

**Análisis de Energía Alternativa Adecuada para la Empresa Gases de Antioquia ubicada en
Bello Antioquia**

Juan Alberto Caicedo Henao

Iván Darío Franco Álvarez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia,
Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios (ECACEN),
Especialización en Gestión de Proyectos

Tutor

Amalio Otero

Medellín, 2021

Trabajo de investigación como requisito para optar al título de
Especialista en Gestión de Proyectos

Nota de Aceptación

Jurado

Tabla De Contenido

Introducción	6
Planteamiento del Problema	7
Descripción del Problema	7
Formulación del Problema	8
Objetivos.....	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos	9
justificación.....	10
Marco Referencial.....	11
Estado del Arte, Situación Actual en Colombia.....	11
Marco Teórico	17
Fuentes renovables de energía.....	17
Fuentes de energía renovables no convencionales	18
Tipos de fuentes de energías renovables no convencionales.....	19
Energía fotovoltaica.....	19
Radiación solar	19
Componentes de la radiación solar	20
Espectro electromagnético.....	21
Paneles fotovoltaicos	23
Regulador de carga	27
Inversor	28
Baterías	29
Energía eólica	30
Marco Conceptual	32
Marco Geográfico	34
Marco metodológico	36
Análisis de Resultados	37
Necesidades de consumo que tiene la empresa gases de Antioquia.	37
Estimación o aproximación del consumo eléctrico y la viabilidad de la instalación de autoconsumo fotovoltaico en la empresa gases de Antioquia	38
Sistemas de Generación basados en Energías Renovables no Convencionales.....	40
Energía eólica	40

Energía de biomasa.....	42
Energía solar térmica	43
Energía fotovoltaica.....	44
Sistema de energía renovable escogida y casos de éxito.....	48
Algunos ejemplos de las industrias líderes en el uso energía solar	49
Conclusiones	54
Recomendaciones	56
Referencias.....	57

Lista de figuras

Figura 1	14
Figura 2	15
Figura 3	16
Figura 4	18
Figura 5	20
Figura 6	21
Figura 7	22
Figura 8	23
Figura 9	25
Figura 10	26
Figura 11	27
Figura 12	28
Figura 13	29
Figura 14	30
Figura 15	31
Figura 16	35
Figura 17	36
Figura 18	42
Figura 19	43
Figura 20	46
Figura 21	46
Figura 22	53

Introducción

Las energías alternativas han surgido en la búsqueda de optimizar recursos, y este paradigma se encuentra en diferentes instituciones como entidades de sectores primario, secundario y terciario. Se han establecido diferentes tipos de energías alternativas a través de diferentes fuentes y métodos de producción. La inserción de las energías alternativas en las organizaciones ha significado grandes beneficios a nivel económico, financiero y de impacto ambiental.

Las empresas que trabajan con recursos naturales pueden significar un gran impacto al medio ambiente cuando desarrollan sus procesos de producción, como es el caso de la empresa objeto de este estudio, se identifica la necesidad de implementar el uso de energía alternativa que ayude al compromiso de la empresa por el medio ambiente y las comunidades que se circunscriben en la empresa. El presente trabajo monográfico consta del ejercicio de analizar las diferentes energías alternativas escogiendo la mejor opción para la empresa y presentando casos de éxitos para mostrar su potencial.

Este trabajo consta de tres etapas que se fundamentan en determinar las necesidades de la empresa frente al consumo energético. La identificación de sistemas de generación de energía alterna basada en energías renovables y finalmente, se establece una opción de sistema de energía alternativa con sus respectivos casos de éxito.

Planteamiento del Problema

Descripción del Problema

En la empresa Gases de Antioquia, dedicada a la distribución de gas propano, en su sede en el municipio de Bello Antioquia, se encuentra una de sus principales plantas de envasado de GLP desde donde se atiende la demanda de Antioquia y algunos departamentos vecinos. Esta planta, consume gran cantidad de energía eléctrica que, en su totalidad, es suministrada por la red de distribución de energía local; Siendo este recurso energético, uno de los factores que, en el proceso de envasado, más aumenta los costos de producción, característica que se debe controlar si queremos seguir brindando a nuestros clientes, un producto de la mejor calidad y al mejor precio. Por esta razón, la empresa, se ha visto en la necesidad de buscar alternativas viables en el suministro de energía eléctrica, que ayuden a disminuir los costos en este ítem; siempre y cuando, la calidad y disponibilidad del servicio no se vean afectadas, así como el cuidado por el medio ambiente sea un valor agregado.

Cuando se hacen estudios de viabilidad para usar energías alternativas para abastecer de electricidad a regiones apartadas o zonas rurales como veredas y corregimientos que básicamente se utilizaran a nivel residencial y alumbrado público, el resultado es siempre positivo, ya que de no haber ningún tipo de infraestructura y de no tener el servicio de energía eléctrica convencional el implementar estas nuevas tecnologías a comunidades apartadas da como resultado que son proyectos viables, en lo económico, técnico, social, ambiental etc.

Pero otra cosa es hacer esta mismo observación en el sector industrial, en una empresa ya constituida, la cual obtiene la prestación del servicio de energía eléctrica por un operador local que tiene la capacidad y la infraestructura para suplir la demanda de energía eléctrica a una

empresa, que cuenta con maquinaria y equipos especiales que demandan altos consumos de energía sostenida en el tiempo, con seguridad flexibilidad y confiabilidad, Se debe tener en cuenta que en la planta existen diferentes tipos de cargas como por ejemplo, iluminación, equipos informáticos, motores, equipos electrónicos, maquinaria industrial etc., la idea es observar la aplicabilidad de un sistema de energía alternativa en estos tipos de cargas industriales.

Formulación del Problema

¿Cuál sería el sistema de energía alternativa adecuado para la empresa gases de Antioquia ubicada en bello Antioquia?

Objetivos

Objetivo General

Analizar el sistema de energía alternativa más adecuada para la empresa Gases de Antioquia ubicada en Bello Antioquia.

Objetivos Específicos

- Determinar las necesidades de consumo que tiene la empresa gases de Antioquia.
- Identificar los sistemas de generación basados en energías renovables no convencionales para empresas.
- Establecer una opción de sistema de energía alternativa con sus respectivos casos de éxito, que satisfaga las necesidades de la empresa.

justificación

La energía eléctrica, es un servicio esencial para desarrollar procesos productivos industriales, a su vez, es un componente que aumenta significativamente los costos de producción; razón por la cual la implementación de un sistema energético alternativo permitirá a la empresa obtener beneficios económicos, puede ser implementado en la totalidad o parcialmente en el proceso.

Se harán revisiones de casos exitosos en pequeñas y medianas empresas y dependiendo de los resultados obtenidos, nos pueden servir como punto de partida y referencia para el análisis para plantear decisiones.

Con esto se pretende que la empresa sea autosuficiente, autónoma y que minimice los costos de producción por el pago del servicio eléctrico, así como la disminución de los posibles factores de riesgos externos asociados al servicio que presta la empresa de energía logrando también mayor confiabilidad, seguridad y flexibilidad en el proceso de producción interno.

Además de los beneficios económicos que se puedan obtener, un sistema de energía alternativo ayuda a mejorar la continuidad de algunos procesos críticos que se tienen; que, en ausencia del servicio de energía eléctrica convencional, se podrían ver afectados, poniendo en riesgo, las metas de producción, daños de materiales, seguridad operacional etc.,

La implementación de un sistema de energía alterna propenderá por el logro de los objetivos de la empresa Gases de Antioquia; a niveles económicos, de producción y de buena imagen, además que se contribuye con un medio ambiente más limpio.

Marco Referencial

Estado del Arte, Situación Actual en Colombia

Colombia es un país privilegiado con ventajas que tienen que ver con lo estratégico en el mercado, sectores como el energético, la biodiversidad y otros recursos naturales generan el potencial de riqueza, ya que son explotados y aprovechados en un contexto de alta calidad en cada región.

No obstante, el documento “Comunicación sobre el Cambio Climático II” (BARBA et al., 2009) pone en evidencia el nivel bajo de participación del país en las fuentes de energía no convencionales a nivel nacional, justificado a través de las siguientes ideas:

- Inexistencia de la competitividad en zona sin interconectividad por la falta de recursos para la inversión inicial que se torna alta.

- el índice de indisponibilidad es alto en la energía solar o eólica, por su calidad de imprescindibles y poco confiables.

Lo anterior hace que el mayor problema para la implementación de este tipo de tecnologías sea la consecución de recursos económicos, por los altos costos y la baja eficiencia de este tipo de tecnologías frente a las tecnologías convencionales como la energía hidráulica.

En consecuencia, se identifican tres aspectos importantes que el gobierno colombiano debe tener en cuenta para impulsar nuevas tecnologías de energía renovables (Rodríguez, 2008).

- a. la transformación de la matriz energética nacional,
- b. las graves dificultades ambientales originadas por el uso de combustibles fósiles
- c. la necesidad de llegar a las zonas aisladas del país.

También se evidencian tres elementos fundamentales que deben existir en la obtención de los recursos energéticos renovables:

1. Política: apunta al establecimiento de las necesidades y las posibles soluciones a través de la normalización que controle los recursos necesarios y estímulos a nivel fiscales.
2. Desarrollo de competencias: Posibilidad de sinergia entre la comunidad académica, las entidades públicas y privadas, y adicional las autoridades para el establecimiento de políticas que regulen lo energético en el país.
3. Desarrollo de proyectos: Identificación de necesidades y diseño de soluciones a través de proyectos de inversión, planes para el monitoreo y evaluación de resultados, garantizando la consecución de resultados.

Según (Sistema de Información Eléctrico Colombiano, 2015), más del 65% de la energía eléctrica que se consume proviene del proceso del agua como insumo en las centrales hidroeléctricas, otra fuente es la generación a través de fósiles como el petróleo, gas y carbón.

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam, 2016) existen impactos negativos a raíz del cambio climático con aumentos en la temperatura del país sumando a esto, el aumento de la demanda del consumo de energía eléctrica. Ante estas nuevas tendencias el gobierno nacional ha reaccionado ordenando sinergias entre el Ministerio de Medio Ambiente y desarrollo sostenible y a los Ministerios sectoriales para desarrollar la identificación de las necesidades y problemas urgentes y prioritarios de tal forma que se puedan planificar soluciones que se ejecuten a corto, mediano y largo plazo.

Ante estas necesidades surge la ley 1715 del 13 de mayo de 2014 donde se establece la iniciativa de estimular la generación de energía eléctrica haciendo uso de recursos y técnicas alternas a las que hasta hoy se han usado. Lo que se busca con esta ley es:

- Disminuir la producción de gases efecto invernadero.
- Satisfacer la demanda creciente de energía eléctrica.

Dentro de los beneficios de esta ley se identifican los de carácter económico en el caso de los inversionistas o las entidades que pongan recursos a disposición de los procesos de investigación para identificación de nuevas fuentes de energía.

Otro beneficio es la exención del IVA a los proyectos u otras figuras que surjan en pro de la generación de energías renovables, disminuyendo el costo de estos en las primeras etapas de operación. Para el beneficio de la declaración de renta, las personas o empresas que desarrollen procesos en pro de las generaciones de energías renovables deben contar con el certificado de beneficio ambiental que se otorga por las entidades competentes.

