

**EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD PARA EL PROYECTO DE
IMPLEMENTACIÓN DE 50 KITS SOLARES FOTOVOLTAICOS EN ZONAS
RURALES DEL MUNICIPIO DE MEDIO SAN JUAN, CHOCO**

Autores

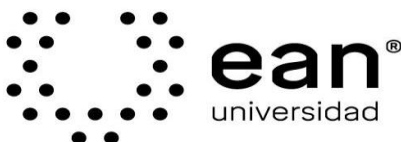
David Fernando Cano Benjumea

Daniel Camilo Ruiz Morales

Stefannia Garzón Duarte

Asesora

Sandra Marcela Delgado Ortiz



Especialización en Gerencia de Proyectos

Universidad EAN, Bogotá

Octubre 2020

RESUMEN

El presente documento contiene el informe de evaluación para la viabilidad de implementar 50 kits solares fotovoltaicos en zonas rurales del municipio de Medio San Juan, Choco.

Principalmente se exponen las motivaciones para evaluar la implementación del proyecto, partiendo de la actual importancia que tiene el acceso al recurso energético y la correlación de este con la percepción de la pobreza y coherencia de resultados con la medición de la pobreza multidimensional del departamento. Se realiza la evaluación del proyecto desde un ámbito técnico, ambiental, económico y social teniendo en cuenta cada una de las condiciones que se enmarcan dentro de las variables definidas para cada uno de estos contextos.

Palabras clave:

Potencia eléctrica, kit solar fotovoltaico, planta eléctrica, zona no Interconectada, pobreza, energía, sostenibilidad.

CONTENIDO

RESUMEN.....	2
LISTADO DE TABLAS.....	6
LISTADO DE ILUSTRACIONES.....	7
LISTADO DE ECUACIONES.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
2. OBJETIVO GENERAL.....	12
3. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
4. JUSTIFICACIÓN.....	13
5. MARCO TEORICO.....	15
5.1 GENERALIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	15
5.1.1. Fotovoltaicos.....	15
5.1.1. Generalidades de la energía Solar Fotovoltaica en Colombia.....	17
5.2 LEYES Y POLITICAS ENÉRGÉTICAS EN COLOMBIA.....	18
6. CARACTETISTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO.....	20
6.1 Generalidades de la población.....	20
6.1.1Localidades.....	21

6.2 GENERALIDADES DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN SOCIAL.....	21
7. METODOLOGIA GENERAL.....	22
8. DEFINICIÓN DE VARIABLES	23
8.1 CONCEPTUAL Y OPERACIONAL DE VARIABLES	25
8.2 METODOLOGÍA PARTICULAR	28
9. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	29
9.1 CÁLCULO DE INDICADORES TÉCNICOS	29
9.1 Consumo básico de subsistencia en el sector residencial.....	29
9.2 Promedio de horas de sol al día.....	30
9.3 Potencia eléctrica pico del kit fotovoltaico	31
9.4 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL KIT SOLAR FOTOVOLTAICO	31
10. INDICADORES AMBIENTALES	33
10.1 Reducción de emisiones de CO2.....	33
10.2 Zonas de suelo afectada.	35
11. CÁLCULO DE INDICADORES ECÓNOMICO	36
11.1 Inversión social	36
11.2 Coeficiente del SROI	39
11.3 Porcentaje de hogares sin electricidad	42
12. CONCLUSIONES	44
13. RECOMENDACIONES	45

14. REFERENCIAS	46
-----------------------	----

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Leyes y políticas energéticas en Colombia.	18
Tabla 2 Definición de variables para evaluar la viabilidad del proyecto.	24
Tabla 3 Definición conceptual y operacional de las variables para evaluar la viabilidad del proyecto.....	25
Tabla 4 Cálculo del consumo básico de subsistencia en el sector residencial para zonas rurales del departamento del Chocó.....	29
Tabla 5 Promedio mensual de brillo solar para la ciudad de Quibdó, departamento del Chocó.	30
Tabla 6 Características técnicas del kit solar fotovoltaico escogido.....	32
Tabla 7 Características técnicas planta eléctrica 1KW comparativo de emisiones CO2.....	33
Tabla 8 Proyección de emisiones producidas por una planta eléctrica de 1KW de potencia ..	34
Tabla 9 . Ahorro equivalente por producción de emisiones de CO2, por medio del gasto de combustible emitido por la planta eléctrica de 1KW.....	35
Tabla 10 Presupuesto solución fotovoltaica.....	38
Tabla 11 Etapa 1,2,3 Retorno social de la inversión, mapa de impacto.....	40
Tabla 12 Etapa 1,2,4,5 Retorno social de la inversión, mapa de impacto	41

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Esquema simple de un sistema fotovoltaico. Fuente: Tomado y modificado de (Biomass Users Network (BUN-CA), 2002)	15
Ilustración 2 Irradiación global media recibida en una superficie horizontal durante el día, promedio anual multianual (kWh/m ² por día) - Promedio anual multianual de horas de sol al día en Colombia, Fuente: (Instituto de Hidrología, 2020)	18
Ilustración 3 Metodología general para el desarrollo del proyecto propuesto. Fuente: Elaboración propia.	23
Ilustración 4 Dimensiones de la metodología particular del proyecto. Fuente: Autores	28
Ilustración 5 . Esquema de conexión del kit solar fotovoltaico. Fuente: (BR Solar Group, 2020)	32

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1 Potencia pico	31
Ecuación 2 Proyección de emisiones producidas por una planta eléctrica de 1KW de potencia	33
Ecuación 3 Kg de CO2 dejados de emitir por el uso de 50 kits fotovoltaicos	35
Ecuación 4 Área en metros cuadrados de panel solar	36
Ecuación 5 Área de afectación en metros cuadrados Diseño evaluado	36

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es viable dar acceso al suministro de energía eléctrica a hogares de las zonas rurales del municipio de medio San Juan, mediante la implementación de 50 kits solares fotovoltaicos?

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas, afirman que actualmente Colombia tiene 1916 localidades que no están interconectadas en zonas dispersas y alejadas (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE), 2020)

El Choco es el segundo departamento con más Zonas no interconectadas sin telemetría, con 452 localidades equivalente al 30,58% del total de todos los departamentos con servicio por franja horaria, existen 24 localidades sin servicio equivalente al 21,82% del total de todos los departamentos y sin información actualmente a las 48 localidades. (Arbeláez Perez, 2020). Las condiciones y aspectos geográficos del departamento representan una barrera para la infraestructura que requiere un proyecto eléctrico, las cuales pueden ser derribadas con energías renovables.

El departamento de Choco cuenta con niveles adecuados de radiación solar para la implementación de sistemas fotovoltaicos, el promedio es de 3,5kwh/m² a 4kwh/m² (Instituto de Hidrología, 2014), lo que significa que las horas de sol estándar son mayores a 3 horas, lo anterior reitera que la implementación de sistema fotovoltaico es una solución para las zonas que carecen del recurso energético.

Durante los años 2018 y 2019 se evidencia crecimiento al acceso de energía en los hogares al servicio de energía eléctrica de un 97,7% a un 98,1%. En el departamento del Choco el crecimiento fue del 80,4% al 95,5%, siendo un crecimiento significativo (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019a). Debido a que se están realizando grandes avances congruentes de las zonas no interconectadas a los objetivos del desarrollo sostenible ODS específicamente ODS 7 “Alcanzar el ODS7 para 2030, es necesario invertir en fuentes de energía limpia, como la solar, eólica y termal y mejorar la productividad energética” (Programa de las naciones unidas para el desarrollo (PNUD), 2020). Por lo cual el Ministerio de Minas y Energía, están en consultas de implementación de subsidios para proyectos con soluciones fotovoltaicas individuales (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), 2019).

La percepción de la pobreza tiene una correlación especial con el acceso a la energía eléctrica, durante los años 2018 al 2019 indica un aumento de la percepción por parte de los jefes del hogar de un 35,3% a 37,9%, donde en el departamento del Choco cuenta con los porcentajes más altos con un 68,8% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019a). Siendo constatado con la Medida de la pobreza Multidimensional Municipal, la cual se conforma por cinco dimensiones, donde se involucran 15 indicadores, en donde se considera situación de pobreza a los hogares con privación de al menos el 33% de los indicadores. En donde el departamento del Choco tiene una de las incidencias más altas con un 90,6% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2020a)

Entre los municipios del Choco que no tienen acceso al suministro eléctrico se encuentra el municipio de Medio San Juan. Con 11 localidades que carecen de sistema de telemetría, en donde se les realiza un seguimiento por medio de un Contac Center del IPSE. La localidad del

Guamo no tiene estado de presentación de servicio, es decir no tiene ninguna franja de horario con acceso a electricidad, siendo esta localidad clasificada como tipo 4, en donde se registran aproximadamente 50 usuarios. (Arbeláez Perez, 2020) De manera similar se encuentran las 10 localidades restantes, con la diferencia que cuentan con acceso a electricidad con franjas horarias.

