

**Análisis Técnico Económico de la Implementación de Energía Solar para Optimizar el Consumo Energético de Unidades Móviles Tipo Fast-Moving en Actividades Petroleras-Énfasis en Gerencia y Economía de Hidrocarburos.**

**Joseph Juscelino Badillo Santodomingo**

**Trabajo de Grado para Optar el título de Magister de Petróleo y Gas**

**Director**

**Wilson Carreño**

**Magister en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Ingenierías Físico Químicas**

**Escuela de Ingeniería de Petróleos**

**Maestría en Ingeniería de Petróleos y Gas**

**Bucaramanga**

### **Dedicatoria**

*Quiero dedicar este trabajo de grado a mi esposa y mi hijo que son mi vida.*

*A mis padres, ejemplo fundamental en mi proceso de formación como persona y profesional.*

*A mis hermanas, que las amo con todo mi corazón.*

*A toda mi familia que siempre ha estado ahí para mí.*

### Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos a:

Dios por permitirme levantar cada mañana a dar lo mejor de mí.

A J'S Servipetrol, por brindarme el espacio para desarrollarme como profesional. No solo adquirir conocimientos sino también por darme la oportunidad de aplicarlos en la industria. A todo el equipo de operaciones, producción, HSEQ, mantenimiento, jurídico y financiero de la compañía.

A la Universidad Industrial de Santander UIS, a través de la escuela de ingeniería de petróleos, que ha generado los espacios necesarios para interactuar con grandes profesionales de la industria que enriquecen con sus vivencias los claustros educativos y permiten un aprendizaje más ameno.

Al ingeniero Wilson Carreño profesor de la escuela de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander UIS, director del proyecto. Por el acompañamiento, profesionalismo y disposición para la culminación de este proyecto.

Mi esposa, que me ha apoyado y exhortado a terminar este trabajo de grado a pesar de todas las circunstancias que se han presentado.

Mis padres por creer siempre en mí.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	14
1. Energía Para Unidades Móviles en Trabajos de Campos Petroleros.....	15
1.1 Generalidades de las Unidades Móviles .....	17
1.1.1 La Visión.....	21
1.1.2 La Misión. ....	21
1.2. Caracterización de las Unidades Móviles .....	21
2. Fundamentos de la Generación de Energía y su Aplicación.....	27
2.1. Antecedentes Históricos.....	27
2.2. Antecedentes Investigativos.....	29
2.4. Marco Legal .....	38
3. Análisis Comparativo del Uso de Combustibles Fósiles y la utilización de sistemas Fotovoltaicos.....	43
3.1 Riesgos del uso de combustibles fósiles .....	47
3.1.1 Incendios.....	47
3.1.2 Contaminación Auditiva. ....	48
3.1.3 Otros riesgos. ....	49
3.2. Análisis del Sistema fotovoltaico.....	49
3.3. Cuadro Comparativo entre diésel y el sistema fotovoltaico. ....	50

4. Diseño y Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico para las Unidades Móviles o trailers .	51
4.1. Estimación del Consumo que debe Cubrir la Instalación Fotovoltaica. ....	52
4.1.1. Análisis de Eficiencia Energética. ....	55
4.1.2. Frecuencia. ....	56
4.1.3. Voltaje. ....	56
4.1.4. Energía. ....	56
4.2 Dimensionamiento de Sistema Fotovoltaico Híbrido para la Unidad Móvil Fast-Move .....	57
4.2.1 Diseño Preliminar. ....	57
4.3 Banco de Baterías .....	58
4.3.1 Dimensionamiento con Baterías GEL 12 V. ....	58
4.3.2 Presupuesto. ....	59
4.4 Evaluación Económica y Financiera.....	60
4.4.1 Evaluación Financiera.....	61
5. Conclusiones.....	67
6. Recomendaciones .....	69
Referencias Bibliográficas .....	71

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Plantas de Tratamiento de Agua. ....	18
<i>Figura 2.</i> Equipos Móviles Para Campamentos. ....	19
<i>Figura 3.</i> Transporte de Carga. ....	20
<i>Figura 4.</i> Soluciones Integrales. ....	20

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. <i>Insolación promedio de países del mundo con implementaciones fotovoltaicas.</i> .....	30
Tabla 2. <i>Rentabilidad instalación solar fotovoltaica para autoconsumo.</i> .....	35
Tabla 3. <i>Impacto ambiental</i> .....	36
Tabla 4. <i>Factores de emisión de carbono y CO<sub>2</sub> por combustible (kg/GJ).</i> .....	44
Tabla 5. <i>Departamentos con Mayores Emisiones de GEI.</i> .....	45
Tabla 6. <i>Evolución de emisiones de CO<sub>2</sub>.</i> .....	46
Tabla 7. <i>Consumo en KW Tráiler Dormitorio Company:</i> .....	54
Tabla 8. <i>Consumos Previstos en el diseño de las Unidades Móviles</i> .....	55
Tabla 9. <i>Comportamiento de Potencia para la unidad móvil o tráiler de Oficinas</i> .....	57
Tabla 10. <i>Sistema Solar</i> .....	57
Tabla 11. <i>Sistema AC Convencional</i> .....	58
Tabla 12. <i>Sistema Alternador</i> .....	58
Tabla 13. <i>Dimensionamiento Banco de Baterías AGM o GEL</i> .....	59
Tabla 14. <i>Presupuesto de Inversion</i> .....	59
Tabla 15. <i>Supuestos Macroeconómicos.</i> .....	61
Tabla 16. <i>Costos de la Unidad Móvil por ACPM</i> .....	61
Tabla 17. <i>Costo Mensual de Utilizar Energía Solar</i> .....	62

---

Tabla 18. <i>Flujos de Caja de la Unidad Móvil de Dormitorio Company con acpm y con Energía Solar</i> .....	63
Tabla 19. <i>Resumen Evaluación Financiera del Proyecto</i> .....	64
Tabla 20. <i>Evaluación Financiera para el Inversionista</i> .....	65
Tabla 21. <i>Evaluación Contable para el Proyecto</i> .....	66

## Lista de Apéndices

Ver documentos adjuntos en el CD y pueden ser visualizados en la base de datos e la biblioteca  
UIS

Apéndice A Presentación JS Servipetrol

Apéndice B Investigación Incendio Generador 04.

Apéndice C Informe Investigación Generador Ruido.

Apéndice D Consumo Unidades Mviles^LJ PTO Y Evaluacion

## Resumen

**TÍTULO:** ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR PARA OPTIMIZAR EL CONSUMO ENERGÉTICO DE UNIDADES MÓVILES TIPO FAST-MOVING EN ACTIVIDADES PETROLERAS \*

**AUTOR:** Joseph Juscelino Badillo Santodomingo \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Unidades Fast- Moving, energización, paneles solares, energía fotovoltaica.

### DESCRIPCIÓN:

En los campos petroleros, para el alojamiento y ejecución de operaciones, se utilizan unidades móviles como infraestructura rodante para llegar a zonas del territorio nacional de difícil acceso y prestar los servicios optimizando tiempos de movilización; estas unidades tipo Fast Moving utilizan generadores eléctricos de combustible diésel para su funcionamiento.

La utilización de paneles solares en la energización de las unidades tipo Fast Moving es una alternativa viable técnica y financieramente, para disminuir el consumo de diésel en las actividades petroleras y favorecer el deterioro del medio ambiente por emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases que además de destruir la capa de ozono dañan la salud del hombre.

Mediante un enfoque cuantitativo de tipo exploratorio, se analiza técnico, económica y ambientalmente la viabilidad de implementar energía solar en las unidades tipo Fast-Moving que produce la Cooperativa, con miras a optimizar el consumo energético en las actividades petroleras.

Finalmente, como aporte de esta investigación se establece, a partir del análisis comparativo entre la generación energética de combustibles fósiles y la fotovoltaica, la viabilidad financiera, técnica y ambiental que supone la implementación de sistemas de generación de energía solar en unidades tipo Fast-Moving.

La Cooperativa de Servicios petroleros J'S Ltda., como entidad ejecutora del proyecto es líder en la fabricación de unidades Fast-Moving a nivel nacional y la mejora continua obliga a buscar alternativas de eficiencia energética con energías limpias.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Químicas Escuela de Ingeniería de Petróleos Maestría en Ingeniería de Petróleos y Gas Director Wilson Carreño Magister en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos

## Abstract

**TITLE:** TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF SOLAR ENERGY TO OPTIMIZE THE ENERGY CONSUMPTION OF FAST-MOVING TYPE MOBILE UNITS IN OIL ACTIVITIES\*

**AUTHOR:** Joseph Juscelino Badillo Santodomingo \*\*

**KEY WORDS:** Fast Moving units, energization, solar panels, photovoltaic energy.

### DESCRIPTION:

In the oil fields, for lodging and execution of the operations, mobile units are used as rolling infrastructure to reach difficult access areas of the national territory and provide services optimizing mobilization times; These Fast-Moving units use diesel fuel electric generators for their operation.

The use of solar panels in the energization of Fast Moving units is a technical and financially viable alternative to reduce diesel consumption in oil activities, which helps reduce the risks associated with accidents and the deterioration of the environment from CO2 emissions and other gases, which in addition to destroying the ozone layer damage the human health.

Through an exploratory quantitative approach, the feasibility of implementing solar energy in Fast-Moving units produced by the Cooperativa is analyzed technically, economically and environmentally, aiming to optimize energy consumption in oil activities.

Finally, as a contribution of this research, it is established, based on the comparative analysis between fossil fuel and photovoltaic energy generation, the financial, technical and environmental feasibility involved in the implementation of solar energy generation systems in Fast-Moving type units.

The Cooperativa de Servicios Petroleros J'S Ltda. as the executing agency of the project, is a leader in the manufacture of Fast-Moving units nationwide, and the continuous improvement forces us to look for energy efficient alternatives with clean energy..

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Químicas Escuela de Ingeniería de Petróleos Maestría en Ingeniería de Petróleos y Gas Director Wilson Carreño Magister en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos

## Introducción

Para el adecuado desarrollo de las actividades en campos petroleros, que por lo general se ubican en zonas alejadas de centros urbanos, se utilizan, usualmente, unidades tipo *Fast-moving*, las que facilitan la operación pues optimizan los tiempos de movilización; no obstante, estas unidades usan diésel como combustible para los generadores eléctricos de los que se sirven, lo que supone un factor crítico, dadas las dificultades en el transporte del combustible por las precarias condiciones de las vías de acceso a los campos petroleros, la presencia de distintos factores de riesgo – como el de incendio - y el impacto ambiental que su utilización supone, pues es conocido que los motores diésel generan contaminación acústica y producen gases de efecto invernadero.

Bajo tal comprensión, este proyecto indaga por el tipo de suministro energético más viable para las unidades tipo *Fast-moving* en las actividades petroleras, partiendo de la hipótesis que la utilización de paneles solares en la energización de tales unidades es una alternativa eficiente, tanto financiera como ambientalmente; en tal virtud, este proyecto luego de explicar los componentes del generador eléctrico diésel y su impacto ambiental, pone de presente las ventajas de las condiciones fotovoltaicas en Colombia para el desarrollo de proyectos energéticos limpios y se enfoca en el estudio concreto del caso de la Cooperativa de Servicios Petroleros J'S Limitada, empresa líder en la producción de unidades *Fast-Moving* en Colombia.

Mediante un enfoque cuantitativo de tipo exploratorio, se analiza técnico, económica y ambientalmente la viabilidad de implementar energía solar en las unidades tipo *Fast-Moving* que

produce la Cooperativa, con miras a optimizar el consumo energético en las actividades petroleras.

Finalmente, como aporte de esta investigación se establece, a partir del análisis comparativo entre la generación energética de combustibles fósiles y la fotovoltaica, la viabilidad financiera, técnica y ambiental que supone la implementación de sistemas de generación de energía solar en unidades tipo *Fast-Moving*.

### **1. Energía Para Unidades Móviles en Trabajos de Campos Petroleros.**

Históricamente en Colombia las actividades en campos petroleros han utilizado unidades móviles para llegar a las diferentes zonas del territorio nacional. Para optimizar los tiempos de movilización y mejorar la prestación del servicio, se han implementado unidades tipo *Fast-Moving*. El suministro de energía eléctrica para el abastecimiento de estas unidades presenta un reto para las empresas que las suministran. Actualmente este suministro eléctrico se proporciona utilizando generadores eléctricos diésel.

