Universidad Acción Pro Educación y Cultura

Decanato de Ingeniería e Informática

Escuela de Ingeniería

Trabajo de Grado para Optar por el Título de:

Ingeniero Eléctrico

Propuesta de diseño e implementación del uso de energía fotovoltáica en Avon Dominicana, República Dominicana, Período 2016.

Sustentantes:

Teófilo Rosado 2011-2041.
Willy Lebrón 2011-2302.

Asesor:

Prof. Francisco Sánchez

Distrito Nacional
República Dominicana
Diciembre 2016

"Los conceptos expuestos en esta investigación son de la exclusiva responsabilidad de sus autores"

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo principal diseñar y trazar las pautas para implementar un sistema de generación de energía eléctrica a partir de energía fotovoltáica en la empresa AVON Dominicana, Haina, San Cristóbal, con la finalidad de reducir costos por pago de energía eléctrica y ayudar al medio ambiente, aplicando las recomendaciones aportadas por los autores de este trabajo de grado.

Se realizó una evaluación de la situación actual de la empresa, mediante la observación, entrevistas al encargado de mantenimiento y el análisis del histórico de consumo eléctrico. A partir de estas herramientas fueron recolectados los datos y con éstos se diseñó el sistema de generación de energía fotovoltáica, además se detectaron posibles mejoras en sus instalaciones.

Esta propuesta de diseño se apoya en la utilización de equipos adecuados para la generación confiable de energía y el análisis técnico aplicado en la elección de los mismos.

Este trabajo de grado se desarrolló basándose en las técnicas de investigación, anteriormente señaladas para el diseño del sistema de generación fotovoltáico. Se detectaron oportunidades de mejora en la empresa que implementándolas se podría reducir costos, por concepto de pago de energía, se ayudaría al medio

ambiente, reduciendo la huella de carbono, y la empresa adquiriría prestigio a nivel internacional pudiendo aplicar este diseño a las demás fábricas de AVON.

AGRADECIMIENTOS

Willy A. Lebrón Peña

En primer lugar le agradezco a mi Señor Jesucristo, por darme la vida y bendecirme día con día, por demostrarme que la vida aunque sea difícil, esta puede ser muy bonita cuando se tiene fe y motivos por vivirla, le doy gracias por ser mi motor de vida y por permitirme llegar donde estoy hoy.

Le doy eterna gracias a mi madre, porque gracias a ella soy lo que soy, una mujer de buenos principios y dispuesta a luchar por lo que quiere, le agradezco la oportunidad de haberme traído al mundo y por demostrarme que mis metas logradas son lo más importante en su vida.

Le doy gracias a mi padre querido, porque por él ser siempre mi inspiración para seguir luchando y por enseñarme que pase lo que pase, en la vida siempre hay que ser positivo.

Le agradezco infinitamente a mi esposa, por ser aquella persona que durante toda mi carrera siempre estuvo a mi lado en las buenas y en las malas, ofreciéndome su cariño y apoyo, por ayudarme en aquellos momentos difíciles en mi carrera, y especialmente por enseñarme que pase lo que pase yo siempre podre lograrlo, gracias por todo tu amor, apoyo y confianza.

Le doy gracias a mis compañeros de trabajo de grado, especialmente a uno de ellos, porque a pesar de que él no pudo seguir adelante junto con nosotros en

el desarrollo del trabajo por circunstancias ajenas, nunca dejo de apoyarnos y brindado su ayuda.

Le agradezco a todos aquellos que fueron parte de mi éxito, mis maestros, por haberme inculcado todo lo que aprendí y por ayudarme en mi formación y capacitación académica, en especial al coordinador de mi carrera, y a un profesor en especial por estar siempre en la disposición de ayudarme en cualquier duda o inquietud.

Le doy gracias a mi asesor por haber sido la guía durante la elaboración completa de esta investigación.

Teófilo Rosado

A Dios.

Por darme salud física y mental para llegar a este nivel y lograr mis metas.

A mis padres Teófilo & Bárbara

Porque son mi ejemplo a seguir, modelos de sacrificio y esfuerzo, por sus valores, consejos, motivación, y porque han dado todo para que estudie y pueda ser un profesional de bien.

A mis familiares.

A mis hermanas Teresa y Bárbara porque de una manera u otra formaron parte de mi motivación para llegar a ser un profesional.

A mis maestros.

Quienes me ayudaron en la elaboración de esta tesis en especial a mi asesor Ing. Francisco Sánchez por dedicarme su tiempo e ideas para la corrección; Ing. César Féliz por estar a la orden en cuanto a cualquier inquietud.

A mis amigos.

Kelvin Martínez porque gracias a él pude elaborar este trabajo de grado; José Gómez quien desde el inicio me brindó su apoyo; Francisco Francisco por estar siempre a la disposición a la hora de recurrir a las facilidades de la biblioteca en

busca de información; a Rosa, Dominga y Walkiria por las atenciones en el proceso administrativo del trabajo de grado y cierre de la carrera. Finalmente a mi compañero de tesis Willy por su colaboración para lograr realizar un buen trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN ..... **II**

AGRADECIMIENTOS ..... **IV**

TABLA DE CONTENIDO ..... **VIII**

LISTA DE TABLAS ..... **XI**

LISTA DE ILUSTRACIONES ..... **XII**

INTRODUCCIÓN **1**

OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN **3**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **4**

DELIMITACIÓN EN TIEMPO Y ESPACIO **5**

DISEÑO METODOLÓGICO **6**

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO **11**

1.1 ASPECTOS INSTITUCIONALES 11

1.1.1 Historia de la empresa *11*

1.1.2 Logo de la empresa *13*

1.1.3 Misión *13*

1.1.4 Visión *14*

1.1.5 Valores y objetivos *14*

1.1.6 Ubicación geográfica *14*

1.2 HISTORIA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA 16

1.3 TIPOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA 18

1.3.1 Plantas de generación hidroeléctrica *18*

1.3.2 Plantas de generación térmica *23*

1.3.3 Plantas de generación eólicas *26*

1.3.4 Energía solar fotovoltáica *27*

1.4 MARCO LEGAL Y REGULATORIO 45

1.5 NORMATIVA APLICABLE 55

1.6 EL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE LA REPÚBLICA DOMINICANA 58

CAPÍTULO 2. SITUACIÓN ACTUAL 63

2.1 INTRODUCCIÓN 63

2.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN 64

2.2.1 La observación *64*

2.2.2 Información proporcionada por el personal *64*

2.2.3 Aplicación de la técnica de entrevista *65*

CAPÍTULO 3. CALCULOS DE DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTÁICO 68

