores, se realiza una herramienta en Excel, la cual permite simplificar los tiempos de cálculo tanto del dimensionamiento del sistema, como de la evaluación económica del mismo. Los datos de entrada para esta herramienta son: datos técnicos de la instalación y costos de equipos necesarios en la instalación.

Resultados y análisis

Para la evaluación del proyecto se tienen las siguientes consideraciones:

- Se asume que el costo del mantenimiento de la instalación tiene un incremento anual de 3% de su valor inicial.
- El costo del kWh constante durante todo el periodo de evaluación del proyecto.
- La producción de energía anual es constante durante el periodo en que se evalúa el proyecto, es decir, un ahorro anual constante.
- No se tiene en cuenta el valor de salvamento de los equipos que terminen su vida útil aún funcionando.

Valor Presente Neto - VPN

Luego de realizar los flujos de caja del proyecto contemplando todos valores en Tabla 3 y las consideraciones antes mencionadas, se obtienen los siguientes resultados para el valor presente neto.

Tabla 4. Resultado de valor presente neto.

Ingresos VPN	\$1.173.615.693
Egresos VPN	\$534'171.618
VPN(5%)	\$639'444.074

Figura 1. Comportamiento del VPN en función del tiempo.

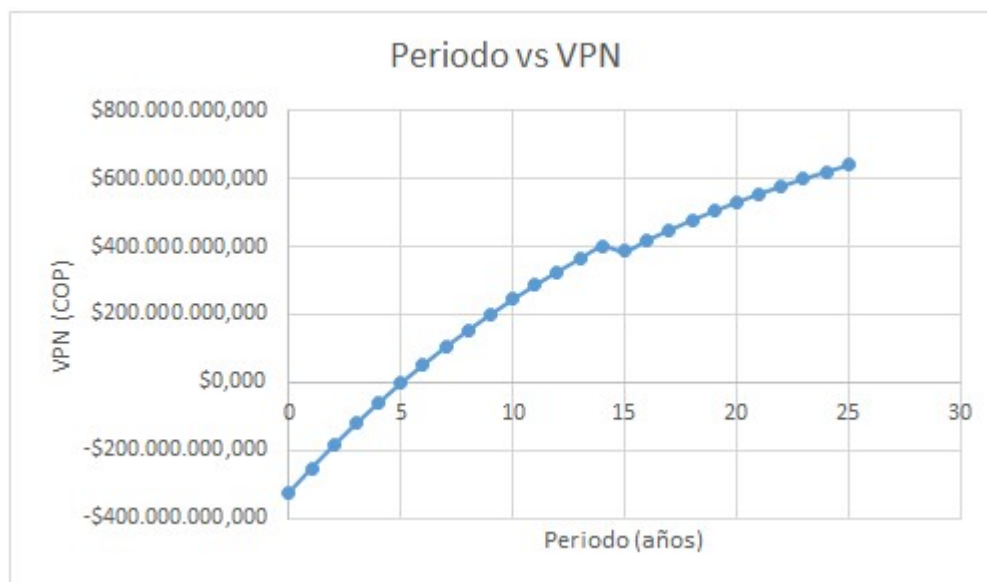
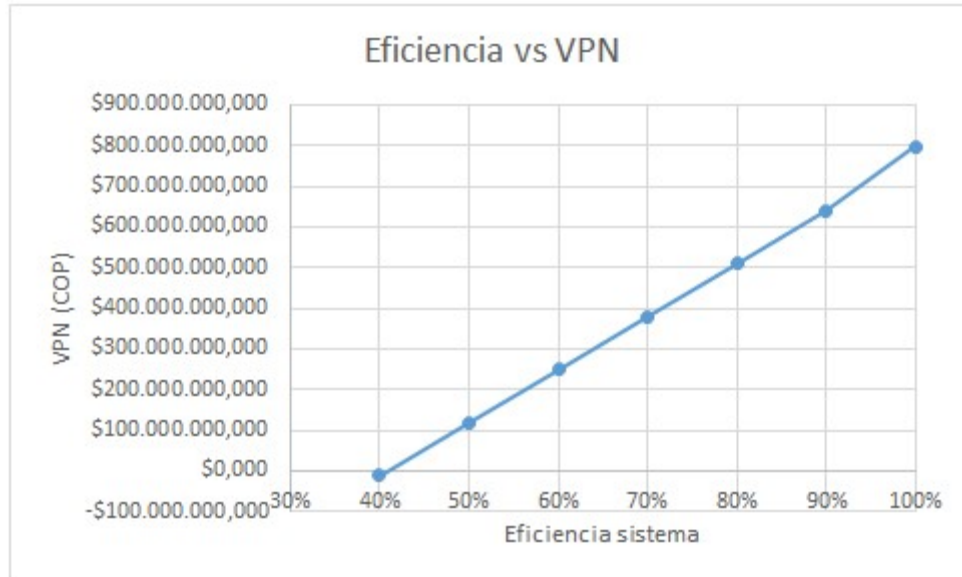


Figura 2. Comportamiento del VPN en función de la eficiencia del sistema.