Las vías de acceso a los campos petroleros dificultan el transporte del combustible necesario para poner en funcionamiento los generadores eléctricos. Esto hace que el suministro del combustible se vuelva en muchas ocasiones un factor crítico para la operación. El combustible también representa un factor de riesgo ya que puede ocasionar accidentes durante la manipulación y almacenamiento en las zonas de suministro. Los equipos de generación requieren de un mantenimiento periódico para evitar interferencias en el suministro de energía. De igual

manera, el factor ambiental es de alta relevancia ya que la utilización de generadores eléctricos diésel produce gases de efecto invernadero.

Los problemas en el suministro eléctrico de las unidades móviles pueden afectar las actividades petroleras en campo. Estas fallas son evidentes por diferentes razones. Una sería el corte del suministro de energía debido a fallas en el funcionamiento de los generadores. Otra, que el plan de mantenimiento de la empresa proveedora del suministro eléctrico no se lleve de acuerdo con la necesidad de los equipos y se presenten apagones esporádicos. Ambientalmente ocurren incidentes como derrames de combustible por fugas en el almacenamiento o la manipulación de este. También van a seguir generándose gases contaminantes de efecto invernadero por la combustión del diésel para el funcionamiento de los generadores.

El desarrollo de nuevas tecnologías para la producción de energía ha generado una mayor competitividad en la industria. La industria petrolera no ha sido renuente a este cambio y por el contrario ha destinado parte de sus recursos de investigación y desarrollo a encontrar nuevas alternativas de producción de energía. La conservación ambiental también ha sido una de las razones principales de la búsqueda de nuevas alternativas energéticas para el mundo. En países europeos ya se ha estandarizado la utilización de fuentes de energía renovable y amigable con el medio ambiente. La energía solar presenta una alternativa para suplir parte de la demanda energética que viene aumentando año tras año.

Este trabajo pretende hacer un análisis de la implementación de energía solar para la energización de unidades móviles tipo Fast-Moving que son utilizadas en las diferentes actividades petroleras. El consumo de combustible en las actividades petroleras que se realizan en campo supone un desafío tanto logístico como ambiental. Las locaciones en donde se realizan la mayor parte de las actividades petroleras en Colombia son de acceso complejo. Esto supone un

reto para las empresas del sector en términos de movilización y suministro de consumibles para las operaciones. También existe una creciente preocupación debido a la emisión de gases de efecto invernadero. La energía solar a diferencia del combustible diésel utilizado en los generadores eléctricos convencionales no produce gases contaminantes. Es decir, la energía solar genera un impacto positivo en el medio ambiente.

A través de un análisis técnico se pretende proponer diferentes opciones de generación de energía solar para los diferentes tipos de unidades Fast-Moving necesarios en las actividades petroleras. También mediante un análisis económico se determinará la viabilidad de la implementación de esta nueva tecnología en unidades tipo Fast-Moving. Se tendrá en cuenta el análisis del impacto ambiental que supone la utilización de nuevas alternativas de generación de energía. Este análisis técnico económico genera una alternativa diferente que permita solucionar en parte la necesidad de energización de unidades que son necesarias para el trabajo en actividades petroleras.

### **1.1 Generalidades de las Unidades Móviles**

La **Cooperativa de Servicios Petroleros J'S Ltda.**, creada por el Ing. Juscelino Badillo Luna, inscrita en la Cámara de Comercio de Bucaramanga con matrícula N° 05-503484-21. Nació para satisfacer la demanda del sector petrolero para la fabricación y renta de equipos de perforación y producción.

Actualmente cuatro líneas de negocio se encuentran bien definidas, cuyo origen viene de las necesidades del sector petrolero: fabricación, alquiler y venta de equipos móviles, fabricación,

alquiler y venta de campamentos, transporte de carga en todas sus modalidades; seca y extra dimensionada y la línea de soluciones integrales.

En la figura 1 se puede apreciar un par de plantas de tratamiento de aguas. Las plantas de tratamiento de agua residual se utilizan para realizar el tratamiento de las aguas servidas y la planta de tratamiento de agua potable para tratar el agua que consume el campamento en lavamanos, regaderas y sanitarios. La compañía también cuenta con tanques de almacenamiento de combustible y tanques para preparación de lodos de perforación.



*Figura 1.* Plantas de Tratamiento de Agua. Nota. Adaptado de, Página Web J'S Servipetrol Ltda.

El portafolio también cuenta con una gama de unidades móviles para suministrar campamentos completos para el alojamiento del personal que realiza las actividades en los diferentes campos. Como se puede observar en la figura 2, este tipo de equipos tienen diferentes

diseños dependiendo de cuales sean las necesidades del personal que va a operar en el campo. Los diseños más comunes son habitacionales, oficinas, cocinas y comedores.



*Figura 2.* Equipos Móviles Para Campamentos. Nota. Adaptado de Página Web J´S Servipetrol Ltda.

Debido a la necesidad de poder suministrar las unidades móviles y los campamentos a sus clientes, la compañía cuenta con una flota de vehículos para la movilización de estos. Esto genera un valor agregado, ya que optimiza tiempos de entrega y genera una mayor facilidad para los clientes en términos de negociación. También le garantiza a la compañía que los equipos sean entregados evitando daños ocasionados por el transporte en carretera nacional, ya que generalmente debido al mal estado de las vías, los equipos sufren daños en su mobiliario y dotación.



*Figura 3.* Transporte de Carga. Nota. Adaptado de página Web J'S Servipetrol Ltda.

Como complemento a los servicios que se prestan en el alquiler y venta de equipos, la compañía también ofrece una modalidad de soluciones integrales entre las que se incluyen la camarería y la alimentación del personal que se hospede en los campamentos.



*Figura 4.* Soluciones Integrales. Nota. Adaptado de página web J'S Servipetrol Ltda.

En 19 años de trabajo la empresa tiene amplio reconocimiento y respaldo en el campo petrolero colombiano.

**1.1.1 La Visión.** La **Cooperativa de Servicios Petroleros J'S Ltda.**, Se proyecta al año 2020 como una empresa líder reconocida a nivel regional y nacional en la fabricación, comercialización y alquiler de sus productos y servicios basados en el mejoramiento continuo de sus procesos, cumplimiento de altos estándares de calidad y personal altamente calificado y enfocado al cliente con el fin de ampliar y diversificar su mercado.

**1.1.2 La Misión.** La **Cooperativa de Servicios Petroleros J'S Ltda.**, es una empresa dedicada a la fabricación, comercialización y alquiler de equipos móviles, transporte terrestre de carga extra dimensionada, seca y soluciones integrales en el servicio de catering, para la industria petrolera y afines. La compañía cuenta con personal competente y comprometido en la ejecución de procesos eficientes que aseguran la calidad de los productos y servicios buscando la satisfacción de sus clientes.

## **1.2. Caracterización de las Unidades Móviles**

La compañía Cooperativa de Servicios Petroleros J'S Ltda. es líder a nivel nacional en la fabricación de unidades móviles para la industria petrolera. La mejora continua ha obligado a implementar nuevos diseños.

Para este trabajo de grado se deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Unidad Móvil Tipo Fast-Move

Infraestructura rodante para facilidades de vivienda, habitacionales, oficinas, bodegas entre otras, que se logra a partir de una estructura metálica la cual agregando diversos componentes de transformación se convierte en una unidad habitable, cómoda para sus usuarios y muy asequible para los clientes.

Las unidades cuentan con un área de 36 m<sup>2</sup> y altura externa de 3.50 m, su construcción está producida en un remolque con un (1) eje tándem sobre suspensión de resortes y balancín de alta capacidad, acero con elevada resistencia a la tracción con travesaños de ancho total, frenos neumáticos S-cam 16-1/2 in x 7 in; cubo y llanta tipo disco, neumáticos 11:00 X 22.5, luces montadas sobre gomas con protección para luces incorporadas, guarda fangos, soportaría tipo INCA, King pin tipo cónico para facilidad de enganche y transporte con cabezote de tracto camión, su estructura metálica formada en tubería cuadrada estructural y cold rolled la cual es transformada con láminas roladas en caliente y soldada por inducción de alta frecuencia, garantizando su resistencia y estabilidad bajo la norma NTC 4526 (ASTM A500); las paredes externas construidas en chapas laminadas en caliente o frío revestida en ambas caras con una capa de zinc, por el proceso de inmersión en un baño de metal fundido, para mejorar su resistencia a la corrosión, llamada también lámina galvanizada con un espesor de 0.90 mm logrando su durabilidad y estabilidad.

El montaje de La Unidad Móvil Fast Move, tiene un techo formado en media luna garantizando la fácil evacuación de las aguas lluvias, su formación es una estructura metálica en tubo cuadrado estructural de 1.5 In forrada en lámina galvanizada calibre 1.15 mm y recubierta con poliéster reforzado con fibra de vidrio y resina para la impermeabilización, la estructura cuenta con goteros y esquineros formados en hierro

galvanizado calibre 0.90 mm, los cuales canalizan el agua lluvia garantizando la caída de las mismas bajo los canales perimetrales establecidos en la unidad.

La estructura externa del equipo está cubierta por Primer Anticorrosivo 513 generando mayor protección a la intemperie y corrosión, adhiriéndose en el sustrato ferroso, además, sobre su película de anticorrosivo se aplica esmalte sintético Pintulux del color deseado a base de aceite, dando un hermoso acabado brillante, y generando alta durabilidad en su aplicación. Contiene puertas de ingreso al equipo de 100 cm de ancho con cerradura de seguridad marca Yale, escaleras de acceso a una altura de 60cm, ventanas en aluminio anodizado fijo, con vidrios de bronce de 5 mm de espesor tipo reflectivo, soportes para aires acondicionados tipo mini Split, escalera externa para acceso al techo y línea de retención.

El piso de la unidad móvil tipo Fast Move es en lámina Hot Rolled con espesor de 4.5 mm la cual es deformada calentando al máximo nivel y aplicando una carga controlada para que el material tratado consiga la forma y medida deseada, adhiriéndola a la estructura exterior mediante proceso de soldadura, es recubierta por baldosas de piso en caucho Eterna, antideslizante del color deseado.

Las paredes y techos en su parte interna son aislados térmicamente mediante una capa de frescasa, tela en fibra de vidrio, de 40 mm de espesor e impermeabilizados en sus pliegues con SIKAFLEX 221 color blanco uniendo, pegando y sellando los espacios generados entre la lámina de hierro galvanizado y la tubería respectivamente, además en su parte interna la estructura en su totalidad es laminada con tableros aglomerados tipo MUF, totalmente resistente a la humedad del color madera flor morado.

Las unidades cuentan con red eléctrica bajo el cumplimiento de la norma RETIE, la cual

debe ser conectada con toma tipo Plug de 30 Amp y corriente a 220 V para su correcto funcionamiento, contiene tomas eléctricos y señal de televisión a prueba de agua. Así mismo, cuenta con la red sanitaria en tubería PVC SANITARIA de 4 In y 3.3 mm de espesor asegurando en la instalación, la separación en la disposición de aguas residuales y aguas grises, además con red hidráulica diferenciando el surtimiento de agua fría y caliente en tuberías PVC y CPVC RDE 21.

Este tipo de unidad tiene diferentes diseños que van a ser evaluados en la propuesta.

- Tipo VIP (doble habitación, doble baño)
- Tipo Company Man (habitación, oficina, un baño)
- Tipo Oficina
- Tipo Enfermería
- Tipo comedor

La unidad móvil tipo VIP (doble baño, doble habitación), cuenta con dos salones habitacionales con su respectivo baño, ducha y lavamanos, cada habitación cuenta con 12.6 m<sup>2</sup>, área suficientemente cómoda para incluir la dotación de camas, mesas de noche, escritorio, silla gerencial, closet y televisión.

- Unidad Móvil Tipo Fast Move Compacta. (Planta de Tratamiento de agua potable, planta de tratamiento de aguas residuales y generador eléctrico de 50 KW con dique autoportante y tablero de conexión eléctrica de 4 circuitos).

Dimensiones: Longitud, 12.00 m; Ancho, 2.60 m; Área, 31.20 m<sup>2</sup>.

Descripción

El tráiler compacto moviliza las plantas de tratamiento. Su diseño es apropiado para campamentos y movilizaciones de campo donde se requiere una planta adaptable a cada etapa del proyecto, con posibilidades de traslado en terrenos de difícil acceso.

Aplicamos tecnología de Lodos activados en las aguas residuales bajo un entorno aeróbico a partir de oxígeno disuelto, para una mayor eficiencia. Nos basamos en el cumplimiento del Decreto 1594 del 1984 sobre el uso de las aguas y residuos líquidos, así como en los parámetros requeridos en Normatividad RAS2000 –Tratamiento de aguas residuales, y la Resolución 2035.

### **Características**

Capacidad tratamiento de agua potable de 2500 galones.

Capacidad de tratamiento de aguas residuales de 3100 galones.