También se tiene como beneficio de esta ley el incremento del periodo de la depreciación de los activos que se requieren para tal fin, lo que reduce de manera considerada la contabilidad de las organizaciones que invierten en este tipo de proyectos.

Ventajas y desventajas energías alternas en Colombia

La figura 1 muestra cómo la tecnología de generar energía eléctrica partir del agua cubre el 69% de la producción nacional y esto puede deberse a la diversidad hídrica que tiene el país al contar con ríos y mares. Es importante resaltar que por la misma presencia de ríos y mares Colombia puede contar con vientos, además en la extensión del territorio nacional se puede contar con mucho espacio para el aprovechamiento de la energía solar.

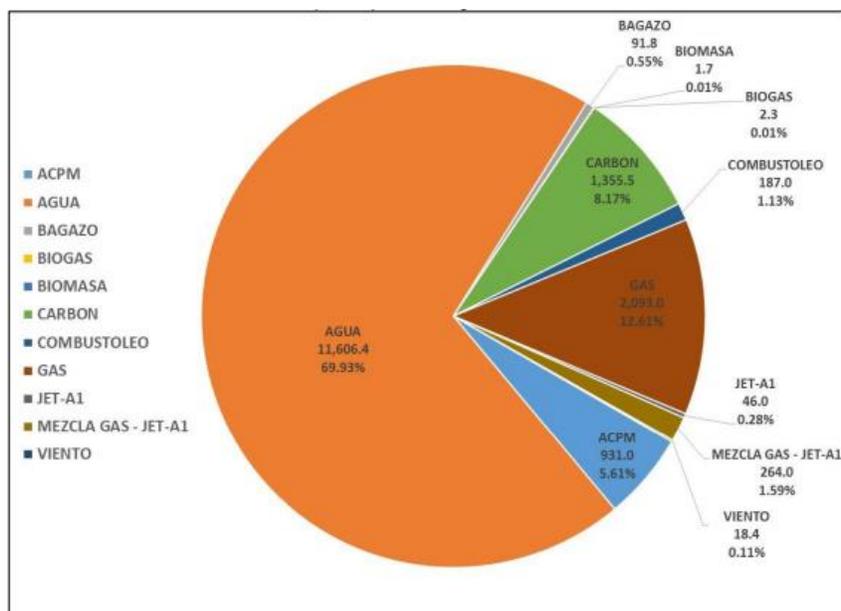


Figura 1

Participación por tecnología en la matriz eléctrica de Colombia. Fuente: informe Unidad de Planeación Minero-Energética sobre la integración de las energías renovables no convencionales en Colombia, 2015

Se debe anotar como posibles desventajas de este tipo de tecnologías alternas para generar electricidad, la incertidumbre en la disponibilidad del recurso, en algunas épocas del año, específicamente, en el caso de la energía solar, eólica e hidráulica, cuya producción y utilización está sujeta a cambios meteorológicos o limitado uso en horarios nocturnos. Aunque en la energía hidráulica se cuenta con la opción de poder almacenar la energía en forma de agua en los embalses para utilizar en las épocas de verano.

Otro aspecto, de acuerdo con estudios realizados por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME, 2015), otra desventaja son los altos costos causados por la transmisión de energía eléctrica, y los altos costos iniciales por la implementación con una baja tasa de retorno en tiempos muy extensos.

Nuevos proyectos de energías alternativas en Colombia

El Ministerio de Minas y Energía publicó los resultados de la primera subasta de energía con tecnologías alternativas (energías renovables) organizada por el Gobierno Nacional a través de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), que se encuentran adscrita a ese ministerio.

Se reconocen ocho nuevos proyectos aprobados por el Gobierno de Colombia, cinco son eólicos y tres solares, de los cuales se encargarán 7 empresas y 22 comercializadoras. En total, generarán 1.298 megavatios de capacidad instalada.



Figura 2

Proyectos registrados de energías alternativas. panorama energético de Colombia.

La figura 2 muestra los proyectos registrados y se puede evidenciar que la mayoría de los proyectos en fase 1 son de tipo hidráulico, en fase 2 la mayoría la tienen los términos y en fase 3

hidráulico, en las 3 fases se evidencian proyectos solares y en la fase 3 no se evidencian proyectos basados en biomasa.

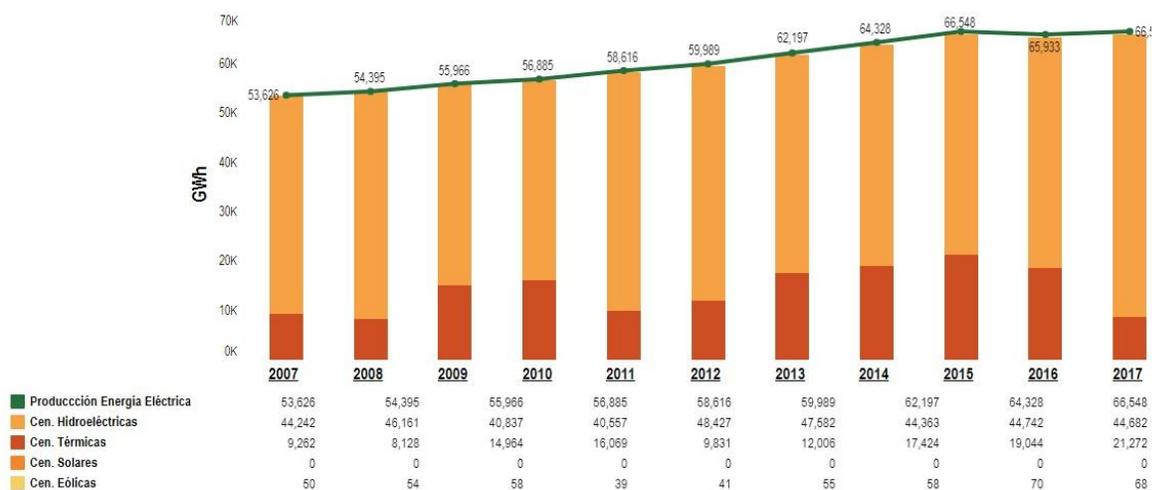


Figura 3

Distribución de generación de energía eléctrica en megavatios

La figura 3 muestra la distribución de generación de energía eléctrica en megavatios, se logra evidenciar que el consumo a nivel nacional puede estar llegando a los 70 mil GWh/año y de acuerdo con proyecciones de UPME en los próximos

El consumo de energía eléctrica anual del país está cerca de alcanzar los 70.000 GWh/año y para los próximos 11 años, según las proyecciones realizadas por la UPME, se espera un incremento promedio del 2% anual, teniendo en cuenta las expectativas de dinámica del sector industrial, la electrificación de la economía y un incremento en el número de vehículos eléctricos, que para 2030 se estima sean 400.000 en circulación en las vías colombianas.

Situación actual de las energías alternas en el mundo

La energía eólica como la solar fotovoltaica son las dos preferencias principales en el sector eléctrico a nivel mundial. Para 2019 existe el 26% del suministro a nivel mundial, y en 2018 superó la energía nuclear y los combustibles fósiles combinados en su cuarto año a nivel secuencial. Para el mismo año las energías alternas que imperaban eran la eólica y fotovoltaica, sumando 100 gigavatios la energía solar, que satisface el 25% de la demanda en Francia.

Países como Uruguay, Honduras, Grecia, España, Portugal, Irlanda, Dinamarca, Reino Unido y Alemania generaron más de 20 por ciento de su electricidad con energía solar fotovoltaica y eólica; mientras que más de 90 países tienen arriba de 1 GW de capacidad eléctrica de energía renovable instalada, y 30 países tienen más de 10 GW (enlight, 2020).

Marco Teórico

Fuentes renovables de energía

Podemos considerar que son todas las fuentes de energía, que no se agotan o disminuyen luego de haber sido empleadas para la generación de energía; las centrales hidroeléctricas, que utilizan las caídas de agua, entran en el grupo de energías renovables convencionales; de hecho, es el tipo de energía que predomina en el país y sobre la cual esta soportada la matriz energética de Colombia. La energía fotovoltaica, que utiliza la radiación solar, la energía eólica que utiliza la fuerza mecánica del aire, la mareomotriz, que utiliza la fuerza de las olas del mar, la geotérmica, que utiliza el calor de la tierra; son consideradas, energías renovables no convencionales, y es que su uso apenas está tomando fuerza y considerándose como alternativa a las fuentes de energía tradicionales.

Las energías renovables no convencionales, se vienen trabajando desde hace muchos. Lo cierto, es que, en la actualidad, están recibiendo un impulso muy fuerte por parte de los gobiernos y sector privado que han depositado en ellas, una forma de encontrar independencia energética con respecto a los combustibles fósiles. Además, los grupos ambientalistas han visto una alternativa para ayudar a mejorar el medio ambiente, ya que no emiten partículas contaminantes en su proceso de generación de energía.

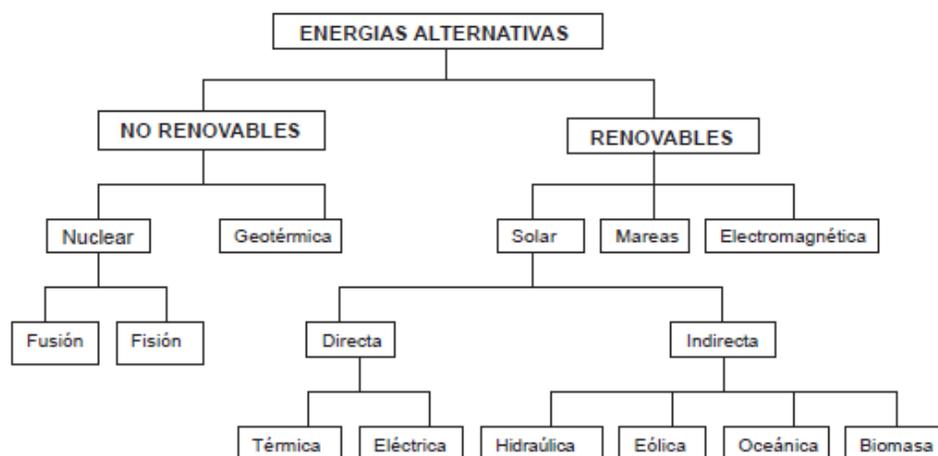


Figura 4

Clasificación de las energías alternas. Fuente: Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: Sistema energético basado en energías alternativas

Fuentes de energía renovables no convencionales

Adicional a la definición de fuentes de energía renovable, donde se consideran que son todas las fuentes de energía que no se agotan o disminuyen luego de haber sido empleadas para la generación de energía, podemos adicionar, según la UPME (Unidad de Planeación Minero

Energética) de Colombia, que las energías renovables no convencionales, “Son aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares”

Tipos de fuentes de energías renovables no convencionales

La energía fotovoltaica y eólica son los tipos predominantes en Colombia, la mayoría de ellos proyectos apuntan a estas dos para lograr una sólida implementación y desarrollo, esto como resultado de la ubicación geográfica del país y los recursos naturales con los que cuenta.

Energía fotovoltaica

Se detallan los principios en los cuales se fundamenta la generación de energía fotovoltaica, la radiación solar, las frecuencias electromagnéticas, el efecto fotoeléctrico y cómo influyen en la generación de energía en los paneles solares. Se detallarán los principales equipos que intervienen en la adecuación de la energía generada para ajustarla a valores que utilizan los equipos eléctricos convencionales.