2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la viabilidad del proyecto de implementación de 50 kits solares fotovoltaicos en zonas rurales del municipio de Medio San Juan, Chocó.

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Analizar las condiciones de oferta y de consumo de energía eléctrica para la población de zonas rurales en el departamento del Chocó.

Calcular la capacidad de potencia eléctrica y las características del kit solar fotovoltaico a implementar en el proyecto.

Analizar el cálculo de los indicadores formulados una vez realizada la definición de variables desde un ámbito técnico, ambiental, económico y social.

Presentar la estructura del proyecto según los resultados obtenidos en el estudio de viabilidad desde el contexto técnico, ambiental, económico y social.

4. JUSTIFICACIÓN

Según el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), en Colombia actualmente existen 1.916 localidades que no están interconectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN). (Arbeláez Perez, 2020).

De estas zonas no interconectadas, se han identificado alrededor de 1.766 localidades rurales, de las cuales se calcula que aproximadamente 128.587 personas solo acceden al servicio entre cuatro y doce horas al día. Con esta condición viven a diario la mayoría de los habitantes del departamento del Choco, los cuales se han adaptado a vivir con pocas horas de energía eléctrica durante el día e incluso hay algunas en las que ni siquiera se cuenta con el servicio (Arbeláez Perez, 2020)

Según el informe de prestación del servicio de energía en localidades ZNI sin sistemas de telemetría (IPSE,2020) para el caso de estudio en el municipio de Medio San Juan, de sus 11 localidades, 9 localidades tienen prestación del servicio durante 5 horas, y en las otras 2 localidades restantes (Bicordo y El Guamo), aun no existe la prestación del servicio de energía eléctrica.

La prestación del servicio de energía eléctrica por horas, se hace a través de plantas eléctricas alimentadas por combustibles fósiles que consumen en promedio 36 galones de ACPM durante 10 horas, lo cual desde el punto de vista económico es poco rentable, teniendo en cuenta las difíciles condiciones para las vías de acceso y la alta dispersión de las familias en las zonas rurales de estos municipios (Enciso, 2017)

En pleno siglo XXI, donde los dispositivos eléctricos se han vuelto fundamentales y necesarios para vivir, se hace impensable vivir en estas circunstancias, y más cuando existen

diversas alternativas para la generación de energía eléctrica. Con base en esto, el presente proyecto plantea como una posible solución la implementación de kits solares fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica haciendo uso del aprovechamiento de energía solar con la que cuenta el departamento, la irradiación solar de la zona se encuentra entre en un rango 3,5kwh/m² - 4,0 kwh/m² (Instituto de Hidrología, 2020), lo cual se convierte en una solución imprescindible a la hora de generar sostenibilidad ambiental y equilibrio económico, y se hace posible gracias la versatilidad tecnológica con la que cuentan los paneles solares fotovoltaicos hoy en día, haciéndose útiles para llegar a lugares a los que no se puede acceder con la red eléctrica tradicional. (Enciso, 2017).

Adicionalmente, el presente proyecto impulsa algunos de los objetivos para el desarrollo sostenible definidos el 25 de septiembre del año 2015, por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Algunos de estos son; el fin de la pobreza, educación de calidad, energía asequible y no contaminante, reducción de las desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles y acción por el clima.(Programa de las naciones unidas para el desarrollo (PNUD), 2020).

De igual manera, alineado con los lineamientos de la Universidad EAN y el programa de especialización en gerencia de proyectos, el análisis a desarrollar busca evaluar desde la formulación de proyectos y las iniciativas sostenibles, la viabilidad para la implementación de un proyecto energético con una fuente de energía renovable no convencional, a fin de que forma inherente se generen impactos positivos en el contexto social, económico y ambiental para la región en estudio.

5. MARCO TEORICO

5.1 GENERALIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

5.1.1. Fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de elementos interconectados entre sí, que aprovechan la energía producida por el sol para ser convertida en energía eléctrica, estos elementos pueden ser: módulos, reguladores, baterías, inversores y convertidores. Con base en la interconexión a la red de estos sistemas, se pueden clasificar en autónomos o aislados, interconectados e interconectados con almacenamiento o actualmente más conocidos como sistemas híbridos (Preciado & Hurtado, 2018).

En la figura uno se puede apreciar el esquema para un sistema solar fotovoltaico tipo aislado, el cual será objeto de estudio en el presente documento.

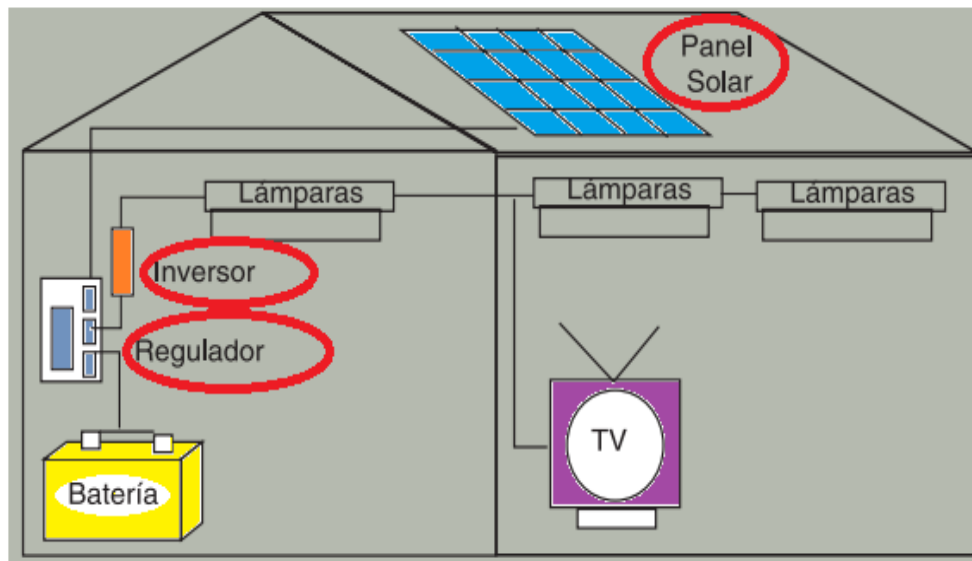


Ilustración 1 Esquema simple de un sistema fotovoltaico. Fuente: Tomado y modificado de (Biomass Users Network (BUN-CA), 2002)

Módulo Fotovoltaico: Es un compuesto por un conjunto de celas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado. La celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, estas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, donde el silicio es el más usado.(Biomass Users Network (BUN-CA), 2002)

Regulador: Este es un dispositivo electrónico, que controla el flujo de la corriente proveniente del módulo fotovoltaico hacia la batería, y el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia la carga eléctrica. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente desde los módulos fotovoltaicos hacia la misma y cuando está alcanza su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia la carga.(Biomass Users Network (BUN-CA), 2002)

Inversor: Es un dispositivo electrónico que permite transformar una señal de tipo continua en una señal alterna, esta puede ser de tipo sinusoidal pura aplicado en sistemas conectados directamente a la red; sinusoidal modificada o de onda cuadrada con aplicación en sistemas autónomos.(Preciado & Hurtado, 2018)

Baterías: Son dispositivos que permiten almacenar energía de forma electroquímica, en los sistemas fotovoltaicos se utiliza generalmente como sistema de almacenamiento energético, debido al desplazamiento que puede existir entre los periodos de generación (durante el día) y los periodos de consumo (como en la noche), permitiendo la operación de las cargas cuando el generador fotovoltaico por sí mismo no puede generar la potencia suficiente para abastecer el consumo, no obstante también se pueden utilizar para otros cometidos tales como estabilizadores de voltaje o corriente y para suministrar picos de corriente (como el arranque de motores). (Preciado & Hurtado, 2018)

5.1.1. Generalidades de la energía Solar Fotovoltaica en Colombia

Actualmente las fuentes hídricas son el principal recurso para la generación de energía eléctrica en Colombia, sin embargo, debido al cambio climático y el fenómeno del niño, dentro de la matriz energética proyectada para el año 2050 (PEN 2050), se espera elevar la generación por medio de energías renovables no convencionales, como lo son la energía solar y eólica, pasando de tener una participación del 1% en el 2018 a más del 12% en el año 2022 (Unidad de Planeación Minero-Energética, 2019)

Según el PEN 2050, una alternativa para disminuir los actuales problemas de la matriz energética del país, es por medio de la generación de energía solar fotovoltaica, dado que el país cuenta con un buen nivel de potencial de radiación en todo su territorio y los datos evidencian que a nivel nacional el promedio de irradiación solar es alto (Gómez et al., 2017).