Pensada para una fácil movilización.

Combinación de tecnología baches secuenciales y lechos móviles.

Bajo consumo eléctrico a partir de caídas internas.

### **Equipos Anexos**

Un generador de 50 kva.

Una (1) Electrobomba de succión del pozo séptico a la planta de tratamiento de 2 o 1.5 HP.

Un (1) Blower con motor de 5 HP a 1700 Rpm.

Un (1) Tablero de 12 puestos.

Un (1) Tablero de control pequeño.

Un (1) Flotador.

Un (1) Plug de 32 Amp.

Una (1) Toma doble.

Un (1) Interruptor.

Un (1) Plafón.

Una (1) Caja de captación de aguas.

Equipo de presión constante, que contiene:

Un (1) Tanque metálico.

Dos (2) Electrobomba 1 ½" x 1 ½", 2.4 HP/1.8 KW; 7.0 – 3.6 Amperios (Caudal).

Una (1) Electrobomba 1 ½" x 1 ½", 2.4 HP/1.8 KW; 7.0 – 3.6 Amperios (Caudal).

Un (1) Presostato.

Un (1) Manómetro.

Un (1) Precargador.

Un (1) Tablero de control.

Cinco (5) Flotadores.

Conexiones completas.

Incluye suministro de productos químicos para tratamiento:

- a. Sulfato de aluminio tipo A.
- b. Hipoclorito de calcio.
- c. Hidróxido de Sodio.

#### Apéndice A: Presentación JS Servipetrol

El Sistema Solar Fotovoltaico (SSF): Se desarrolla convirtiendo la radiación del sol en electricidad, a través de la célula solar (CEMAER).

Para los equipos de generación fotovoltaica se deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

- **Generador Solar.** Conjunto de paneles fotovoltaicos que captan energía luminosa y la transforman en corriente continua a baja tensión (Salgado, s.f).
- **Regulador de Carga.** Evita sobrecargas o descargas excesivas al acumulador (Ib.)
- **Acumulador.** Dispositivo para almacenar energía solar captada por las placas solares (Santillán, 2016)
- **Inversor.** Transforma la corriente continua producida por el campo fotovoltaico en corriente alterna (Ib.)

Para el suministro de energía eléctrica a través de los sistemas fotovoltaicos, la metodología es diferente ya que cada unidad puede contar con su propio sistema de generación independiente. El tipo de paneles solares depende de la determinación de cargas que requiere cada una de las unidades tipo Fast-Moving. El diseño del sistema de generación y la selección de paneles se va a hacer con base en la literatura que se encuentra disponible en libros de diseño de sistemas fotovoltaicos.

## **2. Fundamentos de la Generación de Energía y su Aplicación.**

### **2.1. Antecedentes Históricos**

Dos piezas separadas hacen la combinación del generador eléctrico diésel:

El generador eléctrico, tiene sus orígenes en el dínamo que transforma el flujo magnético en electricidad mediante el fenómeno de la inducción electromagnética y genera una corriente

continua. Los primeros generadores se conocieron como de carga electrostática; las máquinas que emplearon esta energía aparecieron en el siglo XVIII.

En 1910 se inicia el consumo de gasóleos como combustibles, para sustituir el carbón como consecuencia de la superioridad calorífica del gasóleo (10500 calorías/Kg) con relación al carbón mineral (7000 calorías/Kg).

El motor diésel fue creado por Rudolf Diesel, dueño de la primera patente; el invento no necesita de una chispa para iniciar la combustión a diferencia de los de gasolina. Este es un motor térmico, su combustión interna alternativa se produce por la autoignición del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la relación de compresión que alcanza, de acuerdo con el ciclo Diesel.

El uso del gasóleo se extendió a los motores de combustión diésel; estos motores inicialmente se diseñaron para trabajar con carbón pulverizado, pero Diesel, logró separar la fracción ligera de los gasóleos llamándola diésel.

Verdaderamente, a comienzos de los años 20, el desarrollo del motor diésel lo perfeccionó Robert Bosch, quien optimizó el sistema de pulverización del combustible dentro de la cama de combustión, por medio de la bomba inyectora. Por su rendimiento, el motor diésel se colocó en primeros lugares en el planeta.

Por otra parte, en 1839 fue reconocido por primera vez el efecto fotovoltaico, los estudios sobre el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica realizados por el físico Alexandre-Edmond Becquerel son el origen científico de la energía fotovoltaica.

Los dos primeros satélites geoestacionarios de la URSS y USA tienen el sello de la utilización práctica de la generación de energía con celdas fotovoltaicas.

La investigación para buscar paneles cada vez más eficientes se favoreció con el uso de estos en el satélite norteamericano Explorer 1, en 1958, por esto el mercado se dirigió al sector aeroespacial, con una eficiencia hoy en día del orden del 20%, después de desarrollar la celda de Silicio y en 1970 la URSS, Zhore desarrolla la primera célula solar con hetero estructura de arseniuro de galio (GaSa).

En el presente, se extiende la hipótesis que el desarrollo industrial y el consumo genera como consecuencia el deterioro del medio ambiente por las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases que además de destruir la capa de ozono dañan la salud del hombre. Ante esto la protección del medio ambiente logra comprometer gobiernos, personas e industriales y como beneficiario el consumidor-usuario.

Las plantas fotovoltaicas más grandes están construidas en Australia y EE. UU., en México hay una planta de 300 MW y en Arizona otra de 280 MW.

El gobierno australiano pretende llegar a 270.000 megavatios mediante generación fotovoltaica en el año 2020.

## **2.2. Antecedentes Investigativos**

La demanda de energía en Colombia cada día aumenta más, debido al crecimiento poblacional y el consumo industrial, que generan problemas sociales y ambientales. La energía solar fotovoltaica es un paliativo para mitigar los problemas causados por la generación eléctrica actual; las condiciones en Colombia de radiación solar convidan a sacar provecho de esta fuente.

Eraso y Erazo, (s.f) en “Potencial Natural para el Desarrollo Fotovoltaico en Colombia,” “afirma Colombia posee niveles de insolación que se encuentran entre 3.5 KWh/m<sup>2</sup> día y 6

KWh/m<sup>2</sup> día, valores que coinciden con los datos extraídos de la NASA y que ratifican un potencial fotovoltaico positivo para el país” (p.58).

Tabla 1.

*Insolación promedio de países del mundo con implementaciones fotovoltaicas.*

Ciudad	Latitud	Longitud	Insolación Promedio Anual (KWH/M <sup>2</sup> DÍA)
Buenos Aires	-34	-58	4,65
Madrid	40	-3	4,44
Washington	38	-77	3,99
Roma	41	12	4,65
Shangai	31	121	3,81
Munich	48	11	3,15
Tokio	35	139	3,8
Moscú	55	37	2,86
Londres	51	0	2,81
Quito	0	-78	4,24
Brasilia	-15	-47	5,43
Beijing	39	116	4,32
Berlin	52	13	2,73
Santiago de Chile	-33	-70	5,3
Ciudad de México	19	-99	5,4
Caracas	10	-66	6,14
Doha (Catar)	25	51	5,33
San José (Costa Rica)	9	-84	4,53
El Cairo	30	31	5,35
Bogotá	4	74	5,79
Nariño	1	-77	4,37
Guajira	11	-72	5,62

Nota. Tomado de: Eraso y Erazo

El promedio 4.48 Wh/m<sup>2</sup> día, con desviación estándar de 1KW/m<sup>2</sup> día. Las zonas ubicadas en Colombia tienen promedio superior a 5 KW/m<sup>2</sup> día, Nariño está por debajo del promedio, pero los niveles son aceptables para la generación energética.

Esta ponencia se relaciona con la investigación planteada por mostrar el potencial del país en cuanto a desarrollo fotovoltaico además de convertirse en una alternativa financieramente atractiva.

El artículo Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el Sector Eléctrico Colombiano, escrito por Castillo, Vanegas, Valencia y Villacaña (2015) brinda una breve panorámica geográfica, demográfica, económica y política de Colombia, una reseña de la evolución del sector eléctrico, información sobre emisiones de dióxido de carbono, política energética y estrategias para el desarrollo de energías renovables no convencionales en el país.

Sostienen que la energía solar Según el Atlas de radiación solar de Colombia, el país cuenta con un recurso solar importante, se estima una irradiación promedio mensual que varía entre los 4 y 6 kWh/m<sup>2</sup>día, siendo las regiones de La Guajira, Arauca, parte del Vichada, las regiones de los valles del Río Cauca y del Río Magdalena y San Andrés y Providencia las de mayor recurso. Comparado con los porcentajes mundiales, Colombia se encuentra entre el 58 y 84% de los máximos registrados. En el país existen sistemas fotovoltaicos aislados en las Zonas No Interconectadas (ZNI) para el empleo en telecomunicaciones y electrificación rural principalmente, se estima una potencia instalada de 9 MW. En cuanto a la solar térmica se cuenta con calentadores solares en el sector industrial y residencial que representan 77 MW teóricamente, ya que se evidenció que este tipo de tecnología fue desplazada por el gas natural. Bajo el supuesto que estuviera en operación completa, esta capacidad generaría aproximadamente 70 GWh/año y la potencia fotovoltaica generaría aproximadamente 13 GWh/año. Un ejemplo de la implementación del uso de la energía solar térmica en Colombia es el sistema de secado solar de cacao en la Sierra Nevada de Santa Marta, el cual se encuentra en la fase de elaboración de estudios ambientales. Dentro del listado de los proyectos de generación

registrados hasta marzo de 2014 se encuentra en fase 3 Awarala, un proyecto con tecnología solar con inducción mecánica en Sucre que aprovechará la radiación solar de la región de aproximadamente 4.75 kWh/m<sup>2</sup>día y tendrá 19.9 MW de capacidad para una generación anual estimada de 166 GWh, se proyecta que en diciembre de 2015 entre en operación comercial. Conjuntamente se cuenta con un proyecto exitoso híbrido solar-diésel en Chocó, que presta 18 horas por día a través de tecnologías fotovoltaicas y las restantes con diésel, además de la reciente implementación de ocho sistemas solares fotovoltaicos en el Parque Nacional Natural Utría en el mismo departamento, y un proyecto fotovoltaico en la Sierra Nevada de Santa Marta.

Dentro de las conclusiones más destacadas que ofrece este estudio presenta que la fuente primaria de producción de energía en Colombia es el carbón mineral representado un 45,8% de la producción de energía en el 2012 seguido del petróleo, el gas natural, la hidroenergía y la biomasa. La principal fuente de generación de energía eléctrica proviene de las centrales con tecnología hidráulica representando un 67%, seguida de las centrales térmicas con un 27%, plantas menores y cogeneradoras. Los sectores de mayor consumo eléctrico son el residencial (40,9%), el industrial (30,5%), seguido del comercial y público, agropecuario y minero.

En cuanto a aportes de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel mundial, Latinoamérica se ubica en la quinta posición, además la mayor parte de los GEI que emite corresponde al dióxido de carbono. El sector que más emite es la agricultura (38,9%) y la energía (36,65%). En esta última categoría, el consumo de combustible para el sector transporte y el sector eléctrico participan con un 33 y 23% respectivamente.

El uso de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) dentro de la política energética, señalan la diversificación de la matriz energética, debido al potencial con que cuenta el país mostrando mayores avances la energía solar presentando el mayor número de proyectos y

estudios avanzados, pero falta la implementación de las fuentes, mayores incentivos y un marco regulatorio.

La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica la manifiesta Arencibia-Carballo, (2016) en “La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica” al escribir En estos momentos claves cuando más requerimos del ahorro y de la austeridad en el consumo de combustible y la generación de energía eléctrica, deberíamos pensar en alternativas para optimizar los sistemas de alumbrados con técnicas de paneles solares, que además permiten obtener energía eléctrica para otros usos. La energía solar fotovoltaica (ESFV) constituye una fuente de energía renovable, la cual puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos (PSFV) que convierten la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicables a múltiples actividades de la vida.

Refuerza con cifras así: En 2011 los sistemas de energía solar en el mundo generaron 85 teravatios/hora de electricidad, que son suficientes para cubrir las necesidades de 100 millones de personas y es Europa la región líder, con una capacidad instalada de 51 GW, seguida por Japón (5 GW), EE. UU. (4,4 GW) y China (3,1 GW). Dentro de Europa España es líder.

Siendo el sol la principal fuente de energía en el planeta, remata argumentando que es lógico se apliquen soluciones con celdas fotovoltaicas, para así transformar la radiación solar en energía electricidad.