Radiación solar

La actividad termonuclear que se presenta en el núcleo del sol, genera gran cantidad de energía calórica que se irradia en forma de radiaciones electromagnéticas de diferentes frecuencias y longitudes de onda, las cuales viajan en el vacío a 299792Km/seg. Alcanzando a llegar a la tierra.

Se calcula que, a la tierra, llegan $1366\text{W}/\text{m}^2$ de energía radiante del sol; sin embargo, esta cantidad varía dependiendo de la latitud, topografía, época del año, factores atmosféricos, etc. Siendo la zona tórrida o ecuatorial, la que mayor cantidad de radiación solar recibe en un año.

Componentes de la radiación solar



Figura 5

Componentes de radiación solar

La radiación solar, no requiere un medio físico para transmitirse; esta se propaga en el vacío en todas las direcciones, una porción de esta llega a la tierra, atravesando la atmosfera hasta llegar hasta la superficie terrestre. Y dependiendo de la interacción con los diversos

elementos que se encuentran en su trayectoria, va adquiriendo determinadas características, entre las cuales se tiene:

- **Radiación directa:** Es la radiación que incide sobre una superficie, sin haber sufrido cambios en su dirección desde que es emitida por el cuerpo emisor.
- **Radiación difusa:** Es toda aquella energía radiante que en su trayecto ha sido alterada antes de llegar a una superficie, puede haber sido reflejada por algún cuerpo o incluso, emitida por moléculas que anteriormente han absorbido radiaciones electromagnéticas provenientes del sol.

Espectro electromagnético

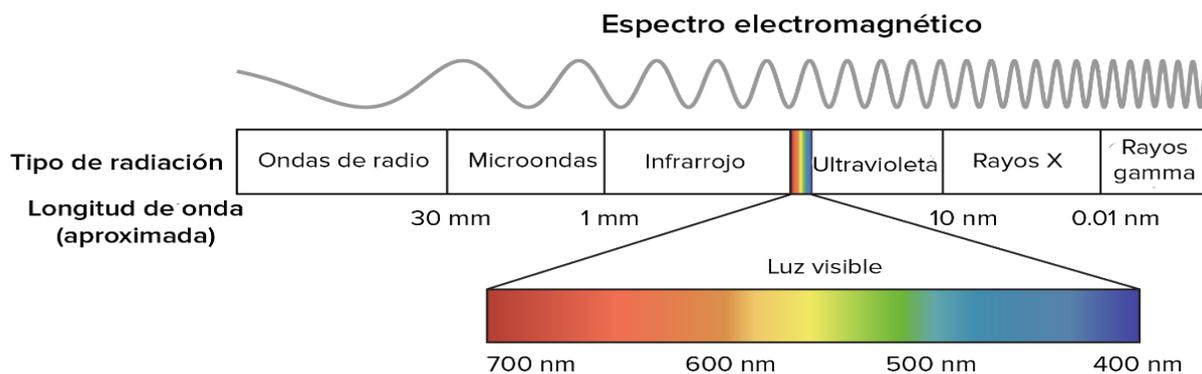


Figura 6

Espectro electromagnético.

En la figura anterior, se puede apreciar la variación en frecuencia y longitud de onda del espectro electromagnético; donde a mayor frecuencia, menor longitud de onda; esta relación está dada por la expresión.

$$\lambda = \frac{c}{\gamma}$$

c = velocidad de la luz en el vacío

λ = longitud de onda

γ = frecuencia

El espectro electromagnético que llega hasta la superficie terrestre proveniente del sol y de los rayos cósmicos, no tienen límites definidos van más allá de las longitudes de onda de la luz ultravioleta (UV) al infrarrojo (IR) en el extremo opuesto; sin embargo, no todo este espectro de frecuencias se utiliza en la generación de energía eléctrica fotovoltaica.

Las frecuencias que abarcan la luz visible (400nm a 700nm de longitud de onda), siendo la parte del espectro que percibe el ojo humano, son las longitudes de onda donde se concentra la mayor cantidad de radiación utilizada en las células fotovoltaicas

Colores del espectro visible y extremos

Color	λ (μm)
Ultravioleta	< 0.35
Violeta	0.4
Azul	0.45
Verde	0.5
Amarillo	0.55
Naranja	0.6
Rojo	0.7
Infrarrojo	> 0.75

Figura 7

Colores del espectro visible y extremos

Paneles fotovoltaicos

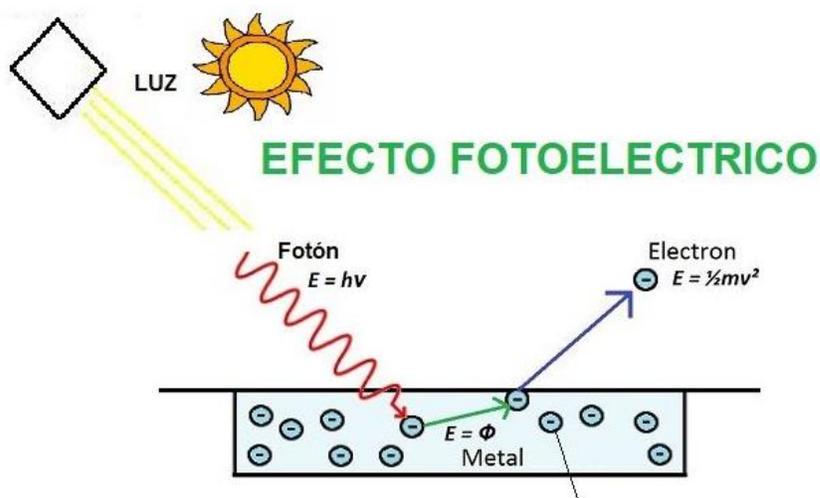


Figura 8

Paneles fotovoltaicos

Para entender el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos, debemos referirnos al efecto fotoeléctrico, descubierto en el año 1887 por el físico Heinrich Hertz, el cual consiste en la emisión o expulsión de electrones por un material al ser iluminado con un haz de luz de determinada frecuencia

Entonces, el efecto fotoeléctrico emite electrones liberándolos de un material y el efecto fotovoltaico, gracias a esos electrones libres, produce una corriente eléctrica según la distribución de las placas. Los paneles solares, utilizan el efecto fotovoltaico; la energía radiante proveniente del sol incide sobre una cara del panel solar, lo que ocasiona que se produzca una diferencia de potencial con respecto a la otra cara del mismo panel. Mientras más nivel de iluminación sea captado por la celda fotovoltaica, mayor será la intensidad de la corriente eléctrica producida.

Tipos de paneles fotovoltaicos

Paneles solares fotovoltaicos mono cristalinos: Para su fabricación, se utiliza silicio puro fundido mezclado con boro, pasa por muchas fases de cristalización para formar el mono cristal; es el más costoso de fabricar y además el más eficiente, tienen una apariencia uniforme de coloración oscura, y son los que ofrecen una vida útil más larga llegando la garantía hasta los 30 años, la forma de sus células es octogonal

Paneles solares fotovoltaicos policristalinos: Fabricados con silicio puro fundido mezclado con boro, pasa por menos fases de cristalización en comparación que los monos cristalinos; siendo mucho más económicos, tienen muy buen desempeño ante los aumentos de temperatura. Las células son de forma rectangular, lo que ayuda a aprovechar la totalidad del panel solar

Paneles solares fotovoltaicos de capas finas o amorfas: Fabricados con silicio puro, no pasan por el proceso de cristalización, el silicio es depositado sobre una base de vidrio o plástico, son los más fáciles y económicos de fabricar, aunque son los que poseen el menor rendimiento, una característica especial es que se pueden encontrar del tipo flexible, lo cual les permite adaptarse a cualquier forma y superficie

Eficiencia de las células fotovoltaicas

Es la relación existente entre la energía radiante que llega al panel fotovoltaico y la que es convertida en electricidad; en la actualidad, la eficiencia de los paneles solares ronda el 20%, la cual depende principalmente de las características de fabricación de las celdas y de la configuración que se les dé.

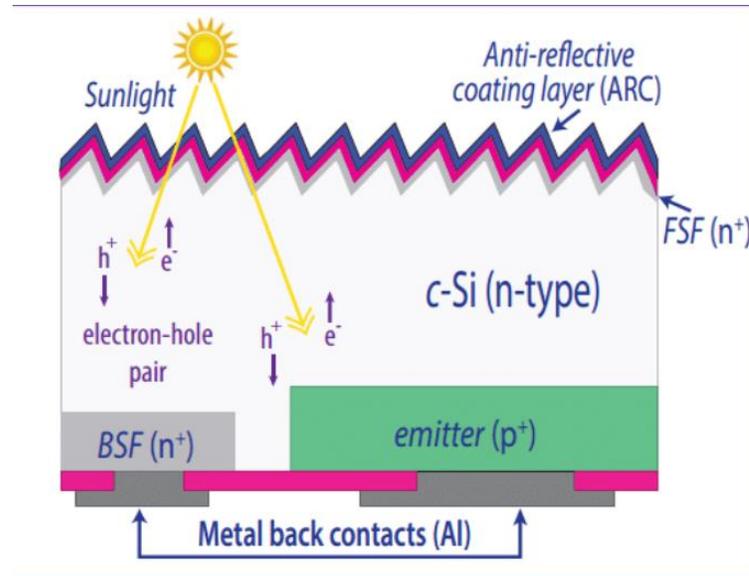


Figura 9

Eficiencia de las células fotovoltaicas

Eficiencia de la celda: Las celdas IBC, (celdas con contactos en la parte trasera) son las que por su diseño aprovechan mejor el área de la celda y en combinación con las que utilizan material tipo N de alta pureza, son las que han alcanzado las mayores eficiencias. Según la empresa china Trina Solar, líder mundial en la fabricación de paneles solares, en el 2017, alcanzaron con este tipo de celdas de silicio mono cristalino tipo N, una eficiencia del 23,5% en una celda de gran área de 238,6cm²

También están las células PERL, la cual, en su construcción, siguen el diseño de las celdas IBC, pero se le ha adicionado en su parte frontal, un texturizado en forma de pirámides invertidas, las cuales evitan que los fotones incidentes escapen por reflexión

Adicionalmente, utilizando la misma estructura IBC, se fabrican células solares Multi-junction (MJ), las cuales, utilizan semiconductores tipo p y n, de diferentes materiales,

permitiendo ampliar el rango de longitudes de onda en las cuales pueden captar los fotones, aumentando considerablemente la eficiencia de las células. Utilizando este tipo de células, se han alcanzado eficiencias del 44,4%, pero a un costo muy elevado

La siguiente tabla publicada el 14 de febrero del 2019, publicada por Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, muestra las eficiencias máximas alcanzadas en laboratorio de diferentes tecnologías de fabricación de células fotovoltaicas

Eficiencias récord alcanzadas en laboratorio

Silicio Monocristalino	Si-mono	26,7%
Silicio Policristalino	Si-poly	22,3%
III-V multijuntura	III-V MJ	46,0%
Teluro de Cadmio	CdTe	21,7%
Cobre Indio Galio Selenio	CIGS	21,0%

Figura 10

Eficiencias récord alcanzadas en laboratorio

El tamaño del panel, el tamaño total de la estructura, el tamaño de cada celda, su diseño es influyentes en la eficiencia del sistema fotovoltaico, además, el número de celdas y la conexión entre ellas.