El atlas de Radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia, en su versión más reciente (2018), busca mostrar e informar por medio de sus 17 estaciones meteorológicas la radiación solar global, insolación y brillo solar a lo largo y ancho del territorio nacional (Instituto de Hidrología et al., 2017)

En la figura 2 se puede apreciar el alto potencial solar que tiene Colombia, donde a su vez se puede evidenciar que, para el departamento del Choco, la irradiación solar de la zona se encuentra entre en un rango 3,5kwh/m² - 4,0 kwh/m² y el promedio de horas de sol al día es se encuentra entre 2 y 3 horas.

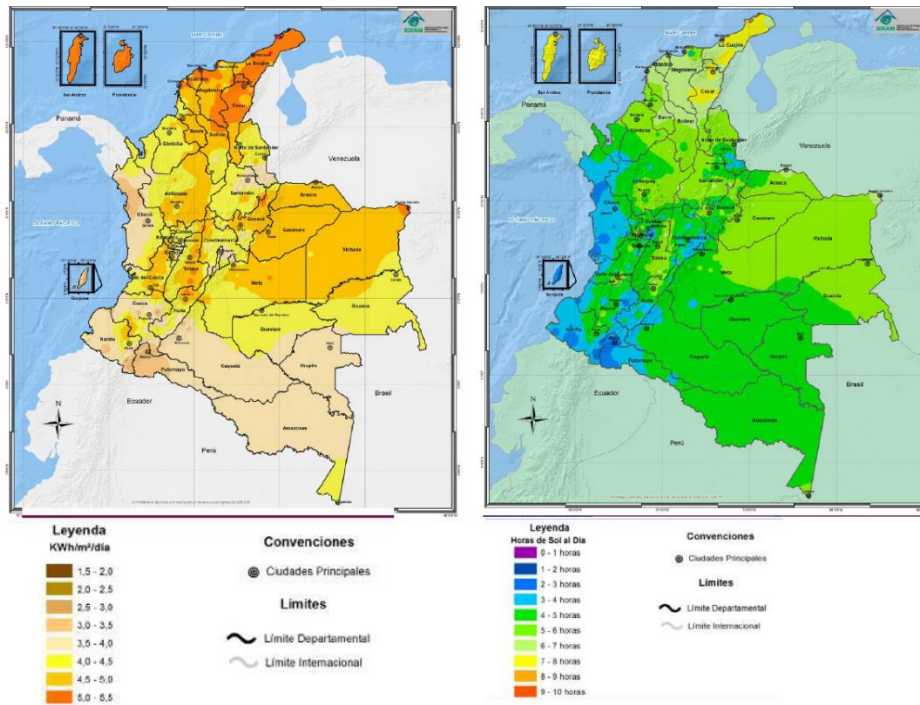


Ilustración 2 Irradiación global media recibida en una superficie horizontal durante el día, promedio anual multianual (kWh/m² por día) - Promedio anual multianual de horas de sol al día en Colombia, Fuente: (Instituto de Hidrología, 2020)

5.2 LEYES Y POLITICAS ENÉRGÉTICAS EN COLOMBIA

En la tabla 1 se resume el marco normativo actual en Colombia, según orden cronológico de las leyes y/o resoluciones que actualmente rigen el sector energético.

Tabla 1 Leyes y políticas energéticas en Colombia.

No. De Ley/Resolución	Año	Ley	Descripción
142	1994	"Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones"	marco legal para el desarrollo de la regulación sectorial por parte de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).
143	1994	"establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución, y comercialización de electricidad en el territorio nacional"	
629	1997	"Por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las	Colombia consolida su interés en la reducción de gases de efecto invernadero.

		Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”	
697	2001	“Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones”	La ley 697 declara el uso racional y eficiente de la energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional,
1665	2013	“se aprueba el Estatuto de la agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA)”	se crea la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), promueve las energías renovables
1715	2014	“ se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.”	Tiene por objeto promover la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable,
2492	2014	“se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda.”	Se adoptan disposiciones con implementación de mecanismos de respuesta en demanda en sistema interconectado Nacional.
2469	2014	“Se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración”	El estado se compromete a desarrollar programas y políticas se fijó los lineamientos de política energética
2143	2015	“se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en relación con la definición de los lineamientos para la aplicación de incentivos”	los incentivos dados a conocer promueven la inversión en proyectos de FNCE, el decreto 2143 fija las directrices para acceder a estos.
348	2017	“se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala”	Es deber del ministerio de minas y energías, establecer lineamientos con sistemas de medición, logrando una gestión eficiente de la energía. Así como también establece que los sistemas sean puestos en funcionamiento.
585	2017	“Establece el procedimiento sobre los proyectos de eficiencia energética que se presenten para acceder al beneficio tributario”	Con el fin de que proyectos de eficiencia energética tengan un incentivo de aranceles, la UPME dispuso la resolución 585, en donde se excluye el impuesto del IVA a equipos y maquinaria tanto nacional como importada.
201	2017	“Se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas”	La CREG, determino la metodología con la cual se puede calcular la energía firme para el cargo por confiabilidad, de plantas solares fotovoltaicas.
30	2018	“Se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el sistema interconectado nacional”	Esta resolución regula los aspectos operativos y comerciales que permiten la integración a sistemas a pequeña escala y de la generación distribuida al SIN, plantas de menos de 1 MW, y auto generadores mayores a 1 MW.

196	2020	“Se establecen los requisitos y procedimiento para acceder a los beneficios tributarios de descuento en el impuesto de renta, exclusión del IVA para proyectos de gestión eficiente de energía”	Esta resolución permite que se incluyan en los proyectos objeto de evaluación por parte de la UPME y obtendrán este beneficio según lo dispuesto en la normatividad correspondiente
-----	------	---	---

Fuente elaboración propia.

6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO

6.1 Generalidades de la población

En el departamento del Choco, el promedio de personas por hogar son 3,4. La razón de masculinidad es de 97,6 es decir, por cada 100 mujeres residen 97 hombres. El porcentaje de la población entre 0 y 14 años es de 34,2%, población entre los 15 y 64 años es de 60,1% con mayor predominancia, y mayores a 65 años es de 5,7% con un menor porcentaje. Con respecto a los nacimientos en el departamento desde el año al 2005 al 2018 hay un acumulado de 74.865, con respecto al acumulado de defunciones del mismo periodo de tiempo de es 14.484. Los hogares del departamento del Choco según el tamaño y la distribución de la población, es respectivamente para una persona un 19,9%, dos personas 18,4%, tres personas 18,7%, cuatro personas 16,7%, cinco personas 11,5% y seis personas o más 14,8%. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019b)

La cobertura en el departamento con respecto al acceso de servicios públicos es de un 75,8% energía eléctrica, 28,5% acueducto, 20% alcantarillado, 2,4% gas, recolección de basuras 48,6% e internet 14% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019b)

La participación porcentual del PIB con respecto a los departamentos de Colombia es bajo, con un porcentaje de 0,38%. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2020b)

Entre las actividades más representativas en la economía es la extracción de minerales metalíferos con un 15,9% , seguida de administración pública con un 15,4%, educación de no mercado 13,9% , hoteles y restaurantes 8,3% y silvicultura y actividades similares 7,4% (Banco de la República, 2018).

6.1.1 Localidades

En el departamento del choco, municipio de Medio San Juan, actualmente existen 11 localidades que pertenecen a las zonas no interconectadas ZNI y carecen de sistemas de telemetría, el seguimiento se realiza por medio de un Contac Center del IPSE. La localidad de investigación es El Guamo perteneciente al tipo de localidad número 4, lo que significa que existen hasta 50 usuarios, actualmente la localidad se encuentra sin acceso a suministro eléctrico sin franja horaria, es decir no tienen prestación de este servicio en ningún momento.(Arbeláez Perez, 2020).

Los rangos de incidencia de la pobreza multidimensional en el municipio de Medio San Juan con respecto al número de manzanas es el 0,1% al 20% en 9 manzanas, 20.1% al 40% 10 manzanas, 40.1% al 60% 18 manzanas, 60.1% al 80% 9 manzanas y con los niveles más altos y mayores al 80% 3 manzanas del municipio (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2018).

6.2 GENERALIDADES DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN SOCIAL

La inversión social es un mecanismo de acción, el cual integra factores ambientales y sociales en beneficio a las comunidades. (Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), n.d.)

La FAZNI tiene como objetivo financiar los proyectos y programas de inversión en infraestructura energética en zonas no interconectadas (ZNII) de acuerdo con la ley y acorde a

las políticas de energización para zonas no interconectadas determinado por el Ministerio de Minas y Energía (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE), n.d.)