La aparición del sistema de generación de energía fotovoltaico, promovido por la búsqueda de reducir la emisión de gases de efecto invernadero y frenar el cambio climático; la tecnología fotovoltaica encabeza el uso de energías limpias para aprovechar el recurso más abundante del planeta. La madurez de esta tecnología permite la implementación a todos los niveles, aparte del ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, es una tecnología barata, cuya fuente, el sol, en

inagotable y gratuita, pudiéndose instalar en cualquier ubicación geográfica con un mínimo de dos horas de sol.

El estudio “Análisis del mercado fotovoltaico” La fotovoltaica como estrategia energética en la empresa española. Caso real. Realizado por Frutos, R.F. (2016) como trabajo final de carrera en la Universidad Politécnica de Cartagena, cuyo objetivo trata el mercado fotovoltaico haciendo un análisis de la evolución y la situación actual; analizar la conveniencia de esta tecnología en la actualidad en cuanto a rentabilidad, eficiencia y sostenibilidad. Así mismo trata de dar luz en materia de sostenibilidad, seguridad y salud, y cuidado del medio ambiente, aportando datos de fabricantes y estudios en la materia. También analiza el coste energético de la fabricación de paneles solares y la huella de carbono de esta tecnología frente a otras fuentes tradicionales.

Como caso real, se relaciona con la investigación en curso porque repasa las cifras de diferentes países en cuanto a desarrollo, estado actual de implantación, cuotas de mercado, empleo e I+D; así como también el plan estratégico de Gestión de la energía que una empresa ha implementado.

Como conclusión de este estudio se puede extractar que la energía fotovoltaica tenía que llegar y ser explotada en todos los niveles, desde grandes proyectos empresariales hasta los usuarios domésticos. Se dispone de la fuente energética más abundante en la naturaleza, inagotable, limpia y gratuita; para que no parezca intrascendente se debe usar y no depender exclusivamente de los recursos fósiles y cuyo proceso costoso y en el uso le deja al planeta una huella contaminante difícil de subsanar.

La madurez de la tecnología fotovoltaica permite que la energía producida compita en costos con la obtenida de manera tradicional. Todos los países con mínimo desarrollo fotovoltaico han alcanzado la paridad de red, para llegar a los usuarios domésticos.

La pertinencia para la implementación de energía solar en las unidades móviles en actividades petroleras está acorde con el estudio “Instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo para pequeñas instalaciones. Aplicación a una nave industrial”. Efectuado por Bastidas, Molina y Álvarez (2017) Se analiza en este artículo el ejemplo de una instalación fotovoltaica para una nave industrial situada en Paiporta (Valencia-España) de 9,9 kW de potencia contratada. En él se presenta costo total de la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo objeto de estudio es de 6.402,77 €. De forma detallada, el coste de los paneles solares fotovoltaicos es de 2.906 €, el del inversor de conexión a red es de 1716,97€, el de la estructura soporte es de 1000 €, el del cableado y canalizaciones eléctricas es de 191,72 €, el de las protecciones eléctricas y puesta a tierra es de 348,08 € y el de la mano de obra es de 240 €. Teniendo en cuenta el dinero que se ahorraría el usuario por la energía autoproducida, se obtiene que el período de amortización de la instalación se sitúa en menos de 8 años, tal y como se observa en la tabla 3.

Desde el punto de vista ambiental, la generación de energía eléctrica mediante instalaciones solares fotovoltaicas genera muchísimas menos emisiones de CO<sub>2</sub> que las tecnologías empleadas tradicionalmente, tales como el carbón, petróleo, ciclo combinado.

Tabla 2.

*Rentabilidad instalación solar fotovoltaica para autoconsumo.*

<b>Año</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Energía anual real producida y aprovechada (kwh/año)</b>	<b>Dinero ahorrado anual (euros)</b>	<b>Dinero ahorrado acumulado (euros)</b>
1	1	6.953.69	843.05	843.05
2	0.995	6.918.92	837.84	1.680.89
3	0.99	6.884.15	832.62	2.513.52

<b>Año</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Energía anual real producida y aprovechada (kwh/año)</b>	<b>Dinero ahorrado anual (euros)</b>	<b>Dinero ahorrado acumulado (euros)</b>
4	0.985	6.849.39	827.41	3.340.92
5	0.98	6.814.62	822.19	4.163.12
6	0.975	6.779.85	816.98/	4.980.09
7	0.97	6.745.08	811.76	5.791.86
8	0.965	6.710.31	806.55	6.598.40

Nota: Tomada de Bastidas, Molina y Álvarez (2017). Adaptada por el autor.

En la nave industrial analizada, el empleo de la instalación solar fotovoltaica para autoconsumo supondría un ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> de un 88,41%, tal y como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3.

*Impacto ambiental*

<b>FUENTE</b>	<b>EMISIONES CO<sub>2</sub> (g/kwh)</b>	<b>EMISIONES CO<sub>2</sub> ANUALES (g/año)</b>
Mix eléctrico	302	2.100.014,95
Solar fotovoltaica	35	243.379,22

Nota: Tomada de Bastidas, Molina y Álvarez (2017). Adaptada por el autor.

El estudio aporta conclusiones respecto a las instalaciones fotovoltaicas como novedosas, que se ha podido verificar como sistemas seguros y fiables. Técnicamente son muy sencillas de dimensionar y montar que apenas requieren de mantenimiento.

La vida útil de los inversores pasó de 15 a 20 años y la duración en el tiempo de una instalación solar fotovoltaica registra más de 40 años debido a que numerosas empresas han mejorado el funcionamiento de los componentes acompañada de la reducción de los precios de las instalaciones solares fotovoltaicas, resultando el costo final más barato.

El trabajo en Ingeniería Mecánica, correspondiente a Gomez-Ramirez, Murcia y Cabeza (2017), llamado “La energía solar fotovoltaica en Colombia: Potenciales, antecedentes y Perspectivas”, uno de los objetivos del trabajo es hacer una revisión acerca del potencial solar en algunas ciudades del país y determinar, a qué nivel ha sido aprovechada esta disponibilidad en el ámbito nacional, los proyectos e inversiones que se han realizado en esta fuente renovable inagotable e identificar las entidades que tienen a su cargo el desarrollo de planes, incentivos tributarios y programas encaminados a la utilización de este recurso natural renovable; se abordará lo referente a la producción académica, técnica y proyectos realizados sobre energía solar fotovoltaica en Colombia.

Este artículo se relaciona con la investigación aquí planteada porque muestra y analiza el aprovechamiento, los beneficios, que tan favorable es la ubicación geográfica de Colombia, en que zonas se ha invertido más en estas tecnologías, que zonas cuentan con mayor potencial solar (recurso solar - radiación) y porque no se ha extendido en todo el país esta fuente de generación renovable. Además, divulga fondos e instituciones de apoyo financiero y técnico, instituciones y políticas que regulan la solar FV, normativas, leyes e incentivos tributarios, proyectos puestos en marcha y en planeación, inversiones hechas en el tema, empresas comercializadoras, las aplicaciones que se pueden llevar a cabo por medio de sistemas fotovoltaicos, el desarrollo de esta tecnología en el país y las pautas que se deben tener en cuenta al invertir en esta fuente de

generación, para de esta manera mejorar la eficiencia energética, dar a conocer la misma y motivar a los Colombianos en emigrar a esta fuente de generación de carácter renovable.

#### **2.4. Marco Legal**

Para la doctrina, las energías renovables son “*aquellas que por su cantidad en relación a los consumos que los seres humanos pueden hacer de ellas son inagotables y su propio consumo no afecta el medio ambiente*” (Estrada & Arancibia, 2010. Pp. 4)

En Colombia, su regulación legal es incipiente y escasa, pudiéndose ubicar un primer antecedente en la ley 697 de 2001, que no reguló específicamente las FER (Fuentes de Energía Renovables) sino aquel género – más amplio – en el que esta se inscribe: las energías alternativas o fuentes de energía no convencionales (FNCE)

Luego, para la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, el Estado colombiano promulgó la Ley 1715 de 2014, esta norma provee las herramientas para analizar el suministro de energías renovables desde diferentes puntos de vista; también va a servir como punto de referencia para analizar de qué forma el Estado está incentivando el uso de energías renovables como alternativa para la producción energética del país.

De acuerdo con Tejeiro (2009), la Ley 697 de 2001 se constituye en el instrumento normativo más relevante sobre las FNCE en Colombia, toda vez que además de establecer un marco normativo de carácter especial sobre la materia, aporta las definiciones conceptuales sobre las FNC

Pese a que para Tejeiro (2009) es la Ley 697 de 2001 la más relevante, debido a que en ella se incluyeron los conceptos sobre las FNCE aplicables al sector energético y se declaró, por primera vez, como de interés público el uso racional de la energía; lo cierto es que, la Ley 1715, también declaró de utilidad pública las actividades tendientes a desarrollar y promover las energías no convencionales, cuando en su artículo 4º declaró:

“La promoción, estímulo e incentivo al desarrollo de las actividades de producción y utilización de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, se declara como un asunto de utilidad pública e interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar la diversificación del abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección del ambiente, el uso eficiente de la energía y la preservación y conservación de los recursos naturales renovables.”

Siguiendo en el análisis global de la Ley 1715 de 2014, su objetivo, como lo reseña su artículo primero es el de: “promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético” para ello se fija como finalidades:

- a) Orientar las políticas públicas y definir los instrumentos tributarios, arancelarios, contables y de participación en el mercado energético colombiano que garanticen el cumplimiento de los compromisos de la finalidad de esta ley.

- b) Incentivar la penetración de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable en el sistema energético colombiano, la eficiencia energética y a respuesta de la demanda en todos los sectores y actividades, con criterios de sostenibilidad medioambiental social y económica.
- c) Estimular la inversión, la investigación y el desarrollo para la producción y utilización de energía a partir de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, mediante el establecimiento de incentivos tributarios, arancelarios o contables y demás mecanismos que estimulen desarrollo de tales fuentes en Colombia.

En términos generales, esta ley permite darle el marco fundamental para el manejo de energías renovables en Colombia.

Para Pereira las leyes brevemente reseñadas “*Materializan uno de los presupuestos centrales de la Constitución de 1991 en materia de derechos colectivos, representado en el derecho al ambiente sano*” (2015. Pp. 227); por ende, la investigación científica y/o académica que se realice en este campo adquiere la mayor relevancia, de hecho, para el mismo autor pese a que la Ley 697 de 2001, introdujo tímidamente la promoción de la investigación para el desarrollo de fuentes alternativas no convencionales, fue la Ley 1715 de 2014 la que avanzó de mejor manera frente al tema de la integración de las energías renovables al sistema eléctrico colombiano.

Para los efectos específicos de esta investigación, es importante resaltar, por una parte, que el artículo 19 de la norma reconoce expresamente a la Energía Solar como una Fuente No Convencional de Energía Renovable (FNCER), y el artículo 9º indica, como política de Estado, la necesidad de reemplazar la generación de energía diésel por fuentes más limpias, como a continuación se indica:

*“ARTÍCULO 9o. SUSTITUCIÓN DE GENERACIÓN CON DIÉSEL EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS. El Gobierno Nacional implementará un programa destinado a sustituir progresivamente la generación con diésel en las ZNI con el objetivo de reducir los costos de prestación del servicio y las emisiones de gases contaminantes, para lo cual implementará las siguientes acciones:*

*a) Áreas de servicio exclusivo de energía eléctrica y gas combustible: El Gobierno Nacional podrá establecer áreas de servicio exclusivo para la prestación por una misma empresa de los servicios de energía eléctrica, gas natural, GLP distribuido por redes y/o por cilindros en las ZNI. Estas áreas se podrán crear con el objetivo de reducir costos de prestación de los servicios mediante la sustitución de generación con diésel por generación con FNCE y deberán cumplir con lo establecido en el artículo 40 de la Ley 142 de 1994 y demás disposiciones de dicha ley;*

*b) Esquema de incentivos a los prestadores del servicio de energía eléctrica en Zonas no Interconectadas: El Ministerio de Minas y Energía desarrollará esquemas de incentivos para que los prestadores del servicio de energía eléctrica en las ZNI reemplacen parcial o totalmente su generación con diésel por FNCE. Estos incentivos deberán cumplir con evaluaciones costo-beneficio resultantes de la comparación del costo de los incentivos con los ahorros producidos por la diferencia de costos entre la generación con FNCE en lugar del diésel.*

Ello es importante, en la medida en que se evidencia la pertinencia de la presente investigación, en tanto y cuanto, el propio Estado tiene previsto la sustitución de la generación de energía diésel, en aquellos sitios en donde no hay eléctrica, por energía no convencionales; pero, además, también se propende por incentivar la inversión privada en proyectos de FNCE, otorgando beneficios tributarios y arancelarios para la inversión en este tipo de proyectos, como se pasa a describir.