Generalmente, los paneles solares de alta eficiencia utilizan materiales de la mejor calidad, lo que se traduce, en menor degradación con el tiempo; en algunos casos, los fabricantes dan garantías del 88% de eficiencia incluso a los 25 años de uso; además, requieren menor espacio para su instalación en comparación de otro tipo de paneles

Se debe tener en cuenta que la eficiencia indicada en los paneles solares está dada para temperaturas de 25°C, pero en la realidad, los paneles son sometidos a temperaturas incluso 25 a 35°C superiores, por lo tanto, las eficiencias reales serán entre un 8 al 14% inferior a la indicada

Por cada grado de aumento de temperatura por encima de los 25°C, la salida del panel solar reducirá su eficiencia; esto se conoce como coeficiente de temperatura de potencia y está dada en %/°C. Mientras más bajo el coeficiente de temperatura de potencia, mejor será el rendimiento del panel solar. A continuación, algunos coeficientes típicos:

Células policristalinas:	0,4 a 0,43%/°C
Células monocristalinas:	0,37 a 0,40%/°C
Células monocristalinas de IBC:	0,29 a 0,31%/°C
Células monocristalinas HJC:	0,26 a 0,27%/°C

Regulador de carga

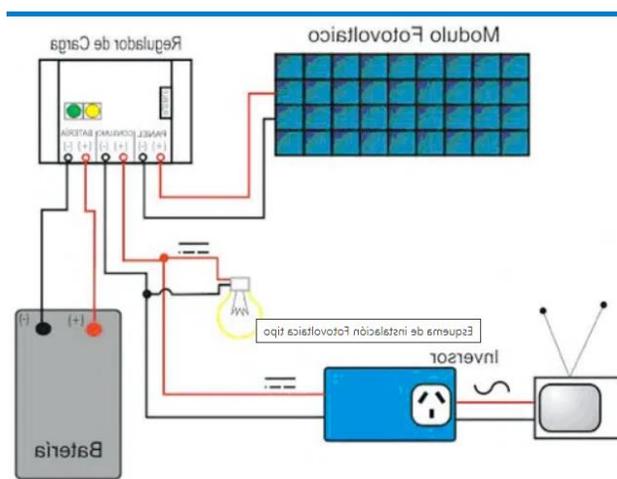


Figura 11

Regulador de carga

Se instala entre los paneles fotovoltaicos y la batería, se encarga de regular y controlar la cantidad de energía (corriente y voltaje) que fluye desde el panel solar hacia la batería.

El estado de la carga de la batería se vigila y controla permanentemente buscando que permanezca en su estado de carga óptimo y esté disponible en todo momento en caso de ser requerida por la instalación

El regulador de carga también tiene dentro de sus funciones, la de protección de las baterías ante descargas profundas, bloqueando el flujo de la corriente cuando el estado de las baterías llega a un valor mínimo de seguridad predeterminada, en la misma medida, se genera la posibilidad de prolongación de la vida útil de la batería, evitando la sobrecarga.

Para la realización de la función de regulación, se ha utilizado la tecnología PWM (modulación por ancho de pulso) y recientemente se está utilizando también la tecnología MPPT (seguidor de pulso de máxima potencia) la cual es entre un 20 a 30% más eficiente

Inversor



Figura 12

Inversor

Tradicionalmente, los aparatos eléctricos del hogar, la industria y el comercio, utilizan para su funcionamiento, la energía de la red eléctrica que llega a través de las empresas de

distribución de energía, la cual, tiene características eléctricas de voltaje que cumplen normas establecidas, siendo en Colombia el estándar de corriente alterna a 60Hz, con niveles de tensión de 120V, 208Vac para instalaciones residenciales y 480Vac para la industria

Ahora bien, en los paneles fotovoltaicos, el voltaje de salida tiene valores que no se ajustan a los estándares establecidos; razón por la cual, se utilizan los inversores de tensión, los cuales se encargan de adaptar el voltaje de salida de los paneles fotovoltaicos de corriente continua de 12, 24, 48Vdc a voltajes que cumplan los niveles de tensión y frecuencia normalizados

Usualmente, el inversor, se conecta en paralelo con las baterías, esto para limitar la exigencia de corriente al regulador de carga y de paso, ayudarle a prevenir fallas y daños por sobre corriente; además, el inversor, realiza la protección por descarga profunda de voltaje de las baterías, mediante la programación de sus parámetros de funcionamiento. Se pueden configurar alarmas, he incluso la desconexión de la carga en caso de que el voltaje de entrada al inversor llegue a niveles preestablecidos de seguridad.

Baterías

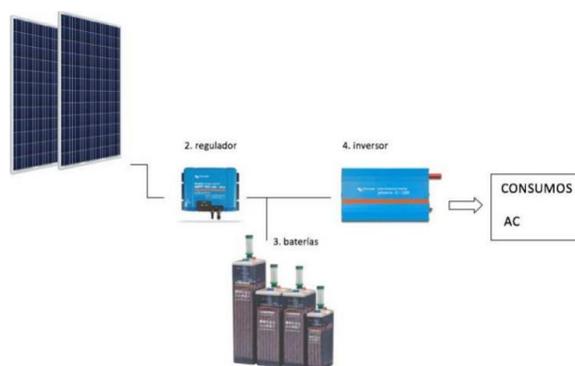


Figura 13

Batería

Son las encargadas de almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos durante el día, adicionalmente, contribuyen a suministrar la corriente extra que necesiten los equipos eléctricos conectados en caso de que sus requerimientos de corriente superen la generación instantánea de los paneles solares de la instalación.

Ayudan a la estabilización de instalación, asumiendo el exceso de corriente cuando las cargas conectadas al sistema son pequeñas y contribuyen con corriente adicional cuando se conectan cargas extras.

Cubren las necesidades energéticas de la instalación que funcionan en red aislada, en los periodos de tiempo en que, a los paneles solares, no les llega la energía del sol. Por otro lado, en las instalaciones que trabajan conectadas a la red eléctrica pública, sirven como respaldo en caso de que falte el fluido eléctrico en caso de fallas externas.

Energía eólica



Figura 14

Energía eólica

Se aprovecha la fuerza de las corrientes de aire que al pasar a través de las aspas del aerogenerador produce el movimiento de rotación en su eje que es aprovechado por el generador eléctrico; con esta breve descripción, se establecen las partes y la función principales de cada una de ellas de un aerogenerador eléctrico.

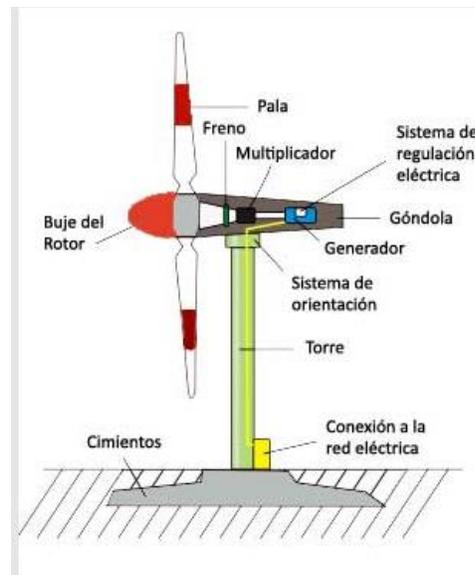


Figura 15

Partes del sistema de energía eólica

Torre: Es una estructura, metálica y resistente, la cual permite ganar altura suficiente para instalar los elementos que componen la parte activa de un generador eólico (aspas, eje, generador, etc.), adicionalmente, al interior de la torre y en su base, es posible instalar tableros de distribución eléctrica, transformadores de voltaje, entre otros elementos.

Rotor: Constituido por el eje y las aspas, se puede considerar como el corazón de un aerogenerador, es el encargado de recibir el flujo de aire en sus aspas y convertirlo en un movimiento de rotación en su eje.

Aspas o palas: Es el elemento más importante de un aerogenerador, y como se ha descrito anteriormente, recibe el flujo del aire y lo transmite al eje en movimiento de rotación; las aspas están construidas con materiales livianos y de gran resistencia pudiendo ser fibra de vidrio con refuerzos en su estructura u otros materiales. Además, están diseñados de forma aerodinámica para aumentar su eficiencia.

Caja multiplicadora, engranajes: Los ejes de los aerogeneradores giran a velocidades muy inferiores a las que necesita el alternador o generador eléctrico para poder funcionar, es por esto que se hace necesario utilizar una caja con engranajes o mecanismos de poleas, que multipliquen la velocidad de rotación del eje y las adecue a las revoluciones que el alternador necesita para que pueda entregar la energía eléctrica en sus bornes.

Alternador o generador eléctrico: Convierte la energía de rotación mecánica de su eje, en energía eléctrica, la cual, mediante los transformadores de potencia, la adecuan para que sea transportada y posteriormente distribuida hasta el usuario final.

Frenos: Hace parte de las protecciones, los cuales aseguran que el generador no sufra una sobre velocidad mecánica que pueda poner en peligro la integridad del generador.

Mecanismo de orientación, dependiendo de la dirección del viento, el mecanismo de orientación ajusta la posición de las aspas.

Sistema de control: tiene funciones de vigilancia, control, monitoreo, de las variables del aerogenerador.

Marco Conceptual

Baterías eléctricas: Es un acumulador de energía, con un sistema que permite la conversión de energía química a corriente eléctrica; este proceso químico es reversible; por lo

tanto, al aplicarle una corriente eléctrica, esta vuelve y se carga nuevamente. Las características principales de las baterías son el voltaje de salida y la capacidad definida en amperios/hora.

Carga eléctrica: Equipos que conectados a la red eléctrica consumen energía; por ejemplo, luminarias, resistencias, motores, etc.

Consumo eléctrico: Es la cantidad de energía eléctrica demandada o consumida de una instalación en un periodo de facturación; usualmente, los periodos de facturación tienen una duración de un mes.

Corriente alterna: Corriente que varía porque las cargas cambian de sentido en el movimiento de manera frecuente. Es usada comúnmente en zonas domésticas.

Corriente continúa: Corriente que no genera variación con el movimiento de las cargas.

Corriente eléctrica: Es el flujo de electrones que se forma al conectar una carga eléctrica a una fuente de voltaje; la unidad de medida es el amperio (A).

Energía eólica: Energía renovable que se da a partir de la transformación de la energía proveniente de corriente de aire.

Energía fotovoltaica: Tipo de energía renovable no convencional que transforma la energía radiante del sol en energía eléctrica.

Energías renovables: Son fuentes de energía obtenidas de manera natural, consideradas inagotables, o que se regeneran naturalmente; además, son las que menos afectan al medio ambiente, entre las que tenemos, las caídas de agua, fuerza del viento, energía solar, etc.

Energías renovables no convencionales: Hacen parte de las energías renovables, pero además poseen la característica de ser muy poco utilizada o apenas estar masificándose su uso; como es el caso de la energía fotovoltaica, eólica, mareomotriz, etc.

Inversor eléctrico: Equipo electrónico cuya función es transformar la energía eléctrica de las celdas fotovoltaicas o las baterías y transformarla en corriente alterna que utilizan la mayoría de los equipos eléctricos industriales y residenciales.

Panel fotovoltaico: Es el conjunto de celdas fotovoltaicas dispuestas e interconectadas entre sí, de tal forma que se ajuste a estándares específicos de voltaje, potencia, dimensiones, etc.