El Instituto de Promoción de Soluciones Energéticas para las zonas no interconectadas, IPSE viabiliza técnicamente los proyectos energéticos presentados por las entidades territoriales y Empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica en las zonas no interconectadas. La Unidad de Planeación Minero-Energética, UPME estudia la viabilidad financiera de los proyectos. Los procesos de viabilidad para los proyectos deben cumplir los requisitos establecidos para su registro en el Banco de Programas y Proyectos de Inversión Nacional (BPIN), del departamento nacional de Planeación. (Ministerio de Minas y Energía, 2005)

7. METODOLOGIA GENERAL

El enfoque del presente proyecto es cuantitativo de tipo No experimental, dado que no existirá manipulación de las variables en estudio. Así mismo, el diseño propuesto es transversal, habrá un único momento de recolección de datos y el tipo de estudio será descriptivo, dado que se pretende evaluar la viabilidad de la implementación de 50 kits solares fotovoltaico en el municipio de medio San Juan Choco desde un análisis técnico, ambiental, económico y social.

En la figura 3 se muestra la metodología general para el desarrollo investigativo, se plantea en 3 etapas o fases principales, las cuales se detallan a continuación:

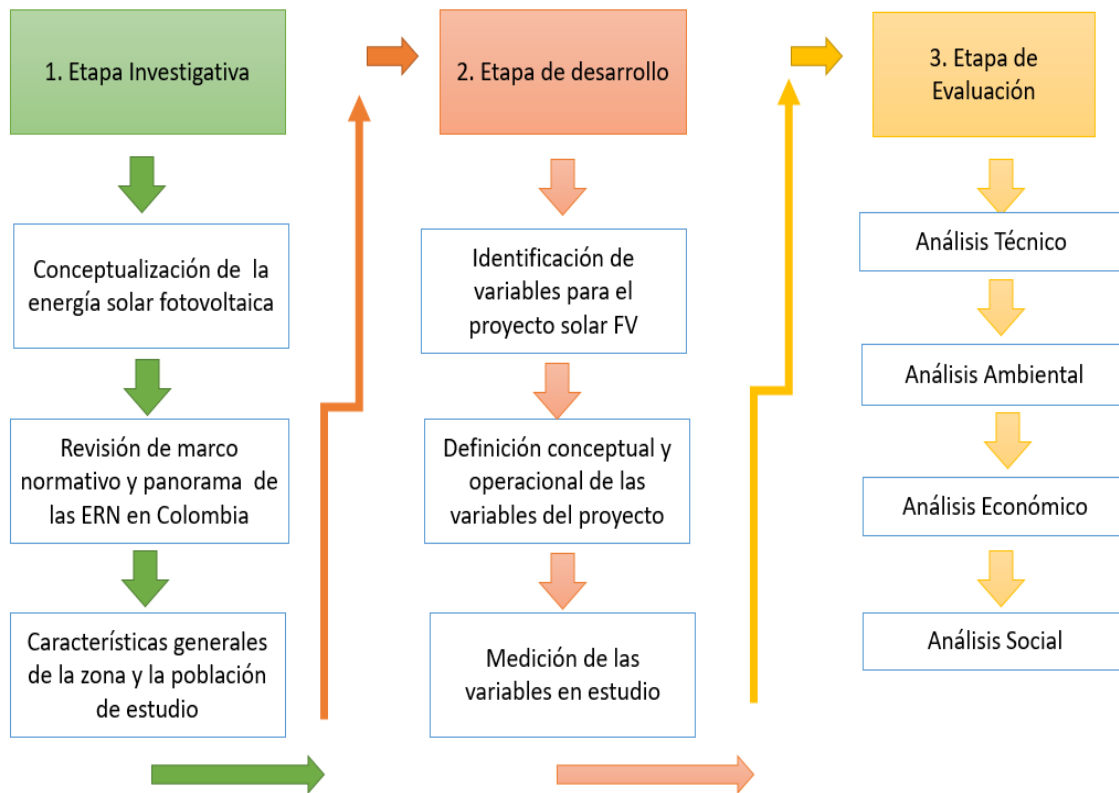


Ilustración 3 Metodología general para el desarrollo del proyecto propuesto. Fuente: Elaboración propia.

8. DEFINICIÓN DE VARIABLES

A fin de poder evaluar la viabilidad del proyecto para la implementación de los kits solares fotovoltaicos en el municipio de medio San Juan Choco, las variables de estudio se clasificaron en cuatro categorías principales; dimensión técnica, ambiental, económica, y social. Alineados con los objetivos para el desarrollo sostenible de la ONU y tomando como referencia algunos de los indicadores energéticos del desarrollo sostenible (Iaea et al., 2008) . En la tabla 2 se resumen las variables a medir para la evaluación de la viabilidad del proyecto.

Tabla 2 Definición de variables para evaluar la viabilidad del proyecto.

DIMENSIÓN	TEMA	SUBTEMA	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
TÉCNICA	Consumo de Energía	Consumo básico de energía eléctrica	Consumo básico de subsistencia en el sector residencial	KWh/día
	Irradiación Solar	Irradiación Solar en el Departamento de Chocho	Promedio de horas sol al día	Horas de sol al día (Hsd)
	Potencia Eléctrica	Potencia eléctrica pico del generador fotovoltaico	Potencia eléctrica pico del kit fotovoltaico	kW
AMBIENTAL	Atmosfera	Cambio climático	Reducción de la cantidad de emisión de CO2	Kg de emisión
	Tierra	Calidad de los suelos	Zonas de suelo afectada	Metros cuadrados
ECONÓMICO	Inversión Económica	Inversión económica del proyecto fotovoltaico	Inversión social del proyecto	Pesos
	Retorno social sobre la Inversión (ROI)	Recursos aportados al proyecto	Coficiente del ROI	Pesos
SOCIAL	Calidad de Vida	Servicio de energía eléctrica	Porcentaje de hogares sin electricidad	Porcentaje

Fuente: Elaboración propia

8.1 CONCEPTUAL Y OPERACIONAL DE VARIABLES

Tabla 3 Definición conceptual y operacional de las variables para evaluar la viabilidad del proyecto.

DIMENSIÓN	INDICADOR	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	FUENTE PRINCIPAL	META ESPERADA
TÉCNICO	Consumo básico de subsistencia en el sector residencial	Cantidad mínima de electricidad utilizada en un determinado periodo de tiempo por un usuario típico, para satisfacer necesidades básicas que solamente pueden ser satisfechas mediante esta forma de energía final (Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) et al., 2012)	Se determina el consumo de energía eléctrica de los equipos o electrodomésticos durante un periodo de tiempo. Según información de la UPME, se estima el tiempo de uso diario expresado en hora/día para cada electrodoméstico. Este tiempo de uso se multiplica por la potencia eléctrica unitaria que consume cada electrodoméstico. Este consumo diario puede ser extrapolado al consumo mensual expresado en KWh/mes.	UPME – Ministerio de Minas y Energía - FAZNI	≥ 2 KWh/día
	Promedio de horas Sol al día	Corresponde al promedio de la cantidad de tiempo durante la cual la superficie del suelo es irradiada por la radiación solar directa (Instituto de Hidrología et al., 2017).	El promedio de horas de sol al día se obtendrá del atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia en su última versión (año 2017), el cual corresponde al cálculo del promedio anual de brillo solar en las principales ciudades del país. Se tomaran los datos correspondiente al histograma anual de la ciudad de Quibdó, Choco.	IDEAM-UPME	$< 2,5$ HSD
	Potencia eléctrica pico del kit fotovoltaico	Corresponde a la relación entre la energía diaria que el generador fotovoltaico debe suministrar y las horas de sol día		UPME	≤ 1 kW

		que recibe de brillo solar (Aguirre & Barrios, 2016).	Se realizara el cálculo según formula: $Potencia\ pico\ FV = \frac{Energía\ a\ suministrar}{HsD}$		
AMBIENTAL	Reducción de emisiones de CO2	Corresponde al comparativo de emisiones generadas al ambiente, entre suplir la energía del diseño por medio de una planta eléctrica y la generación por medio de paneles solares. (US EPA, n.d.)	Este indicador permitirá analizar la cantidad de emisión de CO2, en kg, que se deja de producir, al sustituir un sistema de generación eléctrica por combustión y optar por un diseño basado en una fuente no convencional de energía, en este caso, el kit solar fotovoltaico.	EPA	>Kg de CO2
	Zona del suelo afectada	Corresponde al área que se verá afectada, una vez se realice la instalación del diseño y es un valor en metros cuadrados (M2) (Pannellisolarifv, 2020)	Este indicador permitirá realizar una estimación del área del suelo que se afecta al realizar la instalación del kit solar.	Catálogos Web	<Metros cuadrados
ECONÓMICO	Inversión social	Es un mecanismo que involucra e integra factores sociales y ambientales en beneficio a las comunidades, el cual se lleva a cabo con criterio de sostenibilidad (ANH, n.d.)	$Inversión\ social = \#kits * P.\ unitario + Costos\ operacionales$	PERS SIMEC UPME	>\$ 17 MM COP
	Coefficiente del ROI	El pronóstico de retorno social sobre la inversión predice el valor social que se realizaría si el proyecto se ejecuta. (GRUPO CIVIS, 2012).	$RATIO\ SROI = \frac{Valor\ actual\ total\ del\ impacto}{Valor\ de\ la\ inversión\ total}$	THE CABINET OFFICE- A guide to Social Return on Investment	1:2*