3.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO, CÁLCULO E INSTALACIÓN 68

3.2 DETERMINACIÓN DE LA CARGA Y ENERGÍA CONSUMIDA 69

3.3 SELECCIÓN DE PANEL FOTOVOLTÁICO E INVERSOR 69

3.4 CALCULO DE NÚMERO DE PANELES FOTOVOLTAICOS 71

3.5 CONFORMACIÓN DE ARREGLOS DE PANELES 72

3.6 CALCULO DE INVERSORES NECESARIOS 73

3.7 CÁLCULOS DE ÁREA 73

3.8 CÁLCULOS DE INCLINACIÓN, SOMBRAS Y DISTANCIA ENTRE PANELES 75

3.9 DIAGRAMA DE DISTRIBUCIONES DE PANELES 76

3.10 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS DE ENERGÍA FOTOVOLTÁICA 76

3.11 ESTRUCTURA Y ANCLAJES 77

3.12 DIAGRAMA UNIFILAR 80

3.13 CÁLCULOS DE CABLEADO 81

CAPITULO 4. ANALISIS ECONOMICO 85

4.1COSTO DE INSTALACIÓN 85

4.2 AHORRO MENSUAL 85

4.3TABLA DE FLUJOS DE CAJAS Y PERÍODO DE RECUPERACIÓN 86

4.4 TABLA DE AMORTIZACIÓN DE PRÉSTAMO EN BANCA PRIVADA 88

CONCLUSIÓN 96

RECOMENDACIONES 99

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 100

LISTA DE TABLAS

Tablas **Página**

Tabla 1. Clasificación del viento de acuerdo a su intensidad 27

Tabla 2. Capacidades de los proyectos de energías renovables, ley 57-07 51

Tabla 3. Incentivos para la generación eléctrica con fuentes renovables 55

Tabla 4. Paneles por inversor 73

Tabla 5. Inversión inicial e instalación 85

Tabla 6. Beneficios 86

Tabla 7. Beneficio por venta de bonos de carbono 86

Tabla 8. Flujos de caja, TIR y VAN 87

Tabla 9. Amortizaciones en caso de préstamo 95

Tabla 10. Facturación tabulada de enero a octubre de 2015 144

Tabla 11.Dimensiones de los conductores eléctricos desnudos. 164

Tabla 12. Calibre mínimo conductor de aterrizaje para equipo según corriente. 166

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración **Página**

Ilustración 1. Logo de la empresa AVON 13
Ilustración 2. Ubicación de la Empresa Avon en relieve 15
Ilustración 3. Ubicación de la Empresa Avon, Haina, RD ampliada 15
Ilustración 4. Central hidroeléctrica con turbina Pelton 19
Ilustración 5. Central Hidroeléctrica Macagua II 20
Ilustración 6. Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande 21
Ilustración 7. Ejemplo de cortina 21
Ilustración 8. Descripción de caja espiral y conductos de planta hidroeléctrica 22
Ilustración 9. Casa de Máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Sopladora, Ecuador. 23
Ilustración 10. Componentes principales de una planta térmica. 24
Ilustración 11. Intensidad media de la radiación solar 29
Ilustración 12. Ángulos de incidencia del sol 30
Ilustración 13. Posición aparente del sol 31
Ilustración 14. Anglo horizontal del sol 32
Ilustración 15. Silicio Monocristalino (a y b) y Policristalino (c y d) 36
Ilustración 16. Celda thin film 38
Ilustración 17. Celda de silicio amorfo 39
Ilustración 18. Celdas CIGS 40
Ilustración 19. Celda de telurio de Cadmio 41
Ilustración 20. Sistema fotovoltáico 45
Ilustración 21.Generaciónanual por tipo de combustible 61
Ilustración 22. Costos de producción eléctrica por fuente de combustible. 63

Ilustración 23. Guía para el diseño de un sistema de generación fotovoltáico 68

Ilustración 24. Mono X™ NeON Module 70

Ilustración 25. Schneider Conext CL 40000NA 71

Ilustración 26. Ángulos de los paneles 75

Ilustración 27. Esquema de conexión de los módulos o conjunto de paneles 77

Ilustración 28. Base de los módulos 78

Ilustración 29. Tornillos 78

Ilustración 30. Anclaje 79

Ilustración 31. Diagrama unifilar del sistema de generación fotovoltáico 80

Ilustración 32. Amortización 95

Ilustración 33. Amortización % Intereses en azul & Principal en marrón 95

Ilustración 1. Comparación entre el aprovechamiento de energías renovables (a) y el de energías no renovables 116

Ilustración 34. Ficha técnica panel LG Mono X NeON 131

Ilustración 35. Ficha técnica inversor Conext CL 140

Ilustración 36. Vista en planta Distribución de Paneles. 142

Ilustración 37. Factura mes de Marzo 2015 145

Ilustración 38. Ficha técnica generador 75 kVA. 150

Ilustración 39. Ficha técnica generador 375 kVA. 154

Ilustración 40. Ficha técnica generador 500 kVA. 158

Ilustración 41. Generadores 500 y 375 kVA respectivamente. 159

Ilustración 42. Generador 75 kVA. 160

Ilustración 43. Dimensiones techo Avon. 162

Ilustración 44. Irradiación Directa Normal. 168

Ilustración 45. Irradiación Global Horizontal. 169

INTRODUCCIÓN

La compañía AVON Dominicana dedicada a la manufactura de productos cosméticos, en su planta principal ubicada en el municipio de Haina, San Cristóbal, República Dominicana, ha estado siendo afectada por el alto costo en la facturación de la energía eléctrica y los apagones que le obligan a trabajar con las plantas generadoras de emergencia. El departamento de ingeniería y mantenimiento de la empresa, viendo esta situación, ha optado por explorar alternativas de energía eléctrica más estables, baratas y limpia.