Potencia eléctrica: Sumatoria de energía eléctrica que se transfiere o consume en un periodo de tiempo dentro de un sistema o circuito.

Protecciones eléctricas: Son elementos que hacen parte activa en toda instalación eléctrica, en los cuales recae la responsabilidad de proteger la instalación, los equipos asociados y las personas, contra fallas de funcionamiento, errores de operación o fallas externas a las que se ve sometida la instalación, las protecciones eléctricas, tienden a desconectar o aislar en el menor tiempo posible los equipos que presentan fallas de funcionamiento con el propósito de minimizar los daños, dentro de otras funciones está la de enviar alarmas, almacenar eventos para su posterior consulta, etc.

Voltaje: Magnitud eléctrica, que se refiere a la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos; donde, si se le coloca una carga, tienen la capacidad de hacer fluir una corriente eléctrica; unidad de medida el Voltio

Marco Geográfico

Gases de Antioquia es una compañía de inversionistas y capital Colombo-chileno, con más de 50 años de experiencia en el mercado, se denomina también “**inversiones del nordeste**” además tienen presencia en Colombia con otras marcas gaseras como asogas, Colgas, Colgas de Occidente, Norgas, Gasan y **Gases de Antioquia.**

Este grupo empresarial ofrece soluciones energéticas de GLP en el sector residencial, comercial e industrial, para sus diferentes usos y aplicaciones.

Cuenta con operaciones en Chile a través de la compañía Abastible, Salgas en Perú y Duragas en Ecuador.

También hace parte del grupo empresarial la empresa cotranscol, una empresa encargada del transporte de gas propano y cinsa, una empresa metalmecánica encargada de la fabricación de Cilindros.



Figura 16

Ubicación de la empresa

Localización de la empresa: Gases de Antioquia s a e s p, la empresa gases de Antioquia se encuentra ubicada en la localidad de Medellín, en el departamento de Antioquia. El domicilio social de esta empresa es autopista Medellín Bogotá km 4 sector manantiales bello Antioquia, Medellín, Antioquia.

Pero además de la sede objeto del estudio, la empresa cuenta con otras sedes, las cuales más adelante se les pueden tener aplicabilidad para el mismo tratamiento técnico en el que nos concentraremos, como por ejemplo gases de Antioquia dirección vía a la costa kilómetro 1

Yarumal Antioquia y gases de Antioquia dirección vía Bolombolo troncal del café Venecia Antioquia.



Figura 17

Instalación de la empresa

Marco metodológico

Para el cumplimiento del objetivo fue necesario una investigación de tipo cualitativo y de enfoque descriptivo, donde a través de la observación directa se logró establecer las necesidades de la empresa en cuanto a consumo energético, y a través de revisión bibliográfica se pudo establecer los tipos de energías alternativas y sistemas de generación disponibles, escogiendo las más adecuada para la empresa y citando casos de éxito.

Las fuentes primarias de información fueron la empresa al proporcionar información sobre las necesidades en cuanto a consumo energético, como fuentes secundarias se tuvieron publicaciones académicas y en general sobre los sistemas generadores de energías alternativas.

Análisis de Resultados

Necesidades de consumo que tiene la empresa gases de Antioquia.

Las instalaciones eléctricas del complejo industrial han sido modernizadas recientemente, cumplen con todas las normas establecidas para el territorio colombiano, Retie y NTC 2050, sin embargo, debido a la gran cantidad de equipos eléctricos y su alto consumo energético, se ha pensado en realizar estudios y cálculos que determinen, si es conveniente y beneficioso para la compañía, buscar e implementar otras alternativas energéticas, que ayuden y/o complementen el sistema eléctrico actual.

La energía fotovoltaica, se tiene como primera opción de estudio en este proceso de búsqueda de alternativas energéticas, ya que, en la actualidad, el uso de esta clase sistemas energéticos, cuentan con el apoyo gubernamental que ayudan a disminuir los costos en la compra de equipos, además de otras ventajas.

Dadas las características de consumo energético de la empresa, se deben analizar diferentes configuraciones del sistema eléctrico fotovoltaico a implementar y escoger la que más beneficio presente, desde el punto económico, técnico, confiabilidad y seguridad eléctrica, ambiental, etc.

Según tabla publicada por EPM, sobre las tarifas de la energía eléctrica de empresas públicas de Medellín promediando entre horas pico y horas normales, y ubicando la empresa en el nivel 2 de tarifa industrial se tiene un promedio para el KW/h de \$ 510

Se tendrá en cuenta dos turnos de trabajo para el área operativa con un total de 480 horas promedio mensual, y para el área administrativa se tiene un solo turno con horario de oficina con un total de 200 horas mensuales

Para el cálculo se debe tener en cuenta, la información asentada en el plano unifilar donde están discriminadas las cargas de los diferentes tableros, y el factor de demanda que tiene cada tablero de distribución



PLANO UNIFILAR ELECTRICO GASES DE ANTIOQUIA.pdf

Estimación o aproximación del consumo eléctrico y la viabilidad de la instalación de autoconsumo fotovoltaico en la empresa gases de Antioquia

En la siguiente tabla se hace el análisis financiero para determinar los costos y el ahorro al instalar un sistema de energía solar fotovoltaico. Se tiene en cuenta el consumo total de las instalaciones, extractados de los planos unifilares y el aforo del consumo eléctrico de los diferentes tableros de distribución, además de las horas reales de funcionamiento de cada circuito al mes. Luego se encuentra información sobre los costos de la instalación, precio del kw/h y cuanta potencia se pretende autogenerar con los paneles para consumir, según la potencia que se pretende instalar en paneles es un 36,3% de la potencia total que se consume en la planta, también se tiene en cuenta los costos de mantenimiento, el número de horas de irradiación solar en el territorio según mapas de irradiación del IDEAM.

Por último, se muestran los resultados de la instalación, costos de la instalación, costos de mantenimiento por año, depreciación por año, costos de la energía con y sin autoconsumo, y el ahorro final en un periodo de 20 años con un monto de 352 millones de pesos aproximadamente.



ANALISIS DE VIABILIDAD DEL PRC

En cumplimiento de la Leyes 142 de 1994 y 1940 de 2018, resoluciones CREG 058/2000,
119/2007, 105/2009, 026/2010, 173/2011, 189/2015, 030 y 152 de 2018
Empresas Públicas de Medellín E.S.P. informa:
Tarifas y Costo de Energía Eléctrica - Mercado Regulado - septiembre de 2019

Información Monomía							
Activos B.T. / Conectados a nivel II		Propiedad EPM	Compartido	Propiedad Cliente			
Tarifa Residencial		Nivel I - \$/kWh					
Estrato 1.	Rango 0 - CS	221.50	213.21	204.76			
	Rango > CS	520.72	501.78	482.84			
Estrato 2.	Rango 0 - CS	276.88	266.51	255.95			
	Rango > CS	520.72	501.78	482.84			
Estrato 3.	Rango 0 - CS	442.62	426.52	410.42			
	Rango > CS	520.72	501.78	482.84			
Estrato 4.	Todo el consumo	520.72	501.78	482.84			
Estrato 5 y 6.	Todo el consumo	624.87	602.14	579.41			
Tarifa No Residencial		Nivel I - \$/kWh					
Industrial y Comercial		624.87	602.14	579.41			
ESPD*		572.80	551.96	531.13			
Oficial y Exentos de Contribución		520.72	501.78	482.84			
Tarifa Áreas Comunes		Nivel I - \$/kWh					
Con contribución		624.87	602.14	579.41			
Sin contribución		520.72	501.78	482.84			
Costo unitario: $CUV = G_{m,i} + T_m + D_{n,m} + CV_{m,i} + PR_{n,m,i} + R_{m,i}$ $CUF = Cf_{m,j}$							
CU total		520.72	501.78	482.84			
Costo compra: Gm,i		191.40	191.40	191.40			
Cargo transporte STN: Tm		32.58	32.58	32.58			
Cargo transporte SDL: Dn,m		187.56	168.62	149.68			
Margen comercialización: CVm,i,j		45.32	45.32	45.32			
Costo G, T, pérdidas: PRn,m		36.12	36.12	36.12			
Restricciones: Rm		27.74	27.74	27.74			
B.T.: Baja Tensión (Nivel 1, < 1 kV)		Cfm.j (\$/factura)		6,150			
Información Horaria							
Tarifa Horaria No Residencial		Nivel I - \$/kWh					
Industrial y Comercial	Punta	628.95	606.22	583.49			
	Fuera de Punta	623.50	600.77	578.04			
Oficial y Exentos	Punta	524.12	505.18	486.24			
	Fuera de Punta	519.58	500.64	481.70			
Costo unitario: $CUV = G_{m,i} + T_m + D_{n,m} + CV_{m,i} + PR_{n,m,i} + R_{m,i}$ $CUF = Cf_{m,j}$							
Total CUNmt Punta		524.12	505.18	486.24			
Costo compra: Gm,i		194.10	194.10	194.10			
Cargo transporte STN: Tm		35.79	35.79	35.79			
Cargo transporte SDL: Dn,m		187.56	168.62	149.68			
Margen comercialización: CVm,i,j		45.32	45.32	45.32			
Costo G, T, pérdidas: PRn,m		36.53	36.53	36.53			
Restricciones: Rm		24.82	24.82	24.82			
Total CUNmt Fuera de Punta		519.58	500.64	481.70			
Costo compra: Gm,i		190.28	190.28	190.28			
Cargo transporte STN: Tm		31.55	31.55	31.55			
Cargo transporte SDL: Dn,m		187.56	168.62	149.68			
Margen comercialización: CVm,i,j		45.32	45.32	45.32			
Costo G, T, pérdidas: PRn,m		35.98	35.98	35.98			
Restricciones: Rm		28.89	28.89	28.89			
		Nivel II		Nivel III		Nivel IV	
		Punta	Fuera de Punta	Punta	Fuera de Punta	Punta	Fuera de Punta
Tarifa							
Industrial y Comercial		512.96	508.51	432.84	428.44	390.50	386.19
Oficial y Exentos		427.47	423.76	360.70	357.03	325.42	321.83
Costo							
Total CU		427.47	423.76	360.70	357.03	325.42	321.83
Costo compra: Gm,i		194.10	190.28	194.10	190.28	194.10	190.28
Cargo transporte STN: Tm		35.79	31.55	35.79	31.55	35.79	31.55
Cargo transporte SDL: Dn,m		118.95	118.95	53.45	53.45	20.74	20.74
Margen comercialización: CVm,i,j		45.32	45.32	45.32	45.32	45.32	45.32
Costo G, T, pérdidas: PRn,m		8.49	8.78	7.21	7.54	4.65	5.05
Restricciones: Rm		24.82	28.89	24.82	28.89	24.82	28.89
CU Monomio		424.68		357.94		322.72	

Tarifa Horaria -Franjas Aplicadas:

Horas de punta: 9 a.m. - 12 m; 6 p.m - 9 p.m.

Horas fuera de punta: 0 a.m - 9 a.m.; 12 m - 6 p.m y 9 p.m - 12 p.m.

Consumo Subsidiado

Alturas superiores o iguales a 1.000 mts sobre el nivel del mar

Alturas inferiores 1.000 mts sobre el nivel del mar

ESPD* : E.S.P. Domiciliarios de acueducto y alcantarillado, consumo de energía en actividades operativas inherentes a la propia prestación del servicio.