<p>SOCIAL</p>	<p>Porcentaje de hogares sin electricidad</p>	<p>Este indicador está asociado con la calidad de vida y es un estimativo que permite medir el porcentaje de acceso a la energía eléctrica en determinada zona o región (DANE, 2019a).</p>	<p>El porcentaje de acceso a energía eléctrica se mide y se compara cada año según la encuesta de calidad de vida realizada por el DANE.</p>	<p>ENCUESTA DE CALIDAD DE VIDA (ECV) DANE</p>	<p>+1% de hogares con electricidad medio san juan 2018</p>
----------------------	--	--	--	---	---

Fuente: Elaboración propia

8.2 METODOLOGÍA PARTICULAR

El instrumento seleccionado como herramienta de medición para las variables definidas está basado en el análisis de indicadores, esto se logra investigando en diferentes fuentes nacionales de consolidación de datos como el DANE, el IDEAM, la UPME, la IPSE, la FAZNI, entre otros, que permita realizar el cálculo de los indicadores definidos en el presente proyecto.

En la figura 4 se muestra las 4 dimensiones a analizar en el estudio de viabilidad del proyecto:

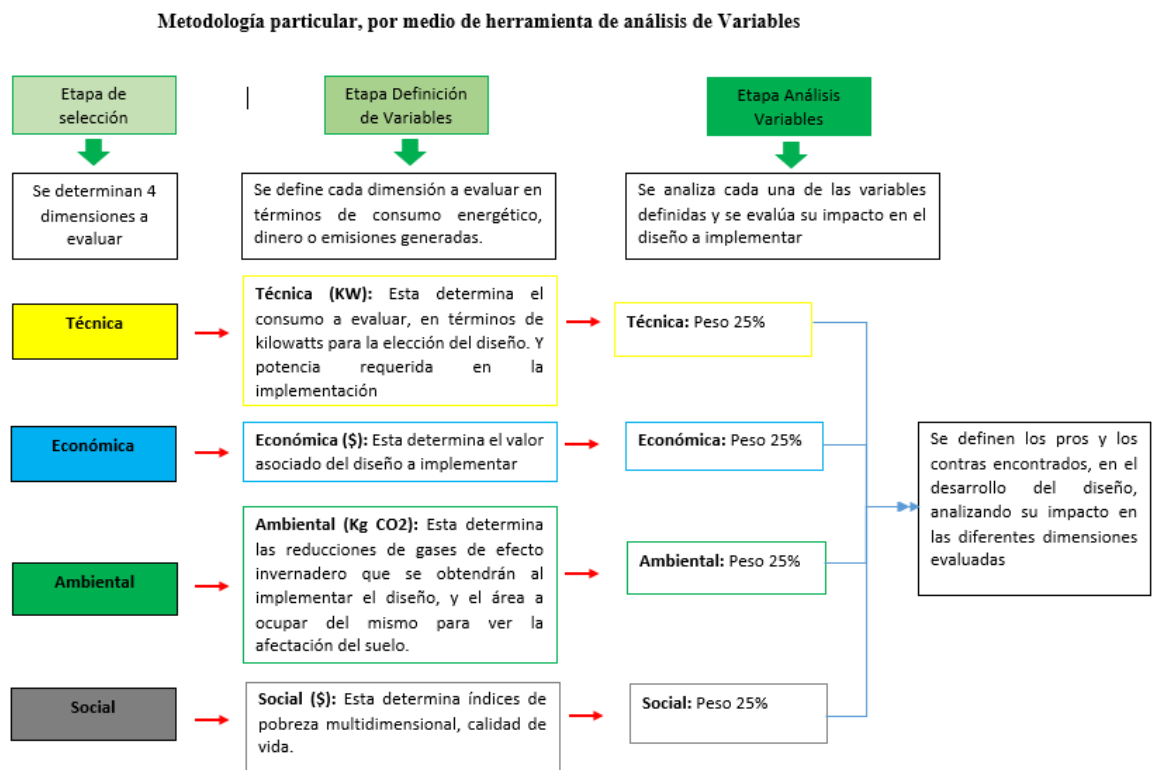


Ilustración 4 Dimensiones de la metodología particular del proyecto. Fuente: Autores

9. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1 CÁLCULO DE INDICADORES TÉCNICOS

9.1 Consumo básico de subsistencia en el sector residencial

Tomando como base el consumo energético propuesto en las fichas técnicas para “la implementación soluciones fotovoltaicas individuales en la zona rural del departamento del Choco” del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas – FAZNI (Ministerio de Minas y Energía, 2020) a continuación se resume el cálculo del consumo básico de energía que se proyectó.

Tabla 4 Cálculo del consumo básico de subsistencia en el sector residencial para zonas rurales del departamento del Chocó.

Descripción	Cantidad	Potencia	Horas de Uso	Wh-día
Iluminación	5	9	5	225
Radio	1	25	5	125
TV, Computador	1	70	5	350
Nevera	1	53	9	477
Licuada	1	400	0,1	40
Electrobomba	1	250	1	250
Cargador de celular	1	5	6	30
Total kWh-día				1,5

Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, 2020)

El resultado obtenido de consumo básico de energía eléctrica es de **1,5 kWh-día**, lo cual, proyectado al consumo mensual sería de **45 kWh-mes**. Este indicador permite tener una idea técnica de que tan robusto podría llegar a ser el sistema de generación fotovoltaica para cada kit solar, y teniendo en cuenta que la meta esperada se estipuló menor o igual a 2 kWh-día, el cálculo obtenido para este indicador se considera favorable.

9.2 Promedio de horas de sol al día

El cálculo de este indicador se realiza con base en el anexo 5 del atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia en su última versión del año 2017. A continuación, se muestran los datos correspondientes al promedio mensual de brillo solar para el departamento del Chocó. Estos datos fueron tomados y registrados de la estación del aeropuerto el Caraño, ubicado en la ciudad de Quibdó (Instituto de Hidrología et al., 2017).

Tabla 5 Promedio mensual de brillo solar para la ciudad de Quibdó, departamento del Chocó.

Mes	Valores promedio (Horas de Sol al día)
ENERO	2,8
FEBRERO	2,8
MARZO	2,7
ABRIL	3,1
MAYO	3,5
JUNIO	3,8
JULIO	4,2
AGOSTO	4,2
SEPTIEMBRE	3,8
OCTUBRE	3,7
NOVIEMBRE	3,6
DICIEMBRE	3
Promedio Anual de horas de sol al día	3,4

Fuente: (Instituto de Hidrología et al., 2017)

El resultado obtenido para el promedio anual de horas de sol al día para el departamento del Chocó es de **3,4 horas**. Del análisis de los resultados obtenidos, se puede evidenciar que el mes de marzo posee la menor cantidad de horas de sol al día (**2,7 horas**) mientras que los meses de julio y agosto cuentan con la mayor cantidad de horas de sol al día (**4,2 horas**).

El cálculo obtenido para este indicador es favorable teniendo en cuenta que es mayor a 2,5 horas de sol al día (meta esperada). Técnicamente el promedio mensual de 3,4 horas es un buen indicador dado que, entre mayor cantidad de horas de sol al día, mayor es el brillo solar que llega

sobre la superficie, de modo que los paneles solares captaran más energía, lo cual permite acondicionar y dimensionar las características técnicas de cada kit fotovoltaico a productos de fácil adquisición comercial.

9.3 Potencia eléctrica pico del kit fotovoltaico

El cálculo de la potencia pico que tendrá cada kit solar fotovoltaico, se realizó con base en los datos obtenidos del indicador de consumo básico de energía y horas de sol al día. Se llevó a cabo la aplicación de la siguiente formula:

$$\text{Ecuación 1 Potencia pico}$$
$$\text{Potencia pico FV} = \frac{\text{Energía a suministrar}}{\text{Horas de sol al día (Choco)}} = \frac{1,5 \text{ kwh} - \text{ día}}{2,7 \text{ HSD}} = 556 \text{ W}$$

Fuente. Elaboración propia

Donde, la energía a suministrar corresponde al dato obtenido del consumo básico de energía eléctrica, es decir **1,5 kWh-día**, y las horas del sol al día, corresponden al menor promedio mensual de horas de brillo solar al día (peor condición), el cual para el departamento del Choco, corresponde a 2,7 HSD (Instituto de Hidrología et al., 2017).