La energía que utiliza actualmente la empresa es la proporcionada por medio de la red y en caso de faltar esta última, encienden las plantas diésel de emergencia, este sistema implica alta facturación y paradas en el proceso, lo que se traduce en altos costes, reparaciones, reemplazos, retrasos, etc. La empresa busca fuentes alternativas que le garanticen ahorro, estabilidad y bajo impacto ambiental.

En busca de mejorar la situación actual de la empresa, el presente trabajo tiene como objetivo el diseño de una planta generadora a partir de energía fotovoltáica con su análisis técnico-económico.

El enfoque para desarrollar esta investigación será diseñar un sistema de generación fotovoltáico que satisfaga las necesidades de la empresa en cuanto a generación y economía.

El contenido técnico de la investigación se muestra en forma descriptiva iniciando con las informaciones básicas de soporte, donde se explica los aspectos institucionales, luego se describe la situación actual de la empresa, en donde se diagnostica una gran deficiencia en cuanto a la gestión de la energía eléctrica.

A partir de la información proporcionada por el personal y análisis nuestro, se procede a hacer el análisis económico, para pasar posteriormente a las distintas propuestas de mejoras y lo más importante, el diseño del programa de generación de energía fotovoltáica.

OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

Objetivo General

- Proponer el diseño e implementación del uso de la energía fotovoltáica en Avon Dominicana.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del uso y costo de la energía en Avon Dominicana.
- Diseñar un sistema de generación de energía fotovoltáica.
- Analizar técnica y económicamente el sistema de generación.
- Plantear como usar de forma eficiente la energía generada.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la empresa Avon dominicana hace años busca la manera de abaratar sus costos en materia de uso de energía eléctrica. Su factura es muy elevada y no es un suministro que brinde seguridad y constancia, esto lleva a la empresa a tener que depender con frecuencia de sus generadores de emergencia. Dichos generadores funcionan con Diésel, este combustible es costoso y no muy amigable con el medio ambiente.

En la actualidad la empresa sufre, en términos económicos, las consecuencias del gasto de combustible y la alta facturación, debido a esto están buscando una alternativa económicamente viable de generar su propia energía y llegar a ser lo más autosuficiente posible. Cuentan con poco espacio a nivel del suelo, pero tienen un gran techo plano, desperdiciado, que es ideal para paneles solares.

Necesitan que la solución sea lo menos contaminante posible, razón por la cual, quieren que la fuente primaria de energía de su planta generadora sea renovable, esto demostraría el compromiso que tiene AVON con el medio ambiente a nivel mundial, además de ayudar a reducir la contaminación al municipio de Haina que llego a ser el más contaminado de américa.

A la empresa les agrada la idea de generar energía mediante el uso de paneles solares, pero necesitan un diseño que los convenza de la viabilidad de un proyecto de esta envergadura, a nivel económico y técnico.

DELIMITACIÓN EN TIEMPO Y ESPACIO

El presente trabajo contempla el análisis técnico y económico que indique la factibilidad de la puesta en funcionamiento de un campo de paneles solares que cubran las necesidades de la empresa AVON dominicana, ubicada en el municipio de Haina, provincia San Cristóbal, República Dominicana. Se diseña el sistema con base en un período de recuperación de no más de 12 años, período ideal para cualquier proyecto eléctrico de envergadura.

El período seleccionado para el diseño del sistema de generación a partir de energía solar corresponde al período Septiembre-Diciembre del año 2016. Este plazo es suficiente para analizar los datos de la empresa y diseñar el sistema.

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipos de investigación

Según el objeto de estudio de esta investigación, los tipos utilizados serán:

Explicativo:

Según Arias (2012) “Es aquella que se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis”.

Se utilizará éste tipo de investigación, debido a que se hablará detalladamente las razones de porqué Avon Dominicana necesita el sistema de generación fotovoltáico.

Documental:

El conocimiento de las herramientas e informaciones documentales que servirán de soporte, se tomará una decisión de cuáles de estas serán tomadas en cuenta para el diseño del sistema de generación solar.

De acuerdo a esto Arias (2012) expresa que “la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de

datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas".

Descriptiva:

Según el autor Arias (2012), define "la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere" (pag.24).

La investigación es descriptiva, debido a que los datos recogidos fueron revisados tal y como ocurren en la realidad de Avon Dominicana, sin modificarlos, empleando el método de la observación, el cual permitirá describir, conocer e interpretar todos los valores involucrados en la investigación.

De campo:

Según Arias (2012) la investigación de campo "es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes".

Las visitas a la empresa se realizaron con la finalidad de identificar con mayor precisión en donde se encuentran las deficiencias y así poder determinar con más facilidad el tipo de sistema a implementar.

Técnicas

- **Observación**

Se observaron los diversos factores, cuya función primera e inmediata será la recolección de datos e información que surgen para esta investigación. La observación abre las puertas para la determinación de las causas y los efectos para el diagnóstico de la situación actual de Avon Dominicana.

Según Baena (2009) expresa que "en esta técnica no se hacen preguntas, todo lo investigado es sujeto a la observación por parte del investigador, quien debe tomar nota de todo lo que ocurre a su alrededor".

- **Consultas bibliográficas**

Se consultaron libros, enciclopedias, revistas e informes de los organismos que rigen el sistema eléctrico nacional e internacional, en el que se investigará información acerca de generación fotoeléctrica, sus ventajas / desventajas, entre otros datos. Gran parte de estas informaciones serán parte del marco teórico y los objetivos de esta investigación.

- **Consulta en base de datos**

Se utilizó la tecnología de internet como una herramienta para encontrar información, con el fin de encontrar documentos y publicaciones importantes que enriquecerán la investigación. Además, se van a consultar trabajos, tesis y otros documentos relacionados al tema.

- **Entrevistas al personal**

La entrevista al personal será utilizada como una herramienta de obtención de información relevantes a la investigación, tal y como lo explican los autores Martínez & Galán (2014), “la característica esencial de la entrevista, y su aportación principal como técnica de recogida de datos, es que permite profundizar más allá de la formulación de la pregunta, e incluso añadir nuevas preguntas para obtener una información más completa y precisa, y esto es lo que hace de la entrevista una técnica compleja requiriendo de una gran profesionalidad y experiencia del entrevistador, para que sea provechosa”.