Así, dice el artículo 11 de la Ley que se viene estudiando, recientemente modificado por el artículo 174 de la Ley 1955 de 2019 (plan nacional de desarrollo), en materia del Impuesto de Renta, que:

*“Como Fomento a la Investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción de energía eléctrica con FNCE y la gestión eficiente de la energía, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a deducir de su renta, en un período no mayor de 15 años, contados a partir del año gravable siguiente en el que haya entrado en operación la inversión, el 50% del total de la inversión realizada.*

*El valor por deducir por este concepto en ningún caso podrá ser superior al 50% de la Renta Líquida del contribuyente, determinado antes de restar el valor de la inversión.*

*Para los efectos de la obtención del presente beneficio tributario, la inversión causante del mismo deberá ser certificada como proyecto de generación de energía eléctrica a partir de FNCE por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).”*

A su vez, también se otorgan beneficios tributarios en el Impuesto al Valor Agregado IVA, estableciendo, en su artículo 12 que: *“Para fomentar el uso de la energía procedente de FNCE, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la preinversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos de IVA.”* A lo anterior debe sumarse, otro incentivo, esta vez, contable, pero con impacto tributario: la autorización para la depreciación acelerada aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la preinversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para ese fin.

Además, en materia arancelaria, las personas naturales o jurídicas que sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de preinversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes. Beneficio que será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a la importación de estos.

Y, finalmente, como conclusión de lo visto, se pone de presente lo dicho por la Corte Constitucional de Colombia, en la Sentencia C-339 de 2002: “desde esta perspectiva el desarrollo económico y tecnológico, en lugar de oponerse al mejoramiento ambiental, deben ser compatibles con la protección al medio ambiente y la preservación de los valores históricos y culturales”.

### **3. Análisis Comparativo del Uso de Combustibles Fósiles y la utilización de sistemas Fotovoltaicos.**

Los generadores diésel generan gases de escape de diésel en la sociedad; estos gases de escape son una mezcla de diversos tipos de gases y partículas, que contienen partes de hollín y sustancias nocivas como el benceno, arsénico y óxidos de nitrógeno. El smog se forma al unirse los óxidos de nitrógeno con el calor y la luz del sol en el aire, contaminante del aire nocivo.

El CO<sub>2</sub> es el más común de los gases de efecto invernadero y su mayor fuente la constituye la quema de los combustibles fósiles. Al quemar estos combustibles, el contenido de carbón se emite como CO<sub>2</sub> y en menor proporción otros hidrocarburos que finalmente se oxidan a CO<sub>2</sub> en un periodo de aproximadamente 10 años. (ACCEFYN, 2003, p 4).

El factor de emisión de carbono y CO<sub>2</sub> por Diesel (kg/GJ):

Tabla 4.

*Factores de emisión de carbono y CO<sub>2</sub> por combustible (kg/GJ).*

<b>Combustible</b>	<b>Estado</b>	<b>Factor de emisión (kg C/J) a</b>	<b>Factor de emisión (kg CO<sub>2</sub>/GJ) b</b>
Diesel	Líquido	20.2	74.01

Nota.: ACCEFYN

a. Revised 1996 IPCC Guides for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual  
IPCC. Bracknell. U.K.

b. Calculado a partir de la ecuación estequiométrica: C+O<sub>2</sub> ----- CO<sub>2</sub>

En 2016, Colombia pudo conocer la cantidad de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), según el Inventario Nacional y Departamental de GEI presentado por el IDEAM; la importancia de esta información radica en la puesta en marcha de proyectos y programas que eviten la generación de nuevas fuentes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero; la toma de decisiones para que Colombia logre cumplir la meta de reducción del 20% a 2030, cifra pactada en el acuerdo de Paris, pudiendo aumentar al 30% contando con apoyo internacional (Min ambiente, 2016).

Los sectores de la economía del país tenidos en cuenta en el inventario corresponden a minas y energía, industrias manufactureras, transporte, residencial, comercial, agropecuario, forestal y saneamiento.

Departamentos con mayores Emisiones de Gases Efecto Invernadero

Tabla 5.

*Departamentos con Mayores Emisiones de GEI.*

<b>Departamento</b>	<b>Megatoneladas de CO<sub>2</sub></b>
Antioquia	22.94
Valle del Cauca	16.50
Meta	21.24
Caquetá	19.84
Santander	14.30
Cundinamarca	13.26
Bogotá	10.59

Nota. Ideam. Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero (2016).

Los departamentos con menos emisiones de GEI son San Andrés y Providencia, Guainía, Quindío, Vaupés y Risaralda.

Colombia ocupa el puesto 140 dentro de los países (186) por emisiones de CO<sub>2</sub>, en 2017 las emisiones cayeron 4770 Kilotoneladas con respecto al 2016, un 5.98%. En la siguiente tabla se pueden apreciar la evolución de las emisiones desde 2007.

Tabla 6.

*Evolución de emisiones de CO<sub>2</sub>.*

<b>Fecha</b>	<b>CO<sub>2</sub> Totales Kts</b>	<b>CO<sub>2</sub> Petróleo Kts</b>	<b>CO<sub>2</sub> Kg/1000\$</b>	<b>CO<sub>2</sub> per cápita</b>
2017	74.954		0.12	1.53
2016	79.724	48.923	0.12	1.64
2015	79.752	44.270	0.13	1.65
2014	79.856	46.720	0.13	1.67
2013	77.856	45.733	0.13	1.64
2012	72.579	45.685	0.13	1.55
2011	72.112	42.409	0.14	1.55
2010	66.509	38.000	0.13	1.45
2009	64.906	36.000	0.13	1.43
2008	61.701	40.000	0.13	1.37
2007	61.123	39.000	0.13	1.38

Nota: Expansión/ Datos Macro.Com

Para implementar medidas de atenuación existen oportunidades de reducción en emisiones que deben generar beneficios en términos de contaminación atmosférica, como en este caso de eficiencia en el uso de energía, al promocionar una fuente no convencional de energía renovable.

Colombia avanza en el uso de energías alternativas, de la mano de Ecopetrol inicia operaciones el parque solar de auto generación de energía ubicado en el departamento del Meta, abastece de energía al campo petrolero Castilla.

En Santander, Mesa de los Santos, se construye un proyecto de energía solar que producirá energía para 20.000 viviendas, en su vida útil se evitará la emisión de más de 2.000.000 de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Berrio, Botero y Arango (2015) aseguran que al sustituir las tecnologías que consumen combustibles fósiles por energías renovables, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y se contribuye a reducir el impacto del calentamiento global (p. 25).

### 3.1 Riesgos del uso de combustibles fósiles

Además de emitir gases tóxicos al ambiente, por la quema de combustible, se les suman riesgos como el de incendio y ruido.

**3.1.1 Incendios.** Los riesgos de incendio se presentan potencialmente en todos los equipos de generación de energía; al operarse con diésel, combustible altamente inflamable, y muchas veces funcionando de manera ininterrumpida, en condiciones exigentes que llevan al máximo los elementos mecánicos y eléctricos; este uso causa fallas que pueden provocar un fuego intenso para dañar o destruir un generador trayendo serias pérdidas económicas.

Los generadores de energía representan una importante inversión, un incendio significa un riesgo para los intereses económicos además que el tiempo ocioso no planeado repercute en las operaciones que dependen del suministro de electricidad.

Un ejemplo de lo expuesto anteriormente se puede apreciar en el registro:

Incendio en Generador G04 cuartos fríos Base Quifa.

Para iniciar la investigación del accidente ocurrido en base Quifa con el generador G04 se procede a tomar todas las evidencias necesarias que se puedan recolectar en el lugar de los hechos.

Cuando se toman evidencias fotográficas se hace con el fin de determinar el estado final del generador y los daños sufridos para poder precisar donde se genera el incendio, las partes afectadas y posibles causas de lo que desencadenó el suceso.

Apéndice B: Investigación Incendio Generador 04.

En este caso no se puede establecer con exactitud lo que provocó el incendio con las evidencias recolectadas ya que hubo pérdida total del equipo. Para determinar la causa raíz del incendio del generador, se realiza la trazabilidad de los mantenimientos preventivos y correctivos realizados anteriormente para analizar los causantes del incendio.

**3.1.2 Contaminación Auditiva.** La emisión de ruido por la puesta en marcha del motor representa un inconveniente que se traduce en consecuencias para la salud por la alteración de la audición. Los niveles de ruido máximo permitidos por la Resolución 0627 de 2006, establecen 55 decibeles en el día y 50 dB en la noche; mientras que el generador considerado de mayor sonoridad, según datos de los catálogos y lo que muestran los fabricantes, el Skid el nivel de ruido oscila entre 80 y 90 dB; en los Simplemente Carenados la sonoridad emitida alcanza los 75dB, los Insonoros presentan sonoridad de hasta 65 y 70 dB, considerados los más silenciosos.

La contaminación auditiva comprende los efectos de los ultrasonido e infrasonidos imperceptibles para el ser humano, pero ocasionan graves efectos para el hombre y el ecosistema (Cepero, 2009, p63).

La normatividad en cuanto a emisión de ruido, no se cumple en Colombia ni por las autoridades competentes ni por autocontrol. (Casas, 2015, P285).

Apéndice C: Informe Investigación Generador Ruido.

**3.1.3 Otros riesgos.** El transporte de hidrocarburos es bastante complejo, ligado a factores como infraestructura, movilidad, clima etc., esto hace que se establezca una planeación y prevención en el transporte de manera segura y responsable, para garantizar el abastecimiento.

Se pueden presentar fallas en el cargue y se materialice una explosión o intoxicación; para evitar que se presenten accidentes con daño a las personas, a la calidad y al medio ambiente es importante aplicar estándares.

Los riesgos de clase 3, líquidos inflamables pueden ser:

**Explosión:** por contacto de los vapores con el aire, formando una mezcla explosiva.

**Irritación y/o Intoxicación:** por inhalación, ingestión o contacto breve con la piel. Ojos y mucosas.

## 3.2. Análisis del Sistema fotovoltaico

La energía solar es renovable y abundante, hecho que genera muchas ventajas; el sol brinda una fuente energética inagotable; las instalaciones no contaminan la atmosfera, no produce gases de efecto invernadero mucho menos contamina el agua. No se produce contaminación acústica porque su generación es silenciosa.

En lugares apartados, de difícil acceso para obtener energía de otras fuentes siempre se puede contar con energía solar; sus instalaciones se adecuan para proveer las necesidades de energía a gran o pequeña escala.

También se tienen limitaciones, tal es el caso de los límites de horario teniendo en cuenta que el sol se oculta al atardecer, haciendo que el disfrute de esta fuente no contemple la noche; el

rendimiento de los paneles solares se ve afectado por la inclinación solar que varía constantemente en época de invierno, ya que las horas de sol son pocas.

No siempre se puede contar con reservas, para el almacenamiento de energía, pues las horas para obtenerla, no siempre coinciden con las horas de almacenamiento.

La función climatológica hace que el rendimiento de la energía solar dependa de esta, siendo poco viable en zonas donde el cielo está mayormente nublado.

La inversión inicial es alta por los costos de los paneles solares; la forma de los paneles no es de buen gusto por lo que no es agradable a la vista.

### 3.3. Cuadro Comparativo entre diésel y el sistema fotovoltaico.

Tabla 7.

*Comparativo entre diésel y el sistema fotovoltaico*

Energía	Económicos	Ambientales	Técnicos
<b>DIÉSEL</b>	Los generadores diésel tienen un costo menor pero más continuado por la necesidad de combustible, limpieza y cambio de filtros constantes. Aunque los generadores de diésel implican una inversión inicial pequeña al principio, su costo neto se acumula poco a poco. A menudo, estos	Contamina el ambiente. Genera emisiones y residuos que son una amenaza para el medio ambiente. Alto nivel sonoro.	Limitada. Utiliza tecnología importada. Las comunidades piden su reemplazo por la expectativa de agotamiento en el mediano plazo.

Energía	Económicos	Ambientales	Técnicos
	generadores son poco fiables y necesitan reparaciones costosas.		
<b>FOTOVOLTAICA</b>	Tiene un bajo costo de aprovechamiento, tras la inversión inicial en la fabricación de los componentes y la instalación, que es la que puede resultar más costosa. Costo de mantenimiento bajo.	Energía limpia no produce emisiones de CO <sub>2</sub> y de otros gases contaminantes a la atmósfera. Silenciosa.	Inagotable. Autóctona. Reduce el riesgo de incendio e inhalación de humo tóxico. Aprovechar las cualidades geográficas y las condiciones meteorológicas de Colombia. El Atlas de radiación Solar y de Vientos, del IDEAM localiza lugares para el aprovechamiento de energía Solar.