El resultado obtenido indica una potencia eléctrica pico de **556 W** para cada kit fotovoltaico, el cual es un indicador bastante propicio, dado que en el mercado eléctrico se encuentra una amplia oferta para kits fotovoltaicos con valores nominales por debajo del 1 kW, a precios muy competitivos.

9.4 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL KIT SOLAR FOTOVOLTAICO

Una vez realizado el cálculo de las variables técnicas, se procedió a realizar una búsqueda de proveedores que ofrecieran el kit solar fotovoltaico según las necesidades calculadas para el

presente proyecto. De esta manera, se procedió a escoger el proveedor BR solar Group, compañía de origen chino que ofrece soluciones fotovoltaicas a precios bastante competitivos. El esquema de conexión del kit solar fotovoltaico se muestra en la figura 5.

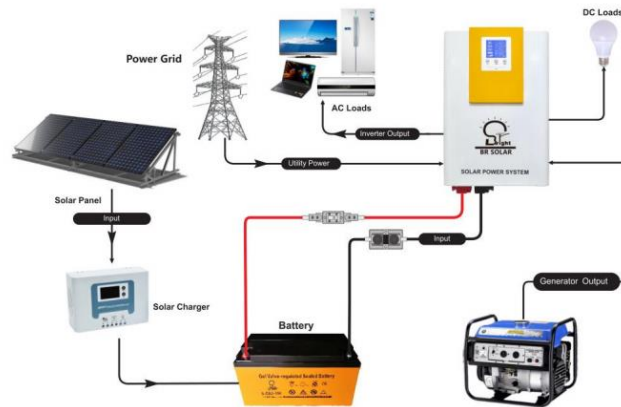






Ilustración 5 . Esquema de conexión del kit solar fotovoltaico. Fuente: (BR Solar Group, 2020)

Las especificaciones técnicas del kit solar fotovoltaico escogido se presentan a continuación.

Tabla 6 Características técnicas del kit solar fotovoltaico escogido.

Componente	Descripción técnica	Cantidad	Foto
Panel solar fotovoltaico	Pane solar fotovoltaico mono cristalino de 200 W	4	
Inversor con controlador de carga	Inversor de 1 KW	1	
Baterías GEL	Batería con capacidad de carga de 200 AH - 12 V	2	

Kit de soporte, accesorios y conectores para sistema solar fotovoltaico	Kit de accesorios, conectores y cable para conexión del kit solar.	1	
---	--	---	---

Fuente: Elaboración propia.

10. INDICADORES AMBIENTALES

10.1 Reducción de emisiones de CO₂

Este cálculo se realiza tomando como base los datos obtenidos del Consumo básico de subsistencia en el sector residencial, que es un valor en KW, para el cual se evaluara la suplencia energética con una planta de 1 KW.

Tabla 7 Características técnicas planta eléctrica 1KW comparativo de emisiones CO₂

Características técnicas planta eléctrica 1 KW				
marca	Modelo	Potencia Max	Consumo por Hora	Combustible
Honda	EU10IT1LL1	1Kw	0,5 L	Gasolina

Fuente: Elaboración propia.

Tenemos que el consumo operacional de la planta es de 0.5 litros por hora de operación, proyectamos el consumo para una jornada de uso de 12 horas día, teniendo como consumo total lo siguiente:

Ecuación 2 Proyección de emisiones producidas por una planta eléctrica de 1KW de potencia

$$0,5l * 12 Hrs = 6l (2)$$

Fuente. Elaboración propia

Convirtiendo los 6 litros a galones tenemos 1,58 Galones de consumo de combustible por 12 horas de operación.

Se calcula el valor de emisiones de CO2 producidas con este consumo obteniendo los siguiente, 1,58 Gl de gasolina utilizada producen 14,1 Kilogramos de CO2 al ambiente, este cálculo se efectúa por medio de la calculadora de emisiones de la EPA (US EPA, n.d.).

Si proyectamos el valor de utilización en los siguientes periodos tenemos:

Tabla 8 Proyección de emisiones producidas por una planta eléctrica de 1KW de potencia

Proyección de emisiones de CO2 producidos por una planta eléctrica de 1Kw				
Días	horas de uso	Consumo (Galones X Hr)	Galones consumidos	Kg de CO2 producidos
1	12	0,13	1,585	14,1
7	84	0,13	11,095	99
30	360	0,13	47,551	423
365	4.380	0,13	578,537	5.141

Fuente: Elaboración propia.

El valor producido en kilogramos de CO2, usando la planta eléctrica durante 12 horas diarias durante un año es de 5.141 Kilogramos de CO2, dándonos con ello un ahorro positivo y significativo en la reducción de gases de efecto invernadero que afectan la capa de ozono,

Este impacto ambiental tiene una reducción significativa equivalente a cargar 655.702 teléfonos inteligentes durante 365 días (US EPA, n.d.), solo teniendo en cuenta un kit instalado si proyectamos el diseño completo de 50 kit en un año obtendríamos lo siguiente:

Ecuación 3 Kg de CO2 dejados de emitir por el uso de 50 kits fotovoltaicos

$$5.141 \text{ Kg CO}_2 * 50 \text{ Kits} = 257.050 \text{ Kg CO}_2$$

Fuente. Elaboración propia

Este valor es equivalente a utilizar 28.926.850 galones de combustible al año obteniendo las siguientes reducciones equivalentes:

Tabla 9 . Ahorro equivalente por producción de emisiones de CO2, por medio del gasto de combustible emitido por la planta eléctrica de 1KW.

Ahorro equivalente	Valor que se deja de producir
Barriles de petróleo consumido	595.178
Cilindros de propano usado para asados en casa	10.509.066
Cantidad de teléfonos inteligentes cargados	32.785.080.224
Kilómetros recorridos por un vehículo de pasajeros promedio	1.026.597.405

Fuente: Elaboración propia.

10.2 Zonas de suelo afectada.

Para el cálculo de este indicador se toma las dimensiones de los paneles solares del proyecto seleccionado, con esto encontramos los metros cuadrados que serán utilizados en la instalación del diseño.

El diseño esta implementado con 4 paneles de 200 W y cada panel cuenta con las siguientes medidas(Yagzhought bright solar solutions co., 2020):

Ecuación 4 Área en metros cuadrados de panel solar

$$1\text{panel} = 1.32 * 0.992 * 0.035 \text{ Mts}$$

Fuente. Elaboración propia

El área de afectación del suelo en metros cuadrados es la siguiente:

Ecuación 5 Área de afectación en metros cuadrados Diseño evaluado

$$4\text{ panel} = 5.28 * 3.968 = 20.95 \text{ M2}$$

Fuente elaboración. Propia

Proyectando el área a los 50 kits instalados tenemos una afectación de 1.047,5 M2, es una afectación negativa debido a las dimensiones de instalación ya que por cada hogar se dejaría de aprovechar 20.95 M2 de la zona rural que puede tener un aprovechamiento diferente como por ejemplo área de siembra etc., sin embargo, el municipio cuenta con 620.000.000 M2 de área total (Alcaldía municipal del medio san juan, 2020), y la afectación con la implementación sería de 1.047,5 M2 equivalente al 0.0001689 % del área total del municipio.

11. CÁLCULO DE INDICADORES ECÓNOMICO

11.1 Inversión social

Según la Dirección de Energía Eléctrica, los recursos disponibles a la fecha de la FAZNI para proyectos de Energización de Zonas no Interconectadas en la vigencia del año 2020 es de \$46.015.778.778 (CAFAZNI, 2020).

Mediante un análisis de adquisición, instalación, operación de cada solución fotovoltaica (kit) la IPSE recomendó un costo unitario de inversión en el orden de los \$17.000.000 (CAFAZNI, 2019).