Tasa Interna de Retorno - TIR

Con base en el Ejemplo 1 de Tasa Interna de Retorno de [9], esta tasa puede ser calculada variando los valores de la tasa de interés que aparece en (5) hasta encontrar el punto de inflexión, es decir, donde haya un cambio de signo en el VPN. Posterior a esto se realiza una interpolación lineal entre los dos valores donde haya el cambio de signo. A continuación, en Tabla 5, se realizan las variaciones de la tasa de interés.

Tabla 5. Variaciones de tasa de interés.

VPN(10%)	\$310'044.157
VPN(15%)	\$135'720.800
VPN(20%)	\$32'650.235
VPN(25%)	-\$33'969.650

Según Tabla 5 el punto de inflexión se presenta entre las tasas de 15 y 20%. A continuación, se ilustra el resultado de la interpolación.

$$\$32'650.235 - (-\$33'969.650) / \$32'650.235 - 0 = 20 - 25 / 20 - X$$

Donde X es la TIR, es decir, la tasa de interés que da como resultado un VPN igual a cero.

$$X = TIR = 22,45\%$$

Se realiza el cálculo de la TIR empleando la herramienta que provee Excel para esto. Los resultados se observan en Tabla 6.

Tabla 6. Comparación resultados.

TIR calculada	22,45%
Egresos VPN	22,204
% Error	0,000024

Relación Costo-Beneficio

Al evaluar el valor presente neto del proyecto, se tiene como resultado una relación entre el beneficio y el costo del proyecto como se observa en Tabla 7.

Tabla 7. Resultado de Tasa Interna de Retorno.

Ingresos VPN	\$1.173.615.693
Egresos VPN	\$534'171.618
R(B/C)	2,1971

Adicionalmente al desarrollo del proyecto, se realizaron actividades como:

- Elaboración de 5 diseños redes externas y 4 diseños de redes internas de usuario final.
- Legalización de 4 proyectos de redes ante el operador de red.
- Participación en actividades como: presentación de informes, inspección de instalaciones, medidas, entre otras.
- Realización de visitas de asistencia técnica, análisis de resultados y solución de inquietudes a aquellos clientes que lo solicitaron.
- Apoyar las labores de gestión comercial tal como elaboración de propuestas técnicas y visitas comerciales.
- Ejecución de los servicios ordenados, teniendo en cuenta los términos definidos en la propuesta técnico-económica, la logística, el manejo del personal y los equipos requerido para su ejecución.

Conclusiones

- Las aproximaciones que se realizan para el diseño conceptual son aceptables debido a que se toman valores extremos para ser lo más conservativos posibles; esto podría ser contraproducente puesto que podría no aprovechar al máximo la producción energética de la instalación, lo que representa un menor ahorro en energía consumida al operador de red.
- La evaluación económica del proyecto por las herramientas empleados para esto arroja como resultado la viabilidad de la aplicación del proyecto.
- Un proyecto de esta magnitud, como el planteado en el ejemplo, es aplicable a empresas que tracen planes de negocio en un horizonte no menor a 7 años, ya que para este periodo el VPN presenta un valor positivo.
- Aun siendo este porcentaje de pérdidas no mayor al 40% se tendría un valor presente neto positivo, pero muy poco considerable por el periodo que se debe esperar.

Referencias Bibliográficas

- [1] A. Banda, "Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico autónomo en las instalaciones de la UCSP," Universidad Católica San Pablo, 2017.
- [2] I. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, "Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia." [Online]. Available: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>.
- [3] M. Casa and M. Barrio, *Instalaciones solares fotovoltaicas*, Primera. México, 2017.
- [4] O. Arráez, "Curso Instalaciones Fotovoltaicas." 2018.
- [5] Surlink, "Jinko Solar," 2013. [Online]. Available: <https://www.jinkosolar.com/index.html?lan=sp>.
- [6] G. Fronius International, "Fronius," 2019. [Online]. Available: <https://www.fronius.com/es-mx/mexico>.
- [7] I. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, "Atlas Climatológico de Colombia," 2014. [Online]. Available: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Tmin_anual.pdf.
- [8] J. Serrano, *Matemáticas Financieras y Evaluación de Proyectos*. 2011.
- [9] G. Baca, *Ingeniería Económica*. .
- [10] Banco Interamericano de Desarrollo, "Tasa de Descuento Social y Evaluación de Proyectos: Algunas Reflexiones Prácticas para América Latina y el Caribe." p. 61, 2016.
- [11] EPM, "Tarifas," 2019. [Online]. Available: https://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/clientes-y-usuarios/hogares-y-personas/energia/tarifas.
- [12] Fronius, "Condiciones de Garantía de los Inversores Fronius, Fronius Datamanager y Fronius AC Combiner," 2019. .