Las entrevistas son de gran importancia ya que por medio de ellas será más puntual el detectar en donde se encuentran las oportunidades de mejora en la empresa, tanto en la parte técnica como en la administrativa.

Método

- **Metodología inductiva**

La metodología de esta investigación fue inductiva debido a que se parte de unos datos particulares de un problema para llegar a generar conclusiones generales que abarquen todos los datos observados y analizados, tal y como lo afirma el autor Torres (2006), que con esta metodología “se utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones, cuya aplicación sea de carácter general. El método se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría”.

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Aspectos institucionales

El siguiente contenido fue obtenido de la página web que posee actualmente la empresa AVON. (AVON, 2015)

1.1.1 Historia de la empresa

El Señor David H. McConnell inició su negocio de venta de libros de puerta en puerta, regalando una fragancia creada por él mismo por la compra de cada libro. Sus fragancias se volvieron tan populares que con el tiempo muchas mujeres adquirían libros para poder obtener los apreciados perfumes de McConnell.

En 1886, se fundó la empresa "California Perfume Company (CPC)" en Nueva York. A medida que la compañía fue creciendo, surgió la idea de contratar representantes para dar a conocer sus perfumes. La primera Representante de la empresa fue la Srta. Florence Albee.

En 1896, McConnell construyó un pequeño laboratorio en Suffern, Nueva York, lo que más tarde se convertiría en el "Avon Suffern de Investigación y Desarrollo" que servía a la empresa para realizar sus creaciones de cosmética.

En 1918, cinco millones de unidades de cosméticos fueron vendidas en EEUU. Para 1928, las ventas alcanzaron los 2 millones de dólares. En octubre de 1936 llegó el momento de crear una "marca" a tan exitosa aventura: Avon Products, Inc. El nombre obedece a la ciudad donde nació Shakespeare, por quien el Sr. McConnell sentía gran admiración.

Más de 125 años después, se siguen creando los mejores productos de cosmética en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Avon en Suffern, Nueva York, dirigido por un gran equipo de más de 300 científicos que cada año incorporan innovadoras fórmulas al desarrollo de sus productos.

Este Centro es una inversión de $100 millones de dólares, que demuestran el compromiso de la Marca de lanzar al mercado productos innovadores para satisfacer la demanda de millones de usuarios en todo el mundo.

La experiencia de Avon durante más de 125 años y su permanencia a nivel mundial confirman el liderazgo de la Marca y la consolidan como una compañía comprometida con la salud, la belleza y autorrealización de la mujer a nivel mundial.

Avon es una gran oportunidad de negocio para millones de mujeres alrededor del mundo.

1.1.2 Logo de la empresa

Ilustración 1. Logo de la empresa AVON

Fuente: Página web de AVON

1.1.3 Misión

• Líder Global en Belleza

• La elección de las mujeres para comprar

• El Vendedor Directo Premier

• El mejor lugar para trabajar

• La Fundación más grande para la mujer

• La Compañía más admirada

1.1.4 Visión

Ser la compañía que mejor entienda y satisfaga las necesidades de productos, servicio y autoestima de la mujer en todo el mundo.

1.1.5 Valores y objetivos

• Confianza

• Respeto

• Credibilidad

• Humildad

• Integridad

1.1.6 Ubicación geográfica

Oficina Principal

Productos Avon

Avenida de la Refinería, esq. Calle zona industrial de Haina San Cristóbal, República Dominicana.

Teléfono:

809-542-5727

Interior sin cargos:

1-829-200-5727

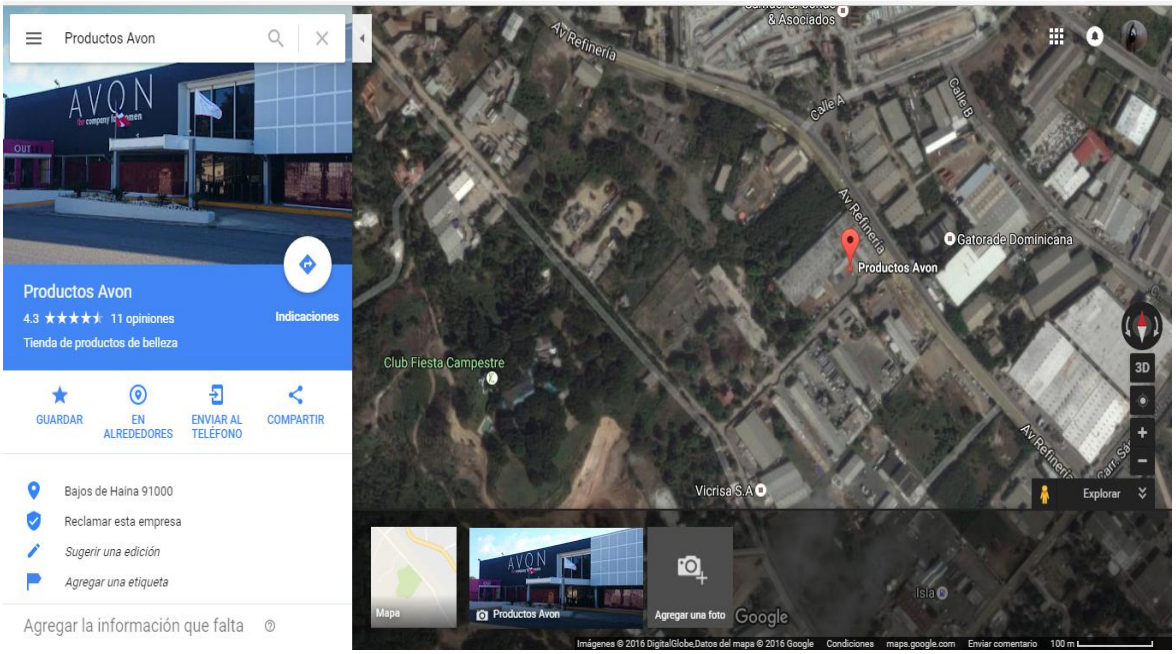


Ilustración 2. Ubicación de la Empresa Avon en relieve

Fuente: (Google, 2016)