El costo de la inversión del proyecto está determinado por el costo unitario de cada kit, costo de mano de obra, costo de transporte y reserva de contingencia. El valor de kit propuesto se cotizo en dólares, en donde se tomó como referencia el valor del día 18 de octubre del presente año con un valor de \$3.878,94 COP (Dolar-colombia, 2020) por ende, se deja un 4% de porcentaje de riesgo al cambio. El valor del auxilio de transporte y reglas de para el recaudo de aportes al Sistema de Seguridad Social Integral y Parafiscales se tomaron por medio de los decretos 2361 de diciembre del 2019 y artículo 15 de la Ley 797 del 2003 y el artículo 3.2.3.4 del decreto 780 del 2016. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016)

Tabla 10 Presupuesto solución fotovoltaica

PRECIO UNITARIO KIT FOTOVOLTAICO DE 0,8KWP					
ITEMS	DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE GENERACIÓN	UNIDAD DE MEDICIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Solar Panel 200 W	Unidad	4	Valor incluido en el total del Kit	N/A
2	Battery 200Ah	Unidad	2	Valor incluido en el total del Kit	N/A
3	Inverter 1KE	Unidad	1	Valor incluido en el total del Kit	N/A
4	Controller 24V 30A	Unidad	1	Valor incluido en el total del Kit	N/A
5	Pv cables (solar panel to Inverter)	Metros	40M	Valor incluido en el total del Kit	N/A
6	BVR cables with lugs (Battery to Inverter)	Metros	2M	Valor incluido en el total del Kit	N/A
7	Connecting cables	Set	3	Valor incluido en el total del Kit	N/A
8	Breaker	Set	1	Valor incluido en el total del Kit	N/A
SUBTOTAL					\$ 6.872.706
					RIESGO CAMBIO 4%
					\$ 274.908
					\$ 7.147.614
MANO DE OBRA					
ITEMS	DESCRIPCIÓN DE MANO DE OBRA	UNIDAD DE MEDICIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL, COP
1	INGENIERO DE DISEÑO	Días	1	\$ 95.720	\$ 95.720
2	TÉCNICO ELECTRICISTA	Días	1	\$ 75.211	\$ 150.422
3	TÉCNICO AYUDANTE	Días	1	\$ 64.956	\$64.956
SUBTOTAL					\$311.099
TRANSPORTE					
ITEMS	DESCRIPCIÓN DE TRANSPORTE	UNIDAD DE MEDICIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Transporte de equipos material de trabajo	Días	1	\$ 300.000	\$300.000
SUBTOTAL					\$300.000
TOTAL, GENERAL UNITARIO					\$ 7.758.713
					GASTOS ADMINISTRATIVOS
					\$ 200.000
TOTAL, GENERAL 50 KITS					\$ 7.958.713
					RESERVA CONTINGENCIA 15%
					\$58.190.351
TOTAL, GENERAL 50 KITS +RESERVA DE CONTINGENCIA					\$446.126.023

Fuente: Elaboración propia

Se determina que el valor de la solución fotovoltaica unitaria (kit) tiene un valor aproximado de \$ **9.122.520** (incluido el valor de la reserva de contingencia), lo que indica que es menor a la recomendación realizada por la IPSE de \$**17.000.000**, lo anterior viabiliza la implementación de la solución.

11.2 Coeficiente del SROI

La cuantificación sobre el valor social y económico, sobre las actividades que crean o destruyen el valor, se realizó mediante la identificación de los Stakeholders y de forma Prospectiva. Lo cual significa como se genera el cambio con la medición de los resultados (Posibles) (outcomes) sociales y en términos monetarios para representarlos. (Grau et al., 2016)

El cálculo de la ratio costo-beneficio, indica que la posible inversión de \$1 peso genera \$7 pesos de valor social. Lo anterior indica el valor social que sería creado si las actividades alcanzan los outcomes esperados, siendo positivo donde viabiliza la implementación de los kits fotovoltaicos.

Tabla 11 Etapa 1,2,3 Retorno social de la inversión, mapa de impacto

Etapa 1		Etapa 2				Etapa 3						
Stakeholders	Cambios contemplados / no contemplados	Inputs		Outputs	Los Outcomes	Los Outcomes (Lo que cambia)						
		Descripción	Valor COP		Descripción	Indicador	Fuente	Cantidad	Duración	Proxy Financiero	Valor	Fuente
¿En quién tienen efecto el proyecto? ¿Quién tiene efecto en el proyecto?	¿Qué cambiaría para ellos?	¿Qué invierten ellos?		Resumen de la actividad en números	¿Cómo se describe el cambio?	¿Cómo se mediría?	¿De dónde se obtiene la información?	¿Cuánto cambio sería?	¿Cuánto duraría?	¿Qué proxy se utiliza para valorar el cambio?	¿Cuál es el valor del cambio?	
Población del municipio	La población tendrá acceso al suministro energético	Tiempo		Implementación de un sistema fotovoltaico que suministre 1,5kwp	El acceso a suministro energético contribuyo al mejoramiento de la calidad de vida de cada uno de los miembros de la población	Kilovatio hora / día utilizado	Uso de kilovatio hora/día utilizado (Información general)	62,5kw/h	15 años	Costo del pago del servicio	\$ 15.195.600	Dispac
	La población mejora la calidad de vida y condiciones											
	La población aprende sobre el uso de energía solar											
	Los estudiantes tendrán herramientas para su aprendizaje											
Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas- FAZNI	La población será beneficiada con un proyecto de inversión destinada a la instalación de soluciones fotovoltaicas	Financiación de solución fotovoltaica (50 kits)	\$ 446.126.023		Los outcomes esenciales para la población, fueron considerados en la parte de arriba							
Municipio	El municipio aumentara el desarrollo territorial rural	Tiempo			Un municipio con inversión en energía e innovación		Inversión realizada en cada solución fotovoltaica	50	1 años	Costo de inversión al municipio en tecnología	\$ 387.935.650	Inversión realizada al posible municipio
Gobierno nacional	El Beneficio de la instalación de los sistemas fotovoltaicos contribuye con el Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica	Tiempo			Disminución entre la brecha de acceso al suministro energético		Indicador de municipios con acceso al suministro energético					
Total			\$ 446.126.023									

Fuente elaboración propia

Tabla 12 Etapa 1,2,4,5 Retorno social de la inversión, mapa de impacto

Etapa 1	Etapa 2	Etapa 4			
Stakeholders	Los Outcomes	Peso muerto	Atribución	Decrecimiento	Impacto
	Descripción	%	%	%	
¿En quién tienen efecto el proyecto? ¿Quién tiene efecto en el proyecto?	¿Cómo se describe el cambio?	¿Qué habría sucedido sin la actividad?	¿Quién más contribuiría con el cambio?	¿Decrecerá el outcome en años futuros?	Cantidad multiplicada por el proxy financiero, menos peso muerto, desplazamiento y atribución
Población del municipio	El acceso a suministro energético contribuyó al mejoramiento de la calidad de vida de cada uno de los miembros de la población	0%	0%	0%	\$ 15.195.600
	La población aprendió sobre el uso de energía, ahorro y tipo de energía solar.	0%	0%	0%	\$ 120.000.000
	Los estudiantes pueden realizar sus trabajos en horario nocturno y también pueden optar a préstamos de equipos de computación por el municipio	5%	10%	0%	\$ 425.000
Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas- FAZNI	Los outcomes esenciales para la población, fueron considerados en la parte de arriba				\$ -
Municipio	Un municipio con inversión en energía e innovación	0%	0%	0%	\$ 387.935.650
Gobierno nacional	Disminución entre la brecha de acceso al suministro energético	1%	0%	0%	\$ -

\$ 523.556.250

Etapa 5															
Calculo del Retorno Social															
Tasa de descuento (%)	3,50%														
Año 1 (Después de la actividad)	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	
\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	\$ 15.195.600	
\$ 120.000.000	0														
\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	\$ 425.000	
\$ -															
\$ 387.935.650	\$ 360.225.961	\$ 332.516.271	\$ 304.806.582	\$ 277.096.893	\$ 249.387.204	\$ 221.677.514	\$ 193.967.825	\$ 166.258.136	\$ 138.548.446	\$ 110.838.757	\$ 83.129.068	\$ 55.419.379	\$ 27.709.689	\$ -	
\$ -															
Valor Actual*	\$ 523.556.250	\$ 375.846.561	\$ 348.136.871	\$ 320.427.182	\$ 292.717.493	\$ 265.007.804	\$ 237.298.114	\$ 209.588.425	\$ 181.878.736	\$ 154.169.046	\$ 126.459.357	\$ 98.749.668	\$ 71.039.979	\$ 43.330.289	\$ 15.620.600
Valor Actual total															\$ 2.733.891.648,02
Valor Actual Neto															\$ 2.287.765.625
Retorno Social \$ por \$															\$7: \$1

11.3 Porcentaje de hogares sin electricidad

Actualmente según la encuesta de calidad de vida de los 170 hogares encuestados, 163 tienen acceso a energía con un porcentaje del 95,9%. (DANE, 2019a). De igual manera en Medio San Juan, Chocó del total de 4502 viviendas, sin servicio hay 757, con servicio 3745. Con la implementación de los 50 kits, las viviendas sin servicio se reducirían a 707.

Lo anterior indica el aumento del 1,1% a viviendas con acceso, lo cual aumenta porcentualmente los hogares con acceso a electricidad.