#### 4. Diseño y Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico para las Unidades Móviles o trailers

Para que la instalación fotovoltaica autosuficiente y aislada, rinda satisfactoriamente y tenga una larga esperanza de vida, se deben tener en cuenta una serie de variables que se explican a

continuación: Potencia unitaria de la carga, potencia total, horas estimadas de funcionamiento y la localización del proyecto.

Los siguientes son los datos por obtener necesarios previamente, al cálculo de la instalación fotovoltaica:

#### 4.1. Estimación del Consumo que debe Cubrir la Instalación Fotovoltaica.

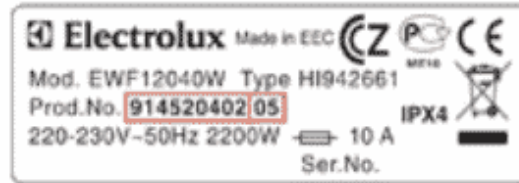
Cuando se va a dimensionar una instalación fotovoltaica aislada, lo primero de todo, y además lo más importante, es saber el consumo de energía que debe cubrir la instalación.

Para ello, se tiene que calcular **la potencia total** de la instalación teniendo en cuenta la **potencia unitaria de cada carga** que se conecta a la instalación y las **horas estimadas de funcionamiento** diario.

Por tanto, se necesita recopilar la siguiente información:

- **La potencia unitaria de cada carga**, es decir, se debe hacer un listado con cada uno de los electrodomésticos, luces, aire acondicionado, y otros, de cualquier equipo eléctrico o electrónico, que se vaya a usar y calcular la potencia unitaria de cada uno de ellos, que vendrá indicada normalmente en alguna etiqueta de cada equipo y marcada en Wattios (W o Watt).
- **Las horas previstas de uso diario**. Es decir, se requiere tener el número de horas que se hace uso de cada equipo. Eso nos permite conocer el dato de la energía (Whd) que consume cada equipo.
- **Localización del proyecto**. Es simplemente saber dónde se va a realizar la instalación fotovoltaica, para poder conocer las horas de sol pico de que se disponen a lo largo del año.

Un ejemplo: si se tiene un electrodoméstico, podemos revisar la etiqueta y se verá la siguiente imagen:



En este caso se tiene un equipo eléctrico de una **potencia unitaria de 2.200 W**. Y si, por ejemplo, se piensa en usarlo 1,5 hora al día, se tendrá un **consumo energético** diario de  $2.200W * 1,5h = 3.300 \text{ Whd}$

Entonces se resume así:

Para saber la potencia unitaria, se consulta la etiqueta de cada equipo. Sus unidades son en Wattios (W).

Para saber el consumo energético diario de cada equipo, podemos usar la siguiente fórmula:

*Energía-Equipo [Whd] = Potencia unitaria [W] \* Número de horas uso diario [h]* y se mide en Whd (Wattios hora día).

Para saber la energía total consumida diariamente, habrá que calcular la energía consumida por cada uno de los aparatos de iluminación, eléctricos o electrónicos y luego sumarlas todas.

El estudio de la demanda de energía para cada tipo de Unidad Móvil es el siguiente:

Para la Unidad Móvil habitación oficina tipo Company man, el cálculo se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 8.

Consumo en KW Tráiler Dormitorio Company:

<b>Campamento:</b> Intervencion de pozos	Consumo Kw:	43,09
<b>Tipo Trailer:</b> Dormitorio Company	Consumo Amp:	21,14

	CARGA	Potencia (Amp/h)	Potencia (Kw/h)	Cant. Equipos	Horas por día	Amp	Kw
<b>Alumbrado</b>							
1	Bombillo Ahorrador	0,18	0,02	10	5	0,04	1,00
2	Fluorescente 32W	0,64	0,07	0	0	0,00	0,00
<b>Aparatos eléctricos</b>							
1	Aire acondicionado mini split 12000 BTU	5,45	1,2	2	12	13,09	28,80
2	Aire acondicionado mini split 18000 BTU	7,73	1,7	0	0	0,00	0,00
3	Aire acondicionado Tipo ventana	7,73	1,7	0	0	0,00	0,00
4	Cafetera	5,45	0,6	0	0	0,00	0,00
5	Calentador	5,45	1,2	1	1	6,55	1,20
6	Nevera	1,82	0,2	2	24	0,73	9,60
<b>Aparatos electrónicos</b>							
1	Alarma portatil	1,82	0,2	0	0	0,00	0,00
2	Celular	0,02	0,002	2	8	0,00	0,03
3	Dispensador de agua	1,82	0,2	0	0	0,00	0,00
4	Extractor 6"	0,27	0,03	2	1	0,02	0,06
5	Impresora	1,36	0,15	0	0	0,00	0,00
6	Mesa caliente	13,64	3	0	0	0,00	0,00
7	Modem de telecomunicaciones	2,73	0,3	0	0	0,00	0,00
8	Computador portatil	1,82	0,2	0	0	0,00	0,00
9	Telefonos	0,23	0,025	0	0	0,00	0,00
10	Televisión + deco	1,82	0,2	2	6	0,73	2,40

De forma similar se calculan los consumos de las diferentes unidades móviles, que se resumen en la Tabla No 8. *Consumos Previstos en el diseño de las Unidades Móviles* así:

Tabla 9.

*Consumos Previstos en el diseño de las Unidades Móviles*

<b>Campamento:</b> <i>Intervencion de pozos</i>	<b>Consumo Kw:</b>	<b>42,97</b>
<b>Tipo Trailer:</b> <i>Enfermeria</i>	<b>Consumo Amp:</b>	<b>20,92</b>
<b>Campamento:</b> <i>Intervencion de pozos</i>	<b>Consumo Kw:</b>	<b>43,09</b>
<b>Tipo Trailer:</b> <i>Dormitorio Company</i>	<b>Consumo Amp:</b>	<b>21,14</b>
<b>Campamento:</b> <i>Intervencion de pozos</i>	<b>Consumo Kw:</b>	<b>43,65</b>
<b>Tipo Trailer:</b> <i>Dormitorio de 8pax</i>	<b>Consumo Amp:</b>	<b>20,76</b>
<b>Campamento:</b> <i>Intervencion de pozos</i>	<b>Consumo Kw:</b>	<b>61,49</b>
<b>Tipo Trailer:</b> <i>Oficina</i>	<b>Consumo Amp:</b>	<b>19,80</b>
<b>Campamento:</b> <i>Intervencion de pozos</i>	<b>Consumo Kw:</b>	<b>102,23</b>
<b>Tipo Trailer:</b> <i>Comedor</i>	<b>Consumo Amp:</b>	<b>68,27</b>
<b>Campamento:</b> <i>Intervencion de pozos</i>	<b>Consumo Kw:</b>	<b>293,43</b>
<b>TOTAL</b>	<b>Consumo Amp:</b>	<b>150,89</b>

**4.1.1. Análisis de Eficiencia Energética.** El presente análisis de eficiencia energética busca evaluar las condiciones actuales de la instalación eléctrica de las Unidades Móviles o Trailers de J'S Servipetrol Ltda.

Lo anterior en pro, del mejoramiento continuo en las instalaciones eléctricas, uso racional de la energía y el desarrollo sostenible.

Posteriormente se realizará el estudio de viabilidad técnico y financiero para la implementación de un sistema para suplir las necesidades eléctricas internas de la Unidad Móvil o Tráiler de tipo Dormitorio Company.

Las perturbaciones que se presentan en cualquier sistema eléctrico se manifiestan como variaciones en la forma de onda de la tensión, que afectan el funcionamiento de los diversos tipos de equipos conectados al sistema, o, en otras palabras, cualquier perturbación en los

sistemas de energía eléctrica, se manifiesta en desviaciones de las condiciones adecuadas de tensión, corriente o frecuencia, lo cual puede resultar en una falla o una mala operación de equipos.

**4.1.2. Frecuencia.** La frecuencia de onda normalizada del Sistema Colombiano es de 60 Hz, frente a perturbaciones, estados de emergencia, déficit energético y períodos de restablecimiento, la frecuencia puede variar entre 57,5 y 63,0 Hz, por un período de quince (15) segundos, sin embargo, por periodos prolongados puede ocasionar daños o reducir el tiempo de vida de los dispositivos electrónicos.

**4.1.3. Voltaje.** El Voltaje nominal en Colombia para suministros de energía monofásicos es de 120 voltios de corriente alterna y el voltaje nominal en Colombia para suministros de energía a dos fases es de 220 voltios de corriente alterna, y están capacitados para suplir una red eléctrica convencional 110% del Voltaje nominal de la fase, por tanto, se descarta sobrecalentamiento de conductores o daños en los aislamientos.

**4.1.4. Energía.** La energía demandada en el diseño a plena carga de los seis diseños de unidades móviles fue en promedio de 6,57KWh para un rango de 3,58 a máximo 11,77 KWh por un periodo estimado de 12 horas diarias.

Realizando el análisis detallado para la unidad móvil de dormitorio company presentada anteriormente, se obtuvo un consumo de la unidad móvil de 43,09 KW, que da una demanda de 3,59 KWh para doce horas de funcionamiento, que con un factor de diversidad del 97,47% se concluye que la energía demandada en la móvil de dormitorio company será de 3,5 KWh.

En la Tabla No 9 se muestra el comportamiento de Potencia para la unidad móvil o tráiler de Oficinas así:

Tabla 10.

*Comportamiento de Potencia para la unidad móvil o tráiler de Oficinas*

<b>Campamento:</b> <i>Intervencion de pozos</i>	<b>Consumo Kw:</b>	<b>43,09</b>
<b>Tipo Trailer:</b> <i>Dormitorio Company</i>	<b>Consumo Amp:</b>	<b>21,14</b>

Se diseña la solución para un consumo máximo de 5,41 Kw por hora y promedio de 3.5 Kw. por hora.

#### 4.2 Dimensionamiento de Sistema Fotovoltaico Híbrido para la Unidad Móvil Fast-Move

Teniendo en cuenta el dimensionamiento de las diferentes cargas involucradas en la unidad móvil de oficina se realiza se procede a dimensionar el sistema fotovoltaico y cada uno de los equipos que este integra.

**4.2.1 Diseño Preliminar.** El sistema fotovoltaico de la unidad móvil de Dormitorio Company estará conformado por los siguientes dispositivos relevantes:

Tabla 11.

*Sistema Solar*

Descripción	Cantidad
Paneles Solares de 370 Watts	24 unidades
Inversor 5 KW	2 unidades

Baterías	32 unidades GEL 12 V 200 Ah
Alternador	1 unidad

Tabla 12.

*Sistema AC Convencional*

Descripción	Cantidad	Unidad
Voltaje de Recarga	110	AC
Voltaje de Operación	220	AC
Amperios	60	A
Potencia con fuente	110 AC 6600	WH
Potencia con fuente	220 AC 13200	WH
Horas carga de Baterías	100% por fuente 110 AC	3 horas
Horas carga de Baterías	100% por fuente 220 AC	1.5 horas

Tabla 13.

*Sistema Alternador*

Descripción	Cantidad	Unidad
Voltaje	24	VDC
Amperios	110	A
Potencia	2640	WH
Horas de carga de Baterías	100% por alternador	7.2 horas

**4.3 Banco de Baterías**

**4.3.1 Dimensionamiento con Baterías GEL 12 V.** Se determina que las unidades máximas a instalar son 32 baterías de 200 AH, selladas, secas, libres de mantenimiento, obteniendo 36Kw de energía máxima almacenada con un draw-down de 50%, se obtiene como energía útil 18 Kw.

Tabla 14.

*Dimensionamiento Banco de Baterías AGM o GEL*

Descripción	Unidad	Cantidad
Número de Baterías	32	Unid
Número de arreglos	3	Arreglos
AH Baterías	200	AH/CU
Voltaje de operación	48	V
Consumo Promedio	3500	WH
Energía Disponible	18000	WH/día
Horas de Autonomía	5	Horas

**4.3.2 Presupuesto.** A continuación, se presenta el presupuesto de inversión para el sistema anteriormente dimensionado y analizado, utilizando baterías GEL:

Tabla 15.