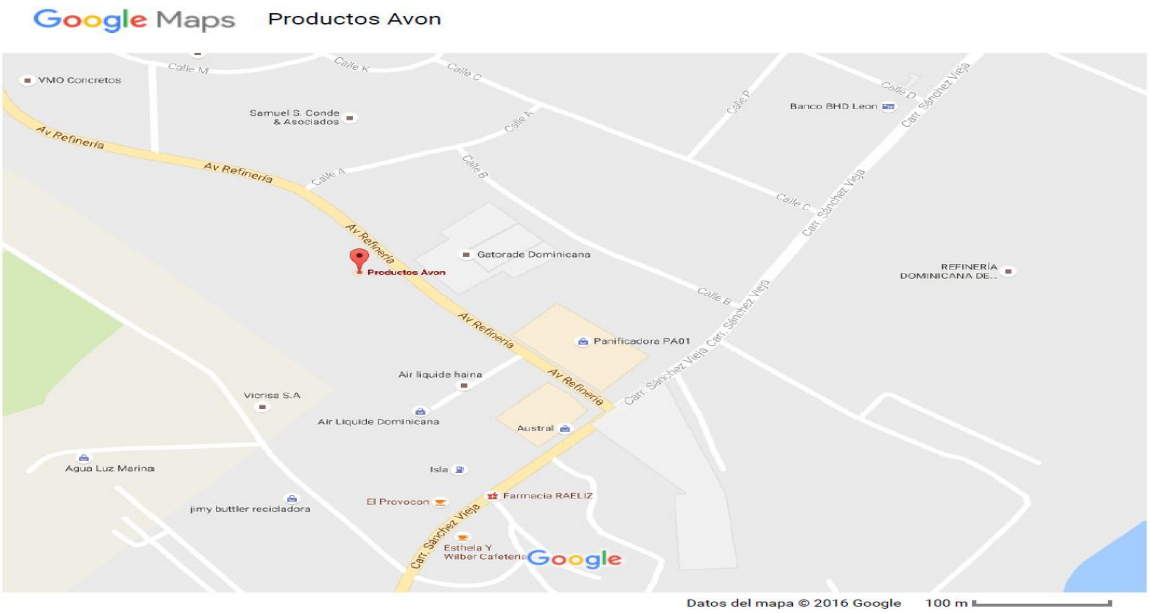


Ilustración 3. Ubicación de la Empresa Avon, Haina, RD ampliada

Fuente: (Google, 2016)

1.2 Historia de la energía eléctrica

Hay varias versiones sobre la evolución histórica de la electricidad pero los autores de esta investigación hicieron un recuento de los puntos neurálgicos en la historia de la electricidad ordenados cronológicamente.

- 600 A.C.: El filósofo griego Tales de Mileto descubre que al frotar una varilla de ámbar con un trozo de lana se crean cargas que podían atraer objetos pequeños, después este proceso fue nombrado efecto triboeléctrico.

- 1752 D.C.: Benjamín Franklin descubre la naturaleza eléctrica del rayo, mediante un experimento con un papalote, esto lo ayudo a inventar el pararrayos.

- 1800 D.C: Alejandro Volta inventa la primera batería o pila capaz de producir energía eléctrica.

- 1820 D.C: Hans Christian Orsted mediante sus experimentos descubre que la corriente eléctrica crea un campo magnético.

- 1831 D.C: Michael Faraday demuestra que el magnetismo produce electricidad a través del movimiento, inducción electromagnética.

- 1833 D.C: Heinrich Friederich Lenz Formula la ley de la oposición de las Corrientes inducidas.

- 1841 D.C: James Prescott Joule demuestra que la electricidad es una forma de energía y que a los circuitos eléctricos cumplen con la ley de conservación de la energía.

- 1851 D.C: León Foucault descubre la existencia de corrientes inducidas o parasitas cuando un conductor atraviesa un campo magnético variable o viceversa.

- 1879 D.C: Thomas Edison inventa la bombilla eléctrica, electrificando un filamento carbonizado en vacío.

- 1881 D.C: Lucien Gaulard y John Gibbs hicieron una demostración de un transformador de energía en Londres.

- 1882 D.C: Edison enciende el primer sistema de distribución de energía eléctrica en el mundo, utilizando 110 V de corriente directa.

- 1888 D.C: Nicola Tesla diseña el primer sistema de generación y transmisión de corriente alterna y a la vez el primer motor de corriente alterna.

- 1896 D.C: George Westinghouse instala un planta generadora en las cataratas del Niagara, con el cual genera grandes cantidades de electricidad (A.C), lejos de las ciudades, y termina desplazando la (D.C) de Edison.

- Los acontecimientos ocurridos a partir de esa fecha se han basado en la evolución de las máquinas eléctricas y conductores existentes, aumento de

tensiones de transmisión y la introducción de la electrónica, permitiendo así, la combinación de los dos tipos de corriente aprovechando las propiedades de cada una.

1.3 Tipos de generación de energía eléctrica

Existen varias clasificaciones de plantas de generación, dependiendo de la fuente primaria y el proceso que usen para generar la electricidad, según los autores de esta investigación las más importantes son estas 6 clasificaciones:

1.3.1 Plantas de generación hidroeléctrica

Las plantas de generación hidroeléctricas tienen una tarea básica, convertir la energía potencial y cinética del agua en energía eléctrica mediante el uso de una turbina hidráulica acoplada a un generador. Estas se utilizan desde finales del siglo XIX y no han variado mucho desde entonces.

1.3.1.1 Tipos de plantas hidroeléctricas

El autor Wildi Theodore en su libro *Máquinas Eléctricas y sistema de potencia* expone que las plantas hidroeléctricas, se dividen en tres grupos, dependiendo de la caída del agua (Wildi, 2007):

1. <u>Desarrollo de caída alta</u>

Los desarrollos de caída alta, regularmente son pequeñas, en cuanto al embalse se refiere, y tienen caídas de más de 300 m, la turbina preferida para el uso en estas plantas son las Pelton de alta velocidad.