Ecuación 6 Porcentaje de hogares con electricidad

$$\% \text{ hogares con electricidad Actual} - \% \text{ hogares con electricidad con la implementación} = \text{Diferencia porcentual (Aumento)}$$

Fuente elaboración propia

Ecuación 7 Porcentaje de hogares con electricidad, con implementación del diseño.

$$\% \text{ hogares con electricidad Actual} - \% \text{ hogares con electricidad con la implementación} \\ = \text{Diferencia porcentual (Aumento)}$$

Fuente elaboración propia

El porcentaje de hogares con electricidad actual de Medio San Juan año 2018 este dado por

$$\frac{3745}{4502} = 83,2\%$$

Los porcentajes con la implementación de la solución fotovoltaica están dados por

$$\frac{3795}{4502} = 84,3$$

Lo anterior indica que el aumento porcentual es de 1,1% con la implementación del sistema, es decir que en 1.1% aumentarían los hogares con acceso al suministro eléctrico en el municipio del Medio San Juan, Choco.

12. CONCLUSIONES

Las variables técnicas analizadas concluyen que el proyecto técnicamente es viable, dado que el promedio de horas de sol al día de la región se ajusta perfectamente para garantizar el consumo básico de subsistencia de la población en estudio. Por lo cual es posible determinar que la característica técnica del kit solar fotovoltaico requerido representa un sistema poco robusto que se puede encontrar en el mercado a precios muy competitivos.

El impacto ambiental de este proyecto es positivo, debido a que la generación de energía por medio de paneles solares no produce emisiones de CO₂ al ambiente, por tal motivo se obtiene una reducción de 257.050 Kg de CO₂ al reemplazar la producción de una planta eléctrica de combustión por el diseño fotovoltaico.

La afectación del suelo con la implementación de los 50 kits fotovoltaicos se convierte en un dato insignificante teniendo en cuenta que el municipio posee un área rural aproximada de 620 kilómetros cuadrados, afectando solamente el 0.00016% del área total de la zona de estudio.

Las variables económicas indican que el proyecto es viable, debido a que el valor de la implementación del kit es menor al valor recomendado por la IPSE. Adicionalmente existen recursos disponibles en la FAZNI para proponer el proyecto.

El coeficiente SROI indica que por cada peso (\$1) invertido se obtendrían siete pesos (\$7) de valor social. Lo que indica que es un proyecto viable debido a que tiene un gran beneficio en términos de valor social.

El impacto a nivel social es positivo, aumentaría en más del 1% el número de hogares con acceso al suministro de energía eléctrica en el municipio de Medio San Juan Chocó.

13. RECOMENDACIONES

Como diseño de implementación al modelo se recomienda un sistema de 4 paneles de 200W mono cristalino, un inversor de 1Kw, y una batería en gel con capacidad de carga de 200AH (12V).

Extensión de los estudios del presente proyecto para realizar la viabilidad financiera e implementación del mismo.

Para la implementación de un proyecto de estas características se recomienda el uso de paneles solares, en comparación con una planta eléctrica Diésel, con el fin de reducir las emisiones de CO₂.

14. REFERENCIAS

- Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (n.d.). *LA INVERSIÓN SOCIAL*. Retrieved September 20, 2020, from <https://www.anh.gov.co/portalregionalizacion/paginas/la-inversion-social.aspx>
- Aguirre, P., & Barrios, C. (2016). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN GALAPA-ATL ANTICO DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN GALAPA-ATLANTICO*.
- Alcaldía municipal del medio san juan. (2020). *Nuestro municipio - Alcaldía Municipal de Medio San Juan*. <http://www.mediosanjuan-choco.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Arbeláez Perez, O. A. (2020). *INFORME MENSUAL DE LOCALIDADES SIN TELEMETRIA DE LAS ZNI* (Issue 11/05/2020). <http://www.ipse.gov.co/transparencia-y-acceso-a-informacion-publica/informacion-de-interes2/noticias/589-informe-de-prestacion-del-servicio-de-energia-en-localidades-zni-sin-sistemas-de-telemetria-junio-2020>
- Banco de la República, 2016. (2018). *Icer Chocò 2015*.
- Biomass Users Network (BUN-CA). (2002). *Manual sobre energía renovable solar fotovoltaica*.
- CAFAZNI. (2019). *ACTA REUNIÓN*. 2–5.
- CAFAZNI. (2020). *Acta cafazni 73.pdf*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *IPM Medida de Pobreza Multidimensional*. <http://geoportal.dane.gov.co/visipm/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019a). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida-COEFICIENTES DE VARIACIÓN DEPARTAMENTAL*.

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2019>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019b). *Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 - Choco*. 31.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020a). *Boletín Técnico: Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018*. 1–6.

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2018/informacion-censal/bt-censal-pobreza-municipal-2018.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020b). *Producto Interno Bruto (PIB) Departamental*. 2020.

<https://dane.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=9d091f802200470d816eb1f063aa6aee>

Dolar-colombia. (2020). *Dólar TRM Hoy en Colombia*. <https://www.dolar-colombia.com/>

Enciso, E. (2017). *Energía fotovoltaica para Chocó, una solución sostenible | Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano*. Revista Universidad Jorge Tadeo Lozano.

<https://www.utadeo.edu.co/es/noticia/destacadas/expeditio/264566/energia-fotovoltaica-para-choco-una-solucion-sostenible>

Gómez, J., Murcia, J. D., & Cabeza, I. (2017). La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas. *Universidad Santo Tomás*, 19.

<http://repository.usta.edu.co/handle/11634/10312>

Grau, M., Amorós, M., Domingo, P., & Health Partnership S.L. (2016). *Análisis del retorno*

social de la inversión (SROI) del Programa e Acción Social (PAS).

Iaea, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, Iea, Eurostat, & Agencia Europea de Medio Ambiente. (2008). *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías*. 183. <https://doi.org/10.4016/46611.01>

Instituto de Hidrología, M. y E. A. (IDEAM). (2014). *Atlas Radiación Solar*. Atlas de Radiación Solar de Colombia. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Instituto de Hidrología, M. y E. A. (IDEAM). (2020). *Atlas Interactivo - Radiación IDEAM*. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Instituto de Hidrología, M. y E. A. (IDEAM), Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), & COLCIENCIAS. (2017). Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE). (n.d.). *Proyectos FAZNI - IPSE*. Retrieved September 20, 2020, from <http://www.ipse.gov.co/proyectos/fazni-estado/catalog?orderby=Departamento&ordering=ASC>

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE). (2020). *IPSE - Informe de prestación del servicio de energía en localidades ZNI sin sistemas de telemetría – Junio 2020*. <http://www.ipse.gov.co/transparencia-y-acceso-a-informacion-publica/informacion-de-interes2/noticias/589-informe-de-prestacion-del-servicio-de-energia-en-localidades-zni-sin-sistemas-de-telemetria-junio-2020>

Ministerio de Minas y Energía. (2005). *Manual guía para la formulación, presentación y registro de proyectos, para acceder al FAZNI*.

Ministerio de Minas y Energía. (2020). *Actas y acuerdos - FAZNI*.

<https://www.minenergia.gov.co/faer1>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). *Decreto número 1990 de 2016. 5*.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/decreto-1990-de-2016.pdf>

Pannellisolarifv. (2020). *MEDIDAS DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS - Energia*

solar fotovoltaica. <https://pannellisolarifv.com/medidas-de-paneles-solares-fotovoltaicos/>

Preciado, A., & Hurtado, D. (2018). Diseño y evaluación de un sistema solar fotovoltaico para el aeropuerto José María Córdova. *Universidad Distrital*, 10(2), 1–15.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020). *Objetivo 7: Energía asequible y No contaminante | PNUD*.

<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). (2019). Zonas No Interconectadas - ZNI: Diagnóstico de la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica 2019.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD, 68.

https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2019/Nov/diagnostico_de_la_prestacion_del_servicio_zni_-_07-11-2019-lo_1.pdf

Unidad de Planeación Minero-Energética. (2019). *PROYECCIÓN REGIONAL ENERGÍA*

ELÉCTRICA Y Revisión Abril. 87.

http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Proyeccion_Demanda_Regional_Energia_Abr_2019.pdf

Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), CorpoEma, & S.A., C. U. (2012).

Determinación del consumo básico de subsistencia en el sector residencial y del consumo básico en los sectores industrial, comercial y hotelero en los departamentos de Guanía, Vichada y Chocó.

US EPA, O. (n.d.). *Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero*. Retrieved October 4, 2020, from <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculador-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero>

Yagzhought bright solar solutions co., L. (2020). *Catalogue Solar System Solar Power 2019_compressed (3) (2).pdf*.