Rango subsidiado

(0-130 kWh)

(0-173 kWh)

Sistemas de Generación basados en Energías Renovables no Convencionales

A continuación, se presentan los sistemas de generación de energías renovables no convencionales.

Energía eólica

La energía eólica es una de las fuentes de energía aprovechadas desde tiempos remotos de la historia de la humanidad, quizás su uso más antiguo tiene que ver con la industria náutica, a través del uso de velas en las embarcaciones acuáticas. También se pueden considerar los molinos de viento, y en la actualidad se explica para la energía eléctrica con el uso de aerogeneradores que son movidos por el viento.

Toda la extensión de la tierra presenta diferentes niveles de calentamiento a través del sol, esto genera un diferencial de temperatura que apunta la presión. Cuando se dan dos puntos con diferencial de presión se puede evidencia lo que se reconoce como fuerza del gradiente de presión. Esta presiona una masa de aire para lograr un equilibrio dando lugar a lo que se conoce como viento. Adicionalmente, la rotación de la tierra genera un arrastre de la atmosfera que causa el movimiento de grandes masas de aire. Estos fenómenos de manera simultánea facilitan la variabilidad de los vientos propicios para la energía eólica.

Ventajas de la energía eólica

- Es una energía limpia, que no genera residuos de ninguna clase, siendo una característica deseable y necesaria para el cuidado del medio ambiente.
- el costo del viento que es la materia prima es cero.
- Utiliza fuentes naturales que no dependen de ningún gobierno o factor externo.

- Los costos de adquisición de equipos han venido disminuyendo de manera considerable.
- Poca incertidumbre respecto a los costos de generación eléctrica, debido a que no depende del precio del petróleo.
- La energía eólica como la fotovoltaica, al ser proyectos de producción de energía limpia, pueden certificar y vender bonos de carbono, como otra fuente de ingresos.
- Los adelantos tecnológicos han aumentado la eficiencia de las turbinas eólicas, disminuyendo considerablemente las pérdidas, y permitiendo reducir el tamaño de los equipos.
- aumenta la independencia energética.
- implementación desde pocos watts de potencia en instalaciones residenciales hasta varios megas de potencia a nivel comercial e industrial.
- se puede utilizar directamente la potencia mecánica del viento, en sistemas de bombeo de agua.
- pueden ayudar a valorizar territorios alejados, donde los sistemas interconectados eléctricos no llegan.
- gozan de gran aceptación a nivel de la sociedad, ya que están asociados con el desarrollo limpio y auto sostenible.

Desventajas de la energía eólica

- Impacto sobre la fauna; se debe hacer estudios de las rutas de migración de las aves para evitar construir en su entorno

- Impacto visual; los Aerogeneradores se construyen principalmente en áreas de alto impacto visual. Se debe seleccionar los colores de las aspas para disminuir el impacto negativo
- Contaminación sonora que afecta tanto a la fauna como a los seres humanos
- No se puede contar con Disponibilidad del recurso acertada, ya que el viento es un fenómeno muy variable
- En el país, son muy pocas las empresas que poseen experiencia en la operación de Aerogeneradores

Energía de biomasa



Figura 18

Energía biomasa

La materia orgánica es materia prima para la energía de biomasa. Puede servir para generar combustibles alternos para reemplazar combustibles fósiles. A través de la fotosíntesis de las plantas se genera energía del sol a química, que se transfiere a los animales herbívoros en el proceso de alimentación. Cuando las plantas y residuos de animales se queman la energía

acumulada y el dióxido de carbono presente se libera al a atmosfera o también pueden ser canalizados para procesar en máquinas espaciales obteniendo energía eléctrica.

Energía solar térmica



Figura 19

Energía solar

Esta energía es producida por el potencial término de sol. En Colombia hay un gran potencial para aprovecharla a través de la instalación de paneles solares en diferentes áreas.

Gracias a la presencia de 5 desiertos, y zonas rurales donde los paneles pueden ser instalados estos sistemas que producen energía utilizable tanto a nivel doméstico como industrial. Los sistemas para lograr este tipo de energía no renovable cada día son más frecuentes en el mercado y además se conocen los beneficios que se han diseñado para las empresas que la pongan en acción.

Energía fotovoltaica

Utiliza la misma fuente de energía de la energía solar térmica que es el sol; solo que, en esta, la energía radiante del sol se convierte en energía eléctrica, al ser captada por las celdas fotovoltaicas, se transforma en energía eléctrica, para alimentar equipos eléctricos industriales, de oficina o domésticos.

Ventajas energía fotovoltaica

- Los paneles solares, poseen una vida útil relativamente alta de aproximadamente 20 años, solo con una pequeña pérdida de potencia
- La energía radiante del sol se considera inagotable
- Los tiempos de ejecución de los proyectos son considerablemente, más cortos
- De fácil escalabilidad, a medida que se incrementa la demanda
- facilidad de ejecutar proyectos de forma distribuida incluso cerca de los centros de consumo
- no generan emisiones de CO₂
- la generación es silenciosa
- las normas vigentes están promoviendo su uso

Desventajas de la energía fotovoltaica:

- En la actualidad es más costoso el un kilovatio de energía renovable alternativa instalado, que el de un proyecto hidráulico
- Generación variable, se ve afectada por la climatología
- Generalmente están ubicadas en zonas de infraestructura precaria
- de difícil almacenamiento

- El proceso de fabricación de las celdas fotovoltaicas es complejo y costoso

Vemos que la fuente de energía alternativa que más se ajusta para implementar en la instalación eléctrica de la empresa Gases de Antioquia, es la energía fotovoltaica, ya este tipo de energía, se adapta más a las necesidades y el entorno de la empresa; ya que se dispone de bodegas con áreas suficientemente grandes, en las que se pueden alojar los paneles fotovoltaicos, aprovechando al máximo las edificaciones existentes, además, las instalaciones fotovoltaicas, en la actualidad, cuentan con una gran variedad de equipos tecnológicos que facilitan su instalación y puesta en servicio, ajustándose a las necesidades del cliente; siendo además, una tecnología escalable según las necesidades energéticas crecientes de la compañía.

Ventajas de la energía fotovoltaica en Colombia

El desarrollo de la energía fotovoltaica en el país viene en aumento; y es que no es para menos, ya que el país cuenta con características geográficas, políticas, económicas, etc. que incentivan su uso; entre las cuales tenemos:

Ubicación geográfica privilegiada

Según el atlas de radiación solar en Colombia, realizado por el IDEAM y avalado por la UPME, Colombia es un país privilegiado, presenta un promedio diario multianual de radiación solar cercano a $4,5\text{Kwh/m}^2$ que se considera alto, lo cual favorece el desarrollo de proyectos de generación de energía utilizando este recurso. Según los estudios y mediciones realizadas, la Guajira, es la zona del país donde la radiación solar es mayor, con un promedio diario multianual de $6,0\text{Kwh/m}^2$. La zona andina, donde está ubicado el proyecto, tiene un promedio de $4,5\text{Kwh/m}^2$.

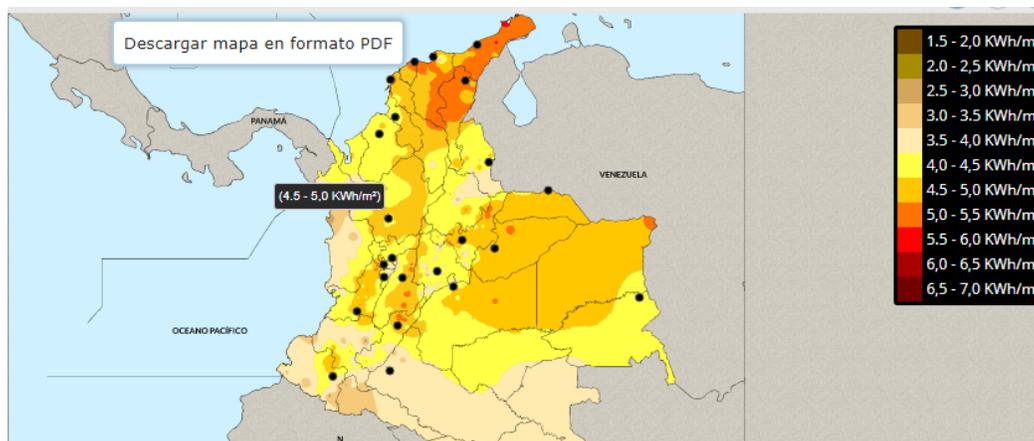


Figura 20

Ubicación geográfica privilegiada

UPME Transformación de la matriz energética en Colombia

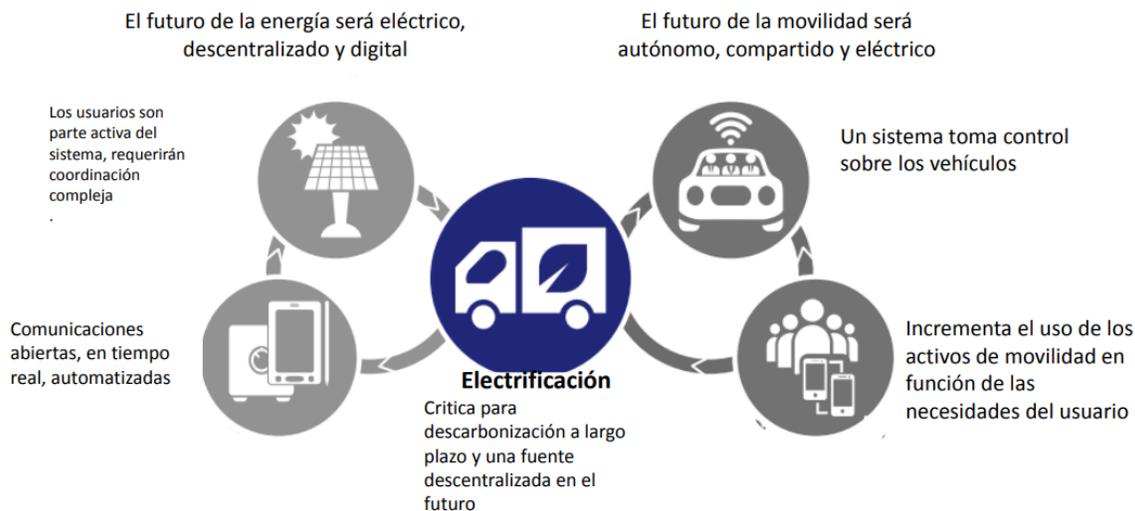


Figura 21

Transformación de la matriz energética en Colombia

La UPME, ha elaborado el mapa energético de Colombia 2019 – 2050, donde se muestra la matriz energética y sus posibles transformaciones, en donde se exponen las tendencias que

definen el futuro de los sistemas eléctricos, siendo la electrificación, descentralización y digitalización eléctrica, los ejes fundamentales de esta transformación; donde las energías renovables no convencionales jugaran un papel protagónico en esta transformación, ya que impactan de manera directa a la descentralización de las instalaciones eléctricas.