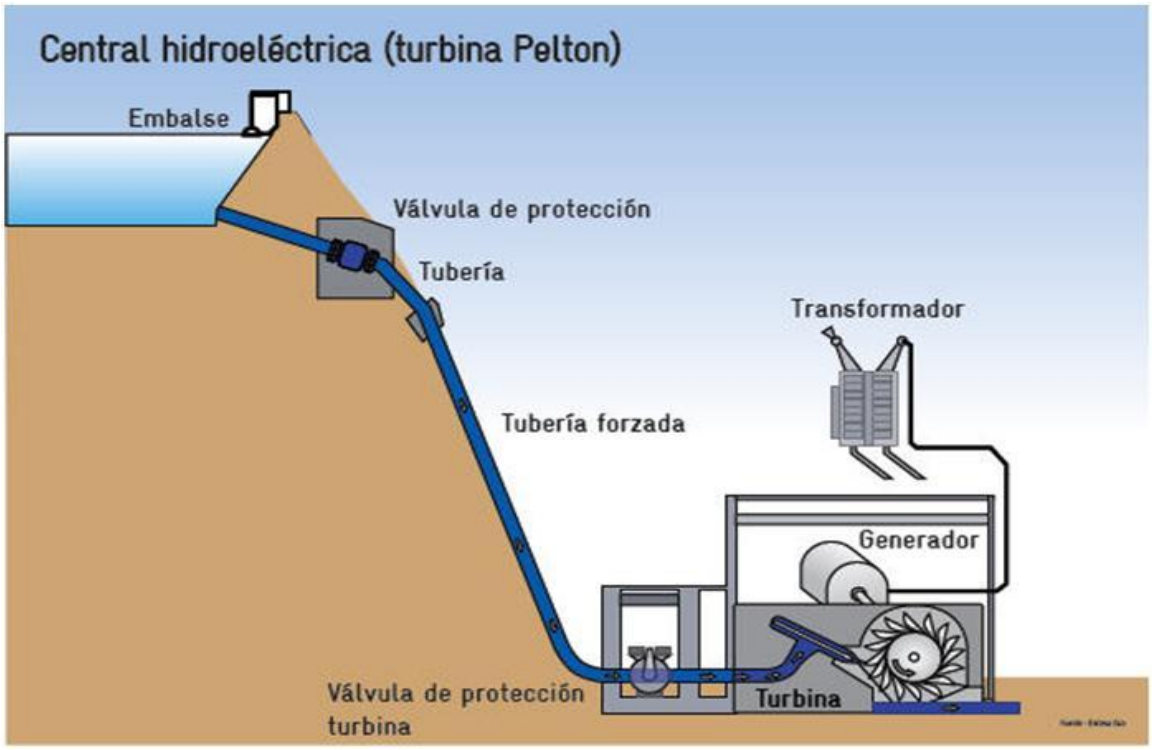


Ilustración 4. Central hidroeléctrica con turbina Pelton

Fuente: (Armada, 2015)

2. <u>Desarrollo de caída mediana</u>

Los desarrollos de caída mediana utilizan grandes embalses de agua, construidos, en la mayoría de los casos, en lechos de ríos retenidos por una cortina, para alimentar la turbina y tienen caídas de entre 30 m y 300 m. Las turbinas preferidas para este tipo de planta son las Francis de mediana velocidad.

Ilustración 5. Central Hidroeléctrica Macagua II

Fuente: (Saiauft, 2013)

3. Desarrollo de caída baja

Los desarrollos de caída baja manejan grandes volúmenes de agua a una presión baja, tienen caídas de menos de 30 m y, en la mayoría de los casos, no requieren embalases. Las turbinas preferidas para estas son las Kaplan y las Francis. Se usan directamente en los caudales de los ríos o en corrientes de temporada lluviosa, como en Uruguay.

Ilustración 6. Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande

Fuente: (GEA consultores, 2016)

1.3.1.2 Composicion de una planta hidroelectrica

Los autores de esta investigación están de acuerdo en que una planta de generación hidroeléctrica se compone de 4 partes fundamentales:

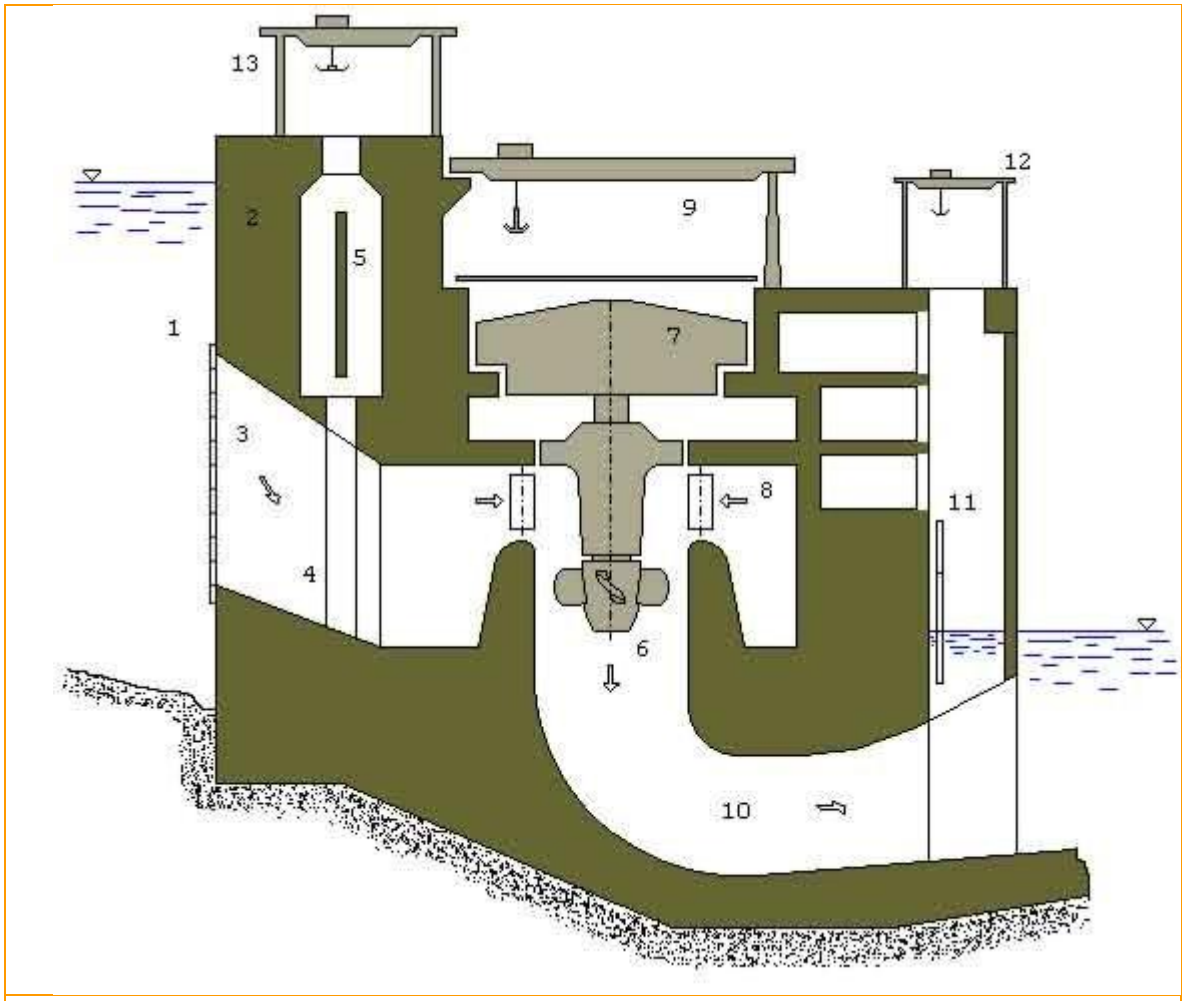
1. **Cortinas**: Estas son las estructuras encargadas de represar el flujo de agua, están hechas, regularmente, de tierra o concreto, aunque se pueden hacer de cualquier material capaz de obstruir o detener el flujo de agua. Son utilizados para regular el flujo de agua durante las estaciones secas y húmedas, ayudadas por mecanismos de descarga para las estaciones húmedas.

Ilustración 7. Ejemplo de cortina

Fuente: (Ramírez, 2011)

2. **Conductos, tuberías de presión y caja espiral:** Como su nombre los dice los conductos son los encargados de llevar el agua hacia la o las cámaras de

generación, pueden ser canales o túneles. Estos se conectan a las tuberías de presión que mediante el uso de válvulas se puede regular el flujo que va hacia la caja espiral encardada de distribuir el agua de manera uniforme a las aspas de las turbinas.



1. Embalse, 2. Presa de contención, 3. Entrada de agua a las máquinas (toma), con reja, 4. Conducto de entrada del agua, 5. Compuertas planas de entrada, en posición "izadas", 6. Turbina hidráulica, 7. Alternador, 8. Directrices para regulación de la entrada de agua a turbina, 9. Puente de grúa de la sala de máquinas, 10. Salida de agua (tubo de aspiración), 11. Compuertas planas de salida, en posición "izadas", 12. Puente grúa para maniobrar compuertas de salida, 13. Puente grúa para maniobrar compuertas de entrada.

Ilustración 8. Descripción de caja espiral y conductos de planta hidroeléctrica

Fuente: (profesorenlinea. cl, 2015)

3. **Tubo de aspiración y canal de descarga**: El tubo de aspiración toma el agua que sale de la turbina y la conduce al canal de descarga. Este tubo está diseñado cuidadosamente para que el flujo de agua no se ralentice.
4. **Cámara o central de generación:** En esta están las maquinas eléctricas, dispositivos de control y turbinas de generación.

Ilustración 9. Casa de Máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Sopladora, Ecuador.

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2012)

1.3.2 Plantas de generación térmica

El autor (Wildi, 2007) define a las plantas de generación térmicas como “aquellas que producen electricidad a partir del calor liberado por la combustión de carbón, petróleo o gas natural”.

Los autores de esta investigación creen que la definición debe ser ampliada y agregar a las plantas nucleares, biomasa, geotérmicas y una variedad de las solares, ya que trabajan bajo el mismo principio básico.

Estas centrales en la mayoría de los casos son construidas cerca de flujos o depósitos de agua, por la gran cantidad de agua requerida para condensar el vapor después de haber sido usado en el proceso de generación de electricidad.

1.3.2.1 Composición de una planta de generación térmica

En la ilustración 10, se pueden ver las partes de una planta de potencia térmica básica explicada más abajo por los autores de la investigación.