*Presupuesto de Inversión*

ITEM	DESCRIPCION	UND	CAN	VR. UNITARIO	IVA	VR. PARCIAL	VALOR TOTAL
<b>1.</b>	<b>SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>						
1.1.	Suministro de Paneles Solares 370 W, monocristalino de 72 celdas, Garantía producción 30 años, garantía de fabricación 20 años.	UND	24	\$ 580.000		\$ 580.000	\$ 13.920.000
1.2.	Instalación de Paneles Solares 370 W, monocristalino de 72 celdas, Garantía producción 30 años, garantía de fabricación 20 años.	UND	24	\$ 70.000	\$ 13.300	\$ 83.300	\$ 1.999.200
1.3.	Suministro e instalación de estructura metálica. Incluye riel en aluminio, L foot, Mid Claim y productos para fijación	KW	12	\$ 300.000	\$ 57.000	\$ 357.000	\$ 4.284.000
1.4	Suministro de Banco de Baterías Gel 12V -200 Ah	UND	32	\$ 1.500.000	\$ 285.000	\$ 1.785.000	\$ 57.120.000
<b>2</b>	<b>SISTEMA ELECTRICO</b>						
2.1.	Suministro e instalación de Inversor 230 VAC 5 KW	UND	2	\$ 5.000.000		\$ 5.000.000	\$ 10.000.000
2.2.	Suministro e instalación de transformador de aislamiento puro 230/120 VAC de 100 KW	UND	1	\$ 4.000.000	\$ 760.000	\$ 4.760.000	\$ 4.760.000
2.3.	Suministro e instalación de cableado eléctrico según diseño y cumplimiento REJTIE, conectores MC4 y accesorios No incluye tablero y rededs electricas internas de cada trailer	GLB	1	\$ 2.000.000	\$ 380.000	\$ 2.380.000	\$ 2.380.000
<b>TOTAL COSTO DEL PROYECTO CON IVA INCLUIDO</b>							<b>\$ 94.463.200</b>

El Valor Total de la inversión para propuesta técnica presentada es de Noventa y Cuatro Millones Cuatrocientos Sesenta y Seis Mil Doscientos (\$ 94.463.200) Pesos, incluido el IVA.

Garantías: Las garantías de los equipos y suministros se discriminan así:

- Paneles Solares: Cinco (5) años, ofrecida por el fabricante y administrada por Ecoenergy Latín América.
- Inversor de Potencia: Dos (2) años, ofrecida por el fabricante y administrada por Ecoenergy Latín América.
- Baterías: Dos (2) años o 1500 ciclo
- Trabajos y Materiales Eléctricos: Doce (12) meses, sobre defectos de materiales y sobre los trabajos

#### **4.4 Evaluación Económica y Financiera**

Los modelos utilizados para la Evaluación del Proyecto son el FLUJO DE CAJA DE AHORRO DEL PROYECTO y el FLUJO DISPONIBLE PARA EL INVERSIONISTA, el primero es un modelo sencillo de inversión y ahorros el cual traído a valor presente a la tasa del WACC, permite conocer el valor del proyecto en Valor Presente Neto VPN y el mismo flujo de inversión y ahorros permite calcular la Tasa Interna de Retorno TIR del Proyecto

Periodo de proyección: El periodo de proyección es de 25 meses de operación y funcionamiento

Escenario macroeconómico: Para el Escenario Base se utilizó el escenario macroeconómico que se presenta en la Tabla 15:

Tabla 16.

*Supuestos Macroeconómicos.*

SUPUESTOS MACROECONÓMICOS												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
x Supuestos Macroeconómicos	2017	2018	2019p	2020p	2021p	2022p	2023p	2024p	2025p	2026p	2027p	2028p
Crecimiento PIB	1,8%	2,7%	2,9%	3,4%	3,1%	3,5%	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%
Inflación Local	4,09%	3,18%	3,50%	3,20%	3,25%	3,09%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Multiplicador inflacionario		1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
Inflación Externa	2,4%	2,2%	2,3%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%
Multiplicador inflacionario internacional		1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3
Tasa de Cambio COP/USD (fdp)	\$2.984	\$3.212	\$3.170	\$3.240	\$3.350	\$3.210	\$3.020	\$3.038	\$3.055	\$3.073	\$3.091	\$3.110
Tasa de Cambio COP/USD (promedio)	\$2.951	\$2.956	\$3.190	\$3.210	\$3.310	\$3.270	\$3.100	\$3.029	\$3.047	\$3.064	\$3.082	\$3.100
Devaluación (fdp)	-0,6%	7,6%	-1,3%	0,8%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Devaluación (promedio)	-3,3%	0,2%	7,9%	1,9%	3,1%	-1,2%	-5,2%	-2,3%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
DTF Fin de Año (E.A.) (%)	5,28%	5,54%	4,25%	5,06%	5,38%	5,06%	4,96%	4,96%	4,96%	4,96%	4,96%	4,96%
Tasa de Referencia BanRep (%anual, fin de año)	4,75%	4,25%	4,25%	4,75%	5,00%	4,50%	4,50%	4,96%	4,96%	4,96%	4,96%	4,96%
Tasa Imponenta (%)	34,0%	33,0%	33,0%	32,0%	31,0%	31,0%	31,0%	31,0%	31,0%	31,0%	31,0%	31,0%
Tasa CREE (%)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Sobretasa CREE (%)	6,0%	4,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Renta Presuntiva (%)			1,5%	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gravamen movimientos financieros (%)	0,4%	0,4%	0,3%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fuente: Proyecciones Económicas de Mediano Plazo : Grupo Bancolombia, DANE, BanRep abril 2019. Actualizada a julio de 2019

Inflación Externa: U.S. Bureau of Labor Statistics; The Puget Sound Economic Forecaster, prepared by Conway Pedersen Economics, Inc. Enero 2019

**4.4.1 Evaluación Financiera.** El siguiente es el costo de la operación de seis (6) meses de la unidad móvil de dormitorio company trabajando con una planta de ACPM

Tabla 17.

*Costos de la Unidad Móvil por ACPM***COSTO MENSUAL DE COMBUSTIBLE PARA CONTAINER CON PLANTA DE ACPM**

Móvil	Mes	Horas de Operación	Galones	\$ Valor *Galón	Total
Dormitorio Company	Enero	645	574	\$ 10.740	\$ 6.160.464
Dormitorio Company	Febrero	600	539	\$ 10.740	\$ 5.793.800
Dormitorio Company	Marzo	657	599	\$ 10.740	\$ 6.437.771
Dormitorio Company	Abril	621	553	\$ 10.740	\$ 5.937.072
Dormitorio Company	Mayo	608	534	\$ 10.740	\$ 5.735.590
Dormitorio Company	Junio	612	548	\$ 10.740	\$ 5.887.722
	<b>Total</b>	<b>3.743</b>	<b>3.348</b>	<b>\$ 64.440</b>	<b>\$ 35.952.419</b>
	<b>Promedios</b>	<b>624</b>	<b>558</b>	<b>\$ 10.740</b>	<b>\$ 5.992.070</b>

Fuente: Registros de la empresa

El precio del ACPM es de \$8.950 pesos por galón, pero en Bucaramanga, en sitio se establece un sobrecosto del 20% para quedar en \$10.740 / galón que incluye el costo de transporte y almacenamiento.

El costo estimado de energía solar a precios de mercado sería el siguiente para ese mismo tipo de contenedor según la Tabla 17.

Tabla 18.

*Costo Mensual de Utilizar Energía Solar*

**COSTO MENSUAL DE UTILIZAR ENERGIA SOLAR**

Móvil	Mes	Horas de Operación	KWh	\$ Valor *KWh	Total
Dormitorio Company	Enero	645	1.476	1.312 \$	1.936.496
Dormitorio Company	Febrero	600	1.464	1.312 \$	1.920.752
Dormitorio Company	Marzo	657	1.510	1.312 \$	1.981.103
Dormitorio Company	Abril	621	1.427	1.312 \$	1.871.946
Dormitorio Company	Mayo	608	1.397	1.312 \$	1.832.192
Dormitorio Company	Junio	612	1.409	1.312 \$	1.848.330
	<b>Total</b>	<b>3.743</b>	<b>8.682</b>	<b>7.872 \$</b>	<b>11.390.819</b>
	<b>Promedios</b>	<b>624</b>	<b>1.447</b>	<b>1.312 \$</b>	<b>1.898.470</b>

El valor por KWh se estima de acuerdo con la depreciación de la inversión inicial, más los costos normales de mantenimiento y limpieza de los paneles solares y del mantenimiento preventivo de la otra infraestructura requerida.

Tabla 19.

## Flujos de Caja de la Unidad Móvil de Dormitorio Company con acpm y con Energía Solar

Modelo Financiero para la evaluación del proyectoProyecto :

*Estudio Económico y Financiero para la propuesta de  
Sustituir el Costo de Diesel por utilización de un sistema  
Fotovoltaico para las unidades móviles*

	2019	1	2	3	4	5
<b>EVALUACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>
x <b>FLUJO DE CAJA DEL USO DE DIESEL</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	
Costo del combustible	\$ 5.992.070	\$ 5.992.070	\$ 5.992.070	\$ 5.992.070	\$ 5.992.070	\$ 5.992.070
Costo de arriendo de la Planta Generadora \$ 100.000 \$ / día	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Costo de arriendo de la Planta Generadora Stand By \$ 50.000 \$ / día	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
<b>Costo mensual neto</b>	<b>\$ 10.492.070</b>	<b>\$ 10.492.070</b>	<b>\$ 10.492.070</b>	<b>\$ 10.492.070</b>	<b>\$ 10.492.070</b>	<b>\$ 10.492.070</b>
<b>Costo neto acumulado</b>	<b>\$ 10.492.070</b>	<b>\$ 20.984.140</b>	<b>\$ 31.476.209</b>	<b>\$ 41.968.279</b>	<b>\$ 52.460.349</b>	

**INVERSION TOTAL**Proyecto :

*Estudio Económico y Financiero para la propuesta de  
Sustituir el Costo de Diesel por utilización de un sistema  
Fotovoltaico para las unidades móviles*

	2019	1	2	3	4	5
<b>EVALUACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>
x <b>FLUJO DE CAJA DEL USO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	
Costo mensual neto	\$ 1.898.470	\$ 1.898.470	\$ 1.898.470	\$ 1.898.470	\$ 1.898.470	\$ 1.898.470
Reposición de Baterías						
<b>Total costo mensual</b>	<b>\$ 1.898.470</b>	<b>\$ 1.898.470</b>	<b>\$ 1.898.470</b>	<b>\$ 1.898.470</b>	<b>\$ 1.898.470</b>	<b>\$ 1.898.470</b>
<b>Costo neto acumulado</b>	<b>\$ 1.898.470</b>	<b>\$ 3.796.940</b>	<b>\$ 5.695.409</b>	<b>\$ 7.593.879</b>	<b>\$ 9.492.349</b>	

**INVERSION TOTAL** \$ (94.463.200)

	2019	2020	2020	2020	2020	2020
<b>EVALUACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>
x <b>EVALUACION FINANCIERA</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	
Utilidad Operacional						
Ahorro de Operación	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600
MENOS CAPEX mantenimiento 3,00%	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)
<b>FLUJO DE CAJA LIBRE OPERATIVO</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>

**INVERSION TOTAL** \$ (94.463.200)

Tabla 20.

*Resumen Evaluación Financiera del Proyecto.*

EVALUACIÓN DEL PROYECTO	2019	1	2	3	4	5
		2020	2020	2020	2020	2020
x EVALUACION FINANCIERA		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
Utilidad Operacional						
Ahorro de Operación		\$ 8.593.600	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600
MENOS CAPEX mantenimiento 3,00%		\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)
<b>FLUJO DE CAJA LIBRE OPERATIVO</b>		<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>
<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>\$ (94.463.200)</b>					
<b>FLUJO DE CAJA LIBRE OPERATIVO - PROYECTO</b>	<b>\$ (94.463.200)</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>
VALOR PRESENTE NETO	1,20% VPN	\$ 32.905.698				
INDICE DE RENTABILIDAD	IR	34,83%				
<b>EVALUACION DEL PROYECTO PLAZO</b>	<b>TASA DE DESC</b>	<b>TIR mensual</b>				
<b>TIR DEL PROYECTO</b>	<b>25 meses</b>	<b>1,20%</b>	<b>3,77%</b>			

El capex de mantenimiento corresponde al fondo de inversión que cubre el mantenimiento correctivo y la reposición de la inversión al final del periodo de vida útil, es decir son los recursos ahorrados y requeridos para volver a realizar nuevamente la inversión.

El resumen de la evaluación financiera del Proyecto es el siguiente VPN de \$32.905.698 de pesos, IR de 34.83% y TIR del 3.77% mensual, calculado a 25 meses sin valor de salvamento. Con tasa de descuento del 1,2 % mensual.

Tasa de Descuento: La tasa de descuento que se utiliza para traer el flujo de caja libre de los ahorros del Proyecto a Valor Presente Neto VPN, es del 1,2 % efectiva mensual.