Desarrollo de nuevas tecnologías

En las últimas décadas, las células fotovoltaicas son cada vez más eficientes, se utilizan nuevos materiales, se conexionan de diferentes maneras, e incluso, se utilizan células solares que captan diferentes bandas de radiación solar, que son apiladas unas sobre las otras (en Tandem), de tal manera que se transforme la mayor cantidad de radiación solar, ya que cada celda convierte una banda específica aprovechando la mayor cantidad del espectro fotovoltaico

Beneficios tributarios ley 1715 del 2014

Teniendo en cuenta La ley 1715 de 2014 que promueve el uso de las energías renovables no convencionales en el territorio nacional, la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, establece la resolución 203 del 2020 donde se disponen los requisitos necesarios para acceder a los beneficios tributarios para aquellas instalaciones que realicen inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de fuentes no convencionales de energía. Dentro de estos beneficios, el artículo 1, establece como incentivo para los obligados a declarar renta, que durante 15 años luego de entrar en operación el proyecto, una disminución de su renta a declarar, hasta por el 50% de lo invertido; además de la exclusión del IVA y exención de derechos arancelarios

Vemos que la fuente de energía alternativa que más se ajusta para implementar en la instalación eléctrica de la empresa Gases de Antioquia, es la energía fotovoltaica, ya este tipo de energía, se adapta más a las necesidades y el entorno de la empresa; ya que se dispone de bodegas con áreas suficientemente grandes, en las que se pueden alojar los paneles fotovoltaicos, aprovechando al máximo las edificaciones existentes, además, las instalaciones fotovoltaicas, en la actualidad, cuentan con una gran variedad de equipos tecnológicos que facilitan su instalación y puesta en servicio, ajustándose a las necesidades del cliente; siendo además, una tecnología escalable según las necesidades energéticas crecientes de la compañía.

Sistema de energía renovable escogida y casos de éxito.

La energía fotovoltaica a nivel industrial tiene un mercado creciente, representando una de las opciones más viables en la búsqueda de energía alternativa. El costo de un sistema de energía fotovoltaico es altamente accesible para la comunidad lo que lo hace una de las opciones con mayor potencial comercial. Este es el sistema recomendado para la empresa.

En el mundo, China representó en 2019 aproximadamente el 50% del mercado, contando con instalaciones que superan los 43 GW, de acuerdo con las proyecciones de ventas de paneles y módulos, por su lado, España proyecta un aumento de más de 1 GW respecto a la capacidad instalada (Greening , 2021).

En Colombia, el interés por las energías no renovables va en aumento, dentro de las medidas que se evidencia se tiene la creciente producción de investigaciones en la academia y estudios de factibilidad de proyectos que se enfocan en la creación de plantas para la transformación de materias primas. Por su lado, se han creado políticas que generan beneficios a las empresas que disponen de capital y recursos para este tipo de proyectos.

No obstante, los avances a nivel nacional sobre la cobertura de este tipo de energías son paulatinos, factores como el costo de inversión y el tiempo de retorno de esta, generan mucha incertidumbre para los inversionistas. A ello, es importante agregar que la Ley 1715 de 2014 genera beneficios financieros y tributarios para promover precisamente estos proyectos.

Ante este panorama y antes las oportunidades de la ley colombiana son varias las empresas que han decidido invertir en la producción

de su propia energía y adelantarse a la transformación que viene en los próximos años.

Algunos ejemplos de las industrias líderes en el uso energía solar

Las industrias que se destacan por el aprovechamiento de la energía solar son:

- Industria del acero
- Industria textil
- Industria alimentaria
- Industria de la construcción
- Sector industrial de sistema de riego agrícola
- Industria manufacturera
- Industria farmacéutica
- Industria cementera con el caso de Cemex
- Industria automotriz
- Industria aeroespacial

Las siguientes son empresas que en Colombia le han apostado a la energía solar fotovoltaica:

Océano Verde: Un proyecto de casas campestre utiliza la energía solar en Jamundí para ahorrar energía con base en la Resolución 0549 de vivienda sostenible de Colombia. La

implementación de energía fotovoltaica en este proyecto logró 7,50 kWp de capacidad instalada, 0,25 GWh a generar en 25 años y 102 toneladas de CO2 dejadas de emitir equivalentes a plantar 226 árboles

La Compañía Nacional de Chocolates: tiene el techo de energía solar más grande de Antioquia en su fábrica en Rionegro. El sistema fotovoltaico, que cuenta con 8.000 módulos y 74 conversores y tiene capacidad para generar 2.132 kWp. Esta empresa logra la producción del 15 o 20% del consumo nominal.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT: Tiene el primer piso solar para autogeneración instalado en Colombia. Comprende 2.820 módulos solares que equivalen a una generación de 902 kWp, generando reducción del 12% a la tarifa de energía convencional.

La Universidad Autónoma de Occidente de Cali: Cuenta con una instalación de 1.546 módulos solares que tienen una capacidad de generación de 250 kWp (kilovatio hora pico) de energía verde para atender el 14,8% de su demanda energética.

El Centro Comercial La Reserva en Envigado: tiene un techo solar constituido por 96 módulos solares que ayudan a producir más de 43.700 kWh al año y a reducir en 16 toneladas sus emisiones anuales de CO2.

Década 10: la tienda más grande de moda en Tuluá también cuenta con instalación de 385 paneles solares con la cuales evita la emisión de 50,4 toneladas de CO2 al año, el equivalente a sembrar 197 árboles, gracias a un sistema fotovoltaico instalado on-grid (conectado a la red), que hace que la energía producida se consuma en el mismo instante en que se genera.

Centro de Convenciones de Cartagena: Este icónico lugar de La Heroica, con 30 años de experiencia generará energía solar para evitar la emisión de 191 toneladas de CO2 en el año (CELSIA, 2021).

Comestibles Ítalo: Una importante empresa, productora de galletas y chocolates, es una de las organizaciones que decidió unirse al desarrollo de energías limpias con implementación de 1.080 paneles solares, la compañía cubrió parte del techo de la fábrica, desde donde se generarán 490 megavatios de energía cada año, lo suficiente para abastecer cada mes a 3.300 hogares.

Industrias Estra: La empresa ESTRA en Medellín que se dedica a la producción de elementos plásticos instaló paneles solares en un área de 700 metros cuadrados en sus techos, con esta solución solo cubren el 3% de su consumo energético, sin embargo, debido a los procesos que manejan, con esta instalación el ahorro al año es de 140.000 Kw/h.

Compañía Nacional de Chocolates: Allí se instaló una planta solar de 17.000 metros cuadrados, la cual se calcula suplirá el 15% del consumo de esta empresa.

Alkosto: En Bogotá, almacén Alkosto instaló 1053 paneles solares para una capacidad de 283,5 KWp, con esto la UPME estima una reducción de 234,2 toneladas de CO₂ al año (HG Ingeniería , 2021).

Planta Solar el Paso: Localizada en el departamento del Cesar, es la planta de energía renovable más grande del país, inaugurada en abril del 2019, con una capacidad instalada de 86,2MW, en un área de 210 hectáreas, se utilizaron 250000 paneles solares y una inversión de 70 millones de dólares, se satisfacen las necesidades energéticas de 102000 hogares y 400000 personas y al mismo tiempo, se evita la emisión de 100000 toneladas de CO₂ a la atmosfera. El gerente de la empresa Enel Green Power, manifestó que el parque Solar el Paso, es el inicio de un portafolio de proyectos de energía renovable en toda Colombia en los cuales quieren invertir (Portafolio , 2021).

Granja solar Celsia en Yumbo Valle del Cauca: Es un proyecto de 9,9Mw, se utilizaron 35000 paneles solares en un terreno de 18 hectáreas, generara 16Gw año, equivalentes

al consumo de energía mensual de 8000 viviendas, esta planta evitara emitir 6,600 toneladas de CO₂ a la atmosfera (COCIER, 2021).

Greenyellow: Empresa Francesa, líder nivel mundial en la solución de eficiencia energética y autogeneración, aprovechando la resolución 038 del 2018 de la CREG, que establece los lineamientos que regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y generación distribuida en el sistema interconectado nacional, ha liderado en el país varios proyectos de energía fotovoltaica por más de 10MW y tiene otros 8 MW en ejecución. Esta empresa, se encarga de la ejecución del proyecto, lo financia al 100%, recobrando la inversión, con el diferencial de la tarifa que se ahorra el usuario durante 15 años; luego de este tiempo, el proyecto pasa a manos del usuario para seguir beneficiándose; cabe resaltar que los paneles solares, tienen una vida útil de 25 años.

Dentro de los proyectos liderados por GreenYellow en el país están:

Makro Lindalana sede Medellín: Tienda mayorista, instalación de 1596 paneles solares, para una potencia instalada de 129KW, energía generada en un año, aproximada de 1165,3MWh/año, equivalentes al consumo de 638 hogares. Este proyecto, tiene un impacto ambiental positivo, al disminuir la huella de carbono; además su objetivo principal, es lograr la certificación LEED en las instalaciones de la compañía e incorporar los estándares ambientales internacionales definidos por US Green Buildin Council en sus tiendas. Este proyecto, cubre entre el 10 y el 15% de la energía total consumida por el almacén, representando un 21% de retorno de la inversión (MAKRO, 2021)

Viva Wajira: El centro comercial más grande de Riohacha, instalación de 1640 paneles solares, para una potencia instalada de 400KW, energía generada en un año, aproximada de 650MWh/año, equivalentes al consumo de 356 hogares.

Dentro de sus logros, está la certificación LEED Gold; además por los buenos resultados económicos obtenidos, se espera instalar, otros 400KWp a través del contrato PPA (Power Purchase Agreement) donde se generan ahorros, sin necesidad de inversión inicial, ni gastos de operación y mantenimiento. La energía generada, cubre el 30% del consumo diario que necesita la tienda para su funcionamiento y se deja de emitir a la atmosfera 206 toneladas de CO₂ (Green Yellow, 2021).

Viva Envigado: Centro comercial, instalación de 1640 paneles solares, para una potencia instalada de 451KW, energía generada en un año, aproximada de 563MWh/año, equivalentes al consumo de 308 hogares. Dentro de los logros, está la Certificación Leed Gold, construcción amigable con el medio ambiente, logrando disminuir en 206 toneladas las emisiones de CO₂, lo que equivale a 984 árboles plantados, así como el ahorro económico en las facturas por energía, con este proyecto, se abastecen el 20% de las zonas comunes del centro comercial.



Figura 22

Centro comercial Viva

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos y expuestos en este documento se adquieren las siguientes conclusiones:

Según resultados arrojados por esta investigación donde se observa que existen grandes y medianas empresas con un consumo considerable de energía eléctrica de la red y que han logrado disminuir considerablemente dichos consumos y en parte se han autoabastecido mejorando notablemente los costos de producción se concluye en la viabilidad y factibilidad de la empresa gases de Antioquia para instalar en sus dependencias un sistema de energía eléctrica alternativo a la red existente del proveedor local (EPM), después de hacer un análisis de los diferentes tipos de tecnologías existentes en el país se llega a la conclusión que la energía solar fotovoltaica es más la adecuada, por ser la de mayor penetración en nuestro territorio, además con más tecnología y conocimiento disponible en el momento presente, el cambio puede ser parcial o total, según las necesidades y el nivel de inversión con el que se quiera empezar.

La empresa tiene un alto consumo de energía eléctrica y con este tipo de energía alterna se reducirían los costos por este servicio, además de que se elevaría la confiabilidad y flexibilidad en la producción y el trabajo, al ser autónomos y no depender solo del proveedor externo.

En Colombia el ámbito de penetración de la energía solar fotovoltaica está más presente en este momento a nivel rural residencial, en veredas, corregimientos o municipios donde las redes de distribución tradicionales no llegan fácilmente por la dificultad de acceder a estos territorios por su ubicación geográfica, pero a nivel industrial aún no se tiene mucha experiencia o confianza, dándole muy poca participación a la energía fotovoltaica relegándola solo a

suministrar el servicio de iluminación o la adecuación de ambientes con calefacciones o aires acondicionados, y poco se utiliza para alimentar los circuitos principales de las industrias donde se tiene maquinaria que demanda bastante potencia eléctrica o equipos informáticos que son especiales y delicados, en este documento se hace el análisis para que en gases de Antioquia los circuitos principales de la planta de producción y sistemas de control estén alimentados de forma alterna

Los proyectos de instalaciones de energía fotovoltaica son posibles económicamente teniendo en cuenta los beneficios tributarios que el Gobierno concede por implementar estas tecnologías de energías alternas, asimismo Colombia cuenta con un alto potencial de energía solar fotovoltaica frente al resto del mundo, debido a su posición geográfica privilegiada, los datos demuestran que en todo el territorio el promedio de irradiación solar es alto con energía solar de 4,5 kWh/m² /día y brillo promedio de 6 horas/día, estos factores significan determinantes para la captación, transformación y uso de este tipo de energía, en el país el mayor potencial se encuentra en la Costa Atlántica y Pacífica, la Orinoquía y la Región Central.

Recomendaciones

La energía solar fotovoltaica ha tenido una participación muy pequeña en el suministro de energía eléctrica en Colombia, apenas se está adentrando en este tipo de tecnología y se cuentan con muy poca información real que haya sido aplicada en terreno, y más aun con pocas experiencias que sirvan como punto de referencia para determinar técnica y financieramente los pasos a seguir con instalaciones de tipo industrial como la que nos interesa.

Es por eso, por lo que se recomienda la realización de estudios especializados y profundos con empresas y/o personal más calificados que tengan experiencia en este tipo de tecnologías. Para que se determine si en la empresa gases de Antioquia es viable y factible técnica y financieramente la aplicabilidad parcial o total de energía solar fotovoltaica en sus instalaciones.

Se recomienda también que hagan proyecciones de crecimiento de la planta o futuras expansiones, así también como proyecciones financieras a largo plazo, y la aplicación de todo esto en sus diferentes filiales a nivel nacional

Referencias

- Ingenieria y Construcciones S.A.S. (sf). *empresas que le ha apostado a la energia solar*. De Ingenieria y Construcciones S.A.S;: <https://www.hgingenieria.com.co/4-de-las-empresas-que-en-colombia-le-han-apostado-a-la-energia-solar/>
- Asociacion De Productores de Energias Renovables. (S.F). *Estudio comparativo de ocho tecnologías de*. De Impactos Ambientales De La Produccion De Electricidad: http://proyectoislarenovable.iter.es/wp-content/uploads/2014/05/17_Estudio_Impactos_MA_mix_electrico_APPA.pdf
- barbera santos, d. (sf). *Introduccion a la energia fotovoltaica*. De bibing: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70271/fichero/02+INTRODUCCI%C3%93N+A+LA+ENERG%C3%8DA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducci%C3%B3n+a+la+Energ%C3%ADa+Fotovoltaica.pdf>
- Bueno Lopez, M., Rodriguez Sarmiento, L., & Rodriguez Sanchez, P. (12 de 2016). *Análisis de costos de la generación De Energia Electrica Mdiante Fuentes Renovables En EL Sistema Electrico Colombiano*. De Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/7282/8748>
- Celsia. (S.F). *Todo Lo Que Debes Saber Sobre Energia Solar en Colombia*. De Eficiencia Energetica: <https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/>
- Colaboradores de wikipedia. (28 de 06 de 2020). *Potencia Electrica*. La enciclopedia Libre: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Potencia_el%C3%A9ctrica&oldid=127320822
- De Elejalde, R., & Ponce, C. (29 de 12 de 2016). *Los desafíos de la intermitencia de las energías renovables no convencionales*. De Facultad de conomia y Negocios Universidad Alberto Hurtado: <http://fen.uahurtado.cl/2016/noticias/los-desafios-de-la-intermitencia-de-las-energias-renovables-no-convencionales/>
- E.S.P, C. S. (23 de 04 de 2018). *Energía Solar, Eficiencia energética, Sostenibilidad*. De Celsia S.A. E.S.P: <https://blog.celsia.com/new/estas-7-organizaciones-optaron-por-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- EcuRed. (23 de 06 de 2013). *Potencia eléctrica*. De EcuRed: https://www.ecured.cu/Potencia_el%C3%A9ctrica
- Enel green power. (08 de 04 de 2019). *Enel Green Power inaugura El Paso Solar, la planta fotovoltaica más grande de Colombia*. De En el: <https://www.enelgreenpower.com/es/medios/news/d/2019/04/planta-fotovoltaica-el-paso-colombia-puesto-marcha>

- enlight. (2020). *industrias líderes en el uso de energía solar*. De enlight: <https://www.enlight.mx/industrias-lideres-en-energia-solar/>
- Erika. (17 de 07 de 2018). *Tipos de Energías Renovables no Convencionales*. De Erenovable.com: <https://erenovable.com/tipos-de-energias-renovables-no-convencionales/>
- Forero, J. (22 de 02 de 2011). *Superficie total de paneles para 1MW*. De Solarweb: <https://www.solarweb.net/forosolar/fotovoltaica-sistemas-conectados-red/23550-duda-superficie-total-paneles-1mw.html>
- Giraldo Ocampo, D. F. (28 de 04 de 2017). *El marco normativo de las energías alternativas en Colombia no garantiza su pleno desarrollo*. De Universidad Militar Nueva Granada: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16221>
- González Herrera, O., Tautiva Mancera, C., & Quiroga Camargo, J. (2016). *Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la ley 1715 de 2104*. De invierta y gane con energía: https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf
- Greening. (23 de 03 de 2020). *La energía fotovoltaica industrial: presente y futuro*. De Greening: <https://www.greening-e.com/la-energia-fotovoltaica-industrial-presente-y-futuro/>
- Iberdrola. (2020). *Nos anticipamos 20 años a la actual transición energética*. De Transición Energética y Descarbonización: <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/top-stories/transicion-energetica>
- Iecor. (2016). *Calidad De la Eneegia Eletrica*. De Iecor: <https://www.iecor.com/calidad-de-energia-electrica/>
- Jimenes, J. (14 de 10 de 2016). *Si de verdad quieres energías renovables, deja de construir molinos y huertos solares*. De Xataka.com: <https://www.xataka.com/energia/si-de-verdad-quieres-energias-renovables-deja-de-poner-molinos-y-huertos-solares>
- Lijó, R. (22 de 11 de 2018). *Desarrollar los grandes sistemas de baterías será clave para aumentar las energías renovables*. De Xataka: <https://www.xataka.com/energia/desarrollar-grandes-sistemas-baterias-sera-clave-para-aumentar-energias-renovables>
- Lijó, R. (24 de 09 de 2018). *La utopía de conseguir que el 100% de la energía sea renovable: todos los desafíos que tenemos por delante*. De Xataka: <https://www.xataka.com/energia/utopia-conseguir-que-100-energia-sea-renovable-todos-desafios-que-tenemos-delante>
- Ortega, S. (07 de 01 de 2020). *Colombia busca que en 2022, el 11% de la energía sea renovable*. De El Mundo: <https://www.elmundo.com/noticia/Colombia-busca-que-en-2022el-11de-la-energia-sea-renovable/378442>

- Remo. (15 de 03 de 2011). *La energía eólica mata cuatro veces más que la energía nuclear*. De El Blog Salmon: <https://www.elblogsalmon.com/entorno/la-energia-eolica-mata-cuatro-veces-mas-que-la-energia-nuclear>
- Reve. (11 de 05 de 2009). *Verdades y mentiras sobre las energías renovables por ISTAS*. De Reve: <https://www.evwind.com/2009/05/11/verdades-y-mentiras-sobre-las-energias-renovables-por-istas/>
- Revista Energia. (2019). *revista energia*. De Energías renovables no convencionales: <https://www.revistaenergia.com/1135/>
- Rojas Zerpa, J. (2015). *Impactos ambientales de la generación de electricidad*. De Latinoamerica Renovable: <http://latinoamericarenovable.com/wp-content/uploads/2015/08/Impactos-ambientales-de-las-tecnolog%C3%ADas-de-suministro-el%C3%A9ctrico.pdf>
- Santana O, C. (08 de 2006). *Energía eólica en Chile*. De Gobierno de Chile: <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/20205b.pdf>
- Solar, S. (12 de 03 de 2009). *¿Qué tipo de terrenos y a qué precio buscan los promotores solares?* De Suelo Solar: <https://suelosolar.com/newsolares/newsol.asp?id=619>
- Talayero, A. (10 de 07 de 2009). *Energía Eólica*. De Universidad de Zaragoza: http://www.benasque.org/2009fronterasenergia/talks_contr/101Eolica.pdf
- Trading World. (12 de 03 de 2018). *Qué es la Energía Solar Fotovoltaica / Sistema Fotovoltaico - (Video 1)*. De YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=yU8bSpgxSsI>
- Turmero, P. (s.f). *Calidad de la energía eléctrica*. De Monografias.com: <https://www.monografias.com/trabajos104/calidad-energia-electrica/calidad-energia-electrica.shtml>
- Ucha, F. (11 de 2012). *Definición corriente continua*. De Definición ABC: <https://www.definicionabc.com/ciencia/corriente-continua.php>
- Ucha, F. (11 de 2012). *Definición de Corriente alterna*. De Definición ABC: <https://www.definicionabc.com/ciencia/corriente-alterna.php>
- Ulloa, H. (18 de 01 de 2020). *Energía Limpia XXI*. De Energía Limpia para Todos: <https://energialimpiaparatodos.com/2020/01/18/historico-colombia-activo-su-central-de-energia-solar-mas-grande/>
- Un Ingeniero En tu Vida. (14 de 05 de 2017). *Energía solar: una estafa renovable*. De YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=uGGYFjQMuyw>
- Universidad de Jaén . (s.f). *Metodología cualitativa*. De Universidad de Jaén: http://www.ujaen.es/investiga/tics_tfg/enfo_cuali.html

Universidad del País Vasco. (S.F). *¿Quieres conocer el impacto ambiental del consumo energético y cuidar el medio ambiente?* De Energía:
<https://www.ehu.eus/es/web/araba/campus-iraunkorra-energia-kontsumoa-eraginak>

Upme. (S.F). *Requisitos y procedimiento para acceder a beneficios tributarios a quienes desarrollan proyectos de gestión eficiente de la energía.* De Proyectos normativos:
<https://www1.upme.gov.co/ServicioCiudadano/Paginas/Proyectos-normativos.aspx>

Potencia eléctrica. (2020, 28 de junio). *Wikipedia, La enciclopedia libre.*
https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Potencia_el%C3%A9ctrica&oldid=127320822.

XM. (2019). *xm.* De Energías renovables:
<https://www.xm.com.co/Paginas/Renovables/Renovables-no-convencionales-en-el-SIN.aspx>