Valor Residual: Para este proyecto se ha considerado que el valor residual es cero pesos al final de los 25 meses de proyección.

Índice de Rentabilidad IR: El índice de rentabilidad medido como el Valor Presente Neto sobre el valor de la Inversión Inicial es del 34,83%.

Valor Presente Neto VPN: El Valor Presente Neto VPN del Proyecto es de \$32.905.698 pesos para el plazo de 25 meses y el TIR del Proyecto es de 3,77% en términos efectivos mensuales.

Si se asume una financiación del proyecto por el valor equivalente del 50% de la inversión con un crédito subsidiado a 24 meses y con tasa de compensación o especial de Findeter para esta línea de inversión del 1% mensual.

Tabla 21.

*Evaluación Financiera para el Inversionista*

## x EVALUACION DEL INVERSIONISTA

X SERVICIO DE LA DEUDA PARA EL PROYECTO	2019	1	2	3	4	5
		2020	2020	2020	2020	2020
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
FLUJO DE CAJA LIBRE OPERATIVO - PROYECTO	\$ -	\$ (94.463.200)	\$ 5.759.704	\$ 5.759.704	\$ 5.759.704	\$ 5.759.704
DESEMBOLSO	\$ 47.231.600					
SALDO DE LA DEUDA		\$ 45.263.617	\$ 43.295.633	\$ 41.327.650	\$ 39.359.667	\$ 37.391.683
PAGOS DE CAPITAL		\$ 1.967.983	\$ 1.967.983	\$ 1.967.983	\$ 1.967.983	\$ 1.967.983
PAGOS DE INTERESES	24 1,00%	\$ 472.316	\$ 452.636	\$ 432.956	\$ 413.277	\$ 393.597
TOTAL SERVICIO DE LA DEUDA		\$ 2.440.299	\$ 2.420.620	\$ 2.400.940	\$ 2.381.260	\$ 2.361.580
FLUJO DE CAJA PARA EL INVERSIONISTA	\$ (47.231.600)	\$ 3.319.405	\$ 3.339.084	\$ 3.358.764	\$ 3.378.444	\$ 3.398.124
VALOR PRESENTE NETO	1,20% VPN	\$ 33.973.002				
INDICE DE RENTABILIDAD	IR	71,93%				
<b>EVALUACION DEL INVERSION PLAZO TASA DE DESC TIR mensual</b>						
TIR DEL INVERSIONISTA	25 meses	1,20%				5,89%

El resumen de la evaluación financiera del Inversionista es el siguiente VPN de \$33.973.002 pesos, IR de 71,93% y TIR del 5,89% mensual, calculado a 25 meses sin valor de salvamento. Con tasa de descuento del 1,2 % mensual.

Periodo de Recuperación de la Inversión: El periodo de recuperación de la inversión es un método contable para evaluar el proyecto considerando el número de periodos en los cuales se recupera la inversión sin considerar el valor del dinero en el tiempo.

Desde el punto de vista contable, sin considerar el valor del dinero en el tiempo, el Proyecto recupera su inversión en 16 meses y 25 días.

Tabla 22.

*Evaluación Contable para el Proyecto*

		1	2	3	4	5
	2019	2020	2020	2020	2020	2020
x EVALUACION CONTABLE		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
Utilidad Operacional						
Ahorro de Operación		\$ 8.593.600	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600	\$ 8.593.600
MENOS CAPEX mantenimiento	3,00%	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)	\$ (2.833.896)
<b>FLUJO DE CAJA LIBRE OPERATIVO</b>		<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>
<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>\$ (94.463.200)</b>					
<b>FLUJO DE CAJA LIBRE OPERATIVO - PROYECTO</b>	<b>\$ (94.463.200)</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 5.759.704</b>
<b>FLUJO DE CAJA LIBRE OPERATIVO - ACUMULADO</b>		<b>\$ 5.759.704</b>	<b>\$ 11.519.408</b>	<b>\$ 17.279.112</b>	<b>\$ 23.038.816</b>	<b>\$ 28.798.520</b>
<b>PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSION</b>						
<b>PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSION</b>		<b>16 meses</b>	<b>25,36 días</b>			

En el Apéndice D, se presenta el archivo en Excel con los supuestos macroeconómicos, los consumos de unidades móviles, Presupuesto y Evaluación.

## 5. Conclusiones

El Proyecto propuesto de unidades móviles con energía solar, mediante el diseño, la construcción, el montaje de un sistema fotovoltaico autónomo y las mejoras de las instalaciones, es viable desde el punto de vista del mercado, técnico y de los resultados económicos y financieros.

El mecanismo propuesto para darle viabilidad a esta idea es poder conseguir los paneles solares de buena calidad y poder financiar el proyecto.

La inversión unitaria en el Proyecto es de \$94.463.200 de pesos, que corresponde al diseño, construcción y montaje del sistema fotovoltaico autónomo para la unidad móvil de dormitorio company.

El costo del capital propio del negocio está estimado en 1,2% mensual efectivo antes de impuestos, que se utiliza como tasa real de descuento para el modelo financiero y es el TIR del proyecto es mayor para plazos por encima de 25 meses.

El TIR del Proyecto es de 3,77% en términos efectivos mensuales y el TIR del inversionista es del 5,89% efectivo mensual.

El Proyecto contablemente obtiene una recuperación en 16 meses y 25 días.

Se evidencia una dificultad de utilizar paneles solares en los equipos Fast Move compacto (Planta de Tratamiento de agua) por presentar el consumo energético más elevado debido al requerimiento de bombas dosificadoras y aireadores en el sistema. Para los demás diseños de los diferentes tipos de unidades móviles el sistema de energización con paneles solares también es

viable, siempre y cuando se tenga en cuenta el consumo interno de la unidad y se maneje un uso racional de la energía en las diferentes unidades.

El área disponible ocasiona una restricción para la ubicación de los paneles solares, para ello, se dispone de los techos de las unidades, por adaptarse muy bien, además es un lugar firme y seguro para buscar la orientación del sol.

Los horarios de uso de las unidades móviles tienen bastante incidencia en la configuración y el diseño del sistema fotovoltaico. Dependiendo si el consumo energético se realiza en el día, no es necesario contar con un mayor número de baterías para respaldar el sistema. Caso contrario del tipo de unidades que se utilizan mayormente en las horas nocturnas, ya que para su funcionamiento se requiere el suministro de energía a través de baterías.

## 6. Recomendaciones

Se recomienda continuar con el proceso de cambiar el uso de plantas con ACPM por la energía solar para las unidades móviles, para que se pueda contar en el corto plazo con una solución más amigable con el medio ambiente y dándole un mejor uso a los activos productivos de la compañía aumentando su rentabilidad al mejorar sus costos.

En las actividades diarias de mantenimiento a pozos como lo son intervenciones de pozo o workover, donde la presencia de personal se presenta mayoritariamente durante la jornada diurna, se puede hacer una implementación de los equipos energizados con paneles solares ya que la energía puede suministrarse directamente de los paneles solares y no hay que contar con un volumen elevado de baterías para la acumulación de energía. Sin embargo, es necesario tener en cuenta el consumo de cada una de las unidades en particular, ya que cada unidad tiene un consumo específico dependiendo de su distribución interna.

Para equipos de alto consumo energético, se requiere de implementar unos suplementos adicionales para ubicar paneles solares adicionales al área de superficie del techo. Este tipo de implementación puede optimizar los consumos de combustible en los campamentos. Esto debido a que hay unidades que requieren de un consumo energético más elevado y la cantidad de paneles que se pueden ubicar en el techo de las unidades no sería suficiente para suplir esa demanda.

Para actividades complementarias en campos petroleros como lo son el wireline, o cold tubing el requerimiento de equipos es relativamente bajo. Normalmente se necesita una unidad tipo

oficina, para hacer los análisis y lectura de resultados, y una unidad tipo doble habitación para los profesionales que hacen los turnos. Estos equipos se pueden energizar con paneles solares ya que la mayor actividad se concentra durante el día. Sin embargo, se recomienda seguir teniendo un generador eléctrico diésel en la locación por si hay alguna contingencia por efectos externos a la operación normal.

También se recomienda estar a la vanguardia en información de nuevas tecnologías y diseños de paneles solares. En los últimos años la optimización y mejoramiento en la producción de paneles solares ha permitido que un solo panel solar pase de generar 240 W a producir 370 W. De igual forma el mejoramiento en el diseño y la tecnología para la creación de baterías permitirá que a futuro se pueda almacenar una mayor cantidad de energía en un menor número de baterías, haciendo el diseño más compacto y eficiente.

### Referencias Bibliográficas

- Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ACCEFYN 2003. Recuperado de <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/1285/18/17%20Factores%20de%20emision%20de%20combustibles.pdf>
- Arencibia-Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 17 (9), 1-4.
- Bastida Molina, P., Saiz Jiménez, J.A., Molina Palomares, M.P. y Álvarez Valenzuela, B. (2017). Instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo para pequeñas instalaciones. Aplicación a una nave industrial. *3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 6(1). 1-14. DOI:
- Berrío-Monsalve, Marco Alejandro; Botero-Botero, Sergio; Arango-Arango, Mónica. Análisis de los Indicadores de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para Valorar Proyectos de Energía Renovable en Sistemas Eléctricos, Caso de Colombia. *Lámpsakos*, [S.l.], n. 13, p. 24 - 38, jan. 2015. ISSN 2145-4086. Disponible en: <<https://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/1496>>. Fecha de acceso: 28 oct. 2019 doi:<https://doi.org/10.21501/21454086.1496>.
- Casas-García, Oscar; Betancur-Vargas, Carlos Mauricio; Montaña-Erazo, Juan Sebastián. Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. En: *Entramado*. enero - junio, 2015 vol. 11, no. 1, p. 264-286, <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21106> E
- Castillo, Y., & Castrillón Gutiérrez, M., & Vanegas-Chamorro, M., & Valencia, G., & Villicaña, E. (2015). Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el sector eléctrico colombiano. *PROSPECTIVA*, 13 (1), 39-51.
- CEMAER. (s.f.). Obtenido de [http://www.gstriatum.com/energiasolar/articulosenergia/16\\_funciona\\_paneles.html](http://www.gstriatum.com/energiasolar/articulosenergia/16_funciona_paneles.html)

Estrada Gasca, C., & Arancibia Bulnes, C. Las Energías renovables: La Energía Solar y sus implicaciones. Revista Digital Universitaria, 2010, 1-27

Expansión/DatosMacro.com (2017) Colombia Emisiones de CO2. Recuperado de <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/colombia>

F. Eraso Checa and O. Erazo de la Cruz, “Potencial Natural para el Desarrollo Fotovoltaico en Colombia,” U mariana, p. 52–59, (s.f).

Gómez Ramírez, J., Murcia Murcia, J., y Cabeza Rojas, I. (2017). La Energía Solar Fotovoltaica en Colombia: Potenciales, Antecedentes y Perspectivas. Universidad Santo Tomás, Bogotá,

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2016. Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.

Leyes: Congreso de la república, Ley 697 de 2001; ley 1715 de 2014 y Ley 1955 de 2019

Ministerio del Medio Ambiente (2016) Por primera vez Colombia conoce los Gases Efecto Invernadero que produce cada departamento. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/servicios-de-atencion-al-ciudadano/notificacion-y-edictos>

Pereira, M. (2015). Las energías renovables: ¿Es posible hablar de un derecho energético ambiental? Elementos para una discusión. Jurídicas CUC, 11(1), 233-254

Salgado Garciglia, Rafael s.f Paneles Solares: Generadores de Energía Eléctrica. Saber Más. Revista de Divulgación, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Recuperado de <https://sabermais.umich.mx/archivo/tecnologia/133-numero-1755/268-paneles-solares-generadores-de-energia-electrica.html>

Santillán Tituaña, Alberto (2016) Estudio de la Incorporación de baterías en sistemas fotovoltaicos. Universitat de Barcelona. 2015-2016. Recuperado de [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/101966/1/TFM\\_MERSE\\_Alberto%20Santill%C3%A1n.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/101966/1/TFM_MERSE_Alberto%20Santill%C3%A1n.pdf)

Sentencia: Corte Constitucional Sentencia C-339/02

Tejeiro Gutiérrez, Guillermo. Normatividad sobre cambio climático en Colombia: Diagnóstico y Futuro. Memorias del evento "CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA: REALIDADES Y PERSPECTIVAS" realizado el 6 de junio de 2009, día mundial del medio ambiente. Recuperado el día 11/11/2019 en el sitio web: <http://www.derechoambientalcolombiano.com/contentDetail.php?id=24>