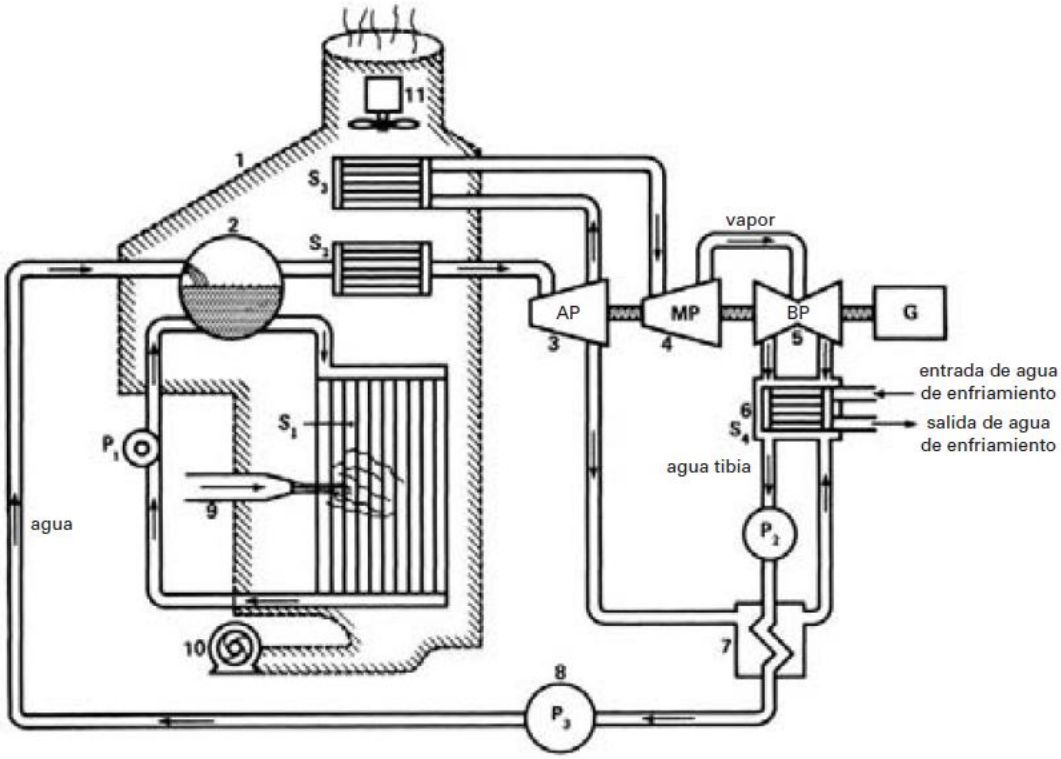


Ilustración 10. Componentes principales de una planta térmica.

Fuente: (Wildi, 2007), página 678.

1. Según el autor (Wildi, 2007) esta es la caldera y la define como “un horno que transfiere el calor del combustible que se quema a los tubos de agua (S1)”. Los autores de la investigación la definen como un maquina generadora de vapor, este vapor es producido mediante la trasferencia del calor hacia los tubos de agua (S1), y la bomba (P1) se encarga de mantener el flujo de agua hacia los tubos y así mantener constante la producción de vapor.
2. Es un deposito que contiene el vapor a alta presión y agua, este vapor pasaría rápidamente al sobre calentador S2, que se encarga de incrementar la temperatura del vapor y así garantizar que este seco.
3. Esta es la turbina de alta presión, esta recibe el vapor, como su nombre lo indica, a altas presiones y convierte esa energía térmica en mecánica. El vapor que sale de esta se sobrecalienta en el sobre calentador S3, para aumentar su energía calórica.
4. Esta es la turbina de media presión, esta recibe el vapor desde el calentador S3 y hace el mismo proceso de la turbina anterior, pero ya a presiones menores.
5. Aquí tenemos la turbina de baja presión que es la encargada de extraer la energía restante en el vapor.
6. Este es el condensador, hace que el vapor pase por los tubos de enfriamiento (S4), se enfríe y por ende, se condense y cree vacío.
7. El recalentador recibe el agua tibia del condensador y el agua fresca, calentándolas utilizando el vapor residual de la turbina de alta presión.

8. Esta bomba toma el agua caliente y la envía hacia el depósito a iniciar de nuevo el ciclo.
9. Los quemadores son los encargados de regular el flujo de combustible inyectado a la caldera.
10. El ventilador de tiro forzado suministra el aire necesario para la combustión.
11. El ventilador de tiro inducido se encarga de sacar los gases de la cámara de combustión.
12. Ya por último, está el generador, que es el encargado de convertir la energía mecánica producida en energía eléctrica.

Este es un diagrama básico de la plantas de generación térmica y en la mayoría de los casos solo cambia la forma en la que se genera el vapor.

Cabe destacar que al ser básico el diagrama se obvia las válvulas, cojinetes y demás accesorios que permiten el funcionamiento adecuado de una planta térmica.

La mayoría de la energía eléctrica producida en el mundo es generada usando plantas térmicas.

1.3.3 Plantas de generación eólicas

Estas plantas convierten parte de la energía del viento en energía eléctrica, por medio de turbinas acopladas a generadores, convirtiéndose así, en un complemento para las plantas térmicas e hidroeléctricas.

Es fácil saber que el viento posee energía, partiendo de que tiene masa y velocidad, podemos utilizar la fórmula de la energía cinética $E_k = \frac{1}{2}mv^2$.

Las turbinas utilizadas extraen una parte de esa energía y acopladas al generador la convierten en energía eléctrica.

Dependiendo de la velocidad del viento, se puede catalogar de la siguiente manera:

brisa leve	3 m/s	11 km/h
brisa moderada	7 m/s	25 km/h
brisa fuerte	12 m/s	43 km/h
Ventarrón	18 m/s	65 km/h
Huracán	>32 m/s	>115 km/h

Tabla 1. Clasificación del viento de acuerdo a su intensidad

Fuente: Tomado de (Wildi, 2007), página 692.

Las turbinas regularme trabajan o generan electricidad cuando la velocidad del viento oscila entre 5 y 15 m/s.

1.3.4 Energía solar fotovoltáica

1.3.4.1 Historia

En esta parte los autores de esta investigación recopilan los acontecimientos más importantes ocurridos en la historia del uso de la energía fotovoltáica.

- 1839: Edmund Becquerel descubre que ciertos materiales generaban pequeñas corrientes al ser expuestos a la luz.

- 1873: Willoughby Smith se da cuenta que el selenio poseía propiedades fotovoltaicas.
- 1904: Albert Einstein crea teorías en la que explica el efecto fotovoltáico.
- 1921: Albert Einstein recibe premio Nobel por sus teorías de 1904.
- 1954: Los investigadores D. M. Chaplin, C. S. Fuller y G. L. Pearson de los laboratorios Bell producen la primera celda de silicio, de la que se obtenía energía eléctrica directamente de la luz solar con una eficiencia de 6%.

La NASA ha tenido un papel especial en cuanto al desarrollo de la tecnología solar, debido a que es su principal fuente de energía en el espacio.

1.3.4.2 Radiación solar

El Sol es una pequeña estrella cuya temperatura media ronda los 5,500 °C, y con la energía que irradia alimenta nuestro sistema planetario. Esta energía liberada por el Sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación solar.

Según datos de la Nasa, la radiación solar es 63, 450,720 W/m^2, pero a la atmosfera de la tierra solo llegan 1, 353 W/m^2, variable durante el año un ± 3% a causa de la elipticidad de la órbita terrestre. Pero, como podemos ver en la ilustración 11, a la superficie de la tierra solo llega el 1/3 parte y el 70% va al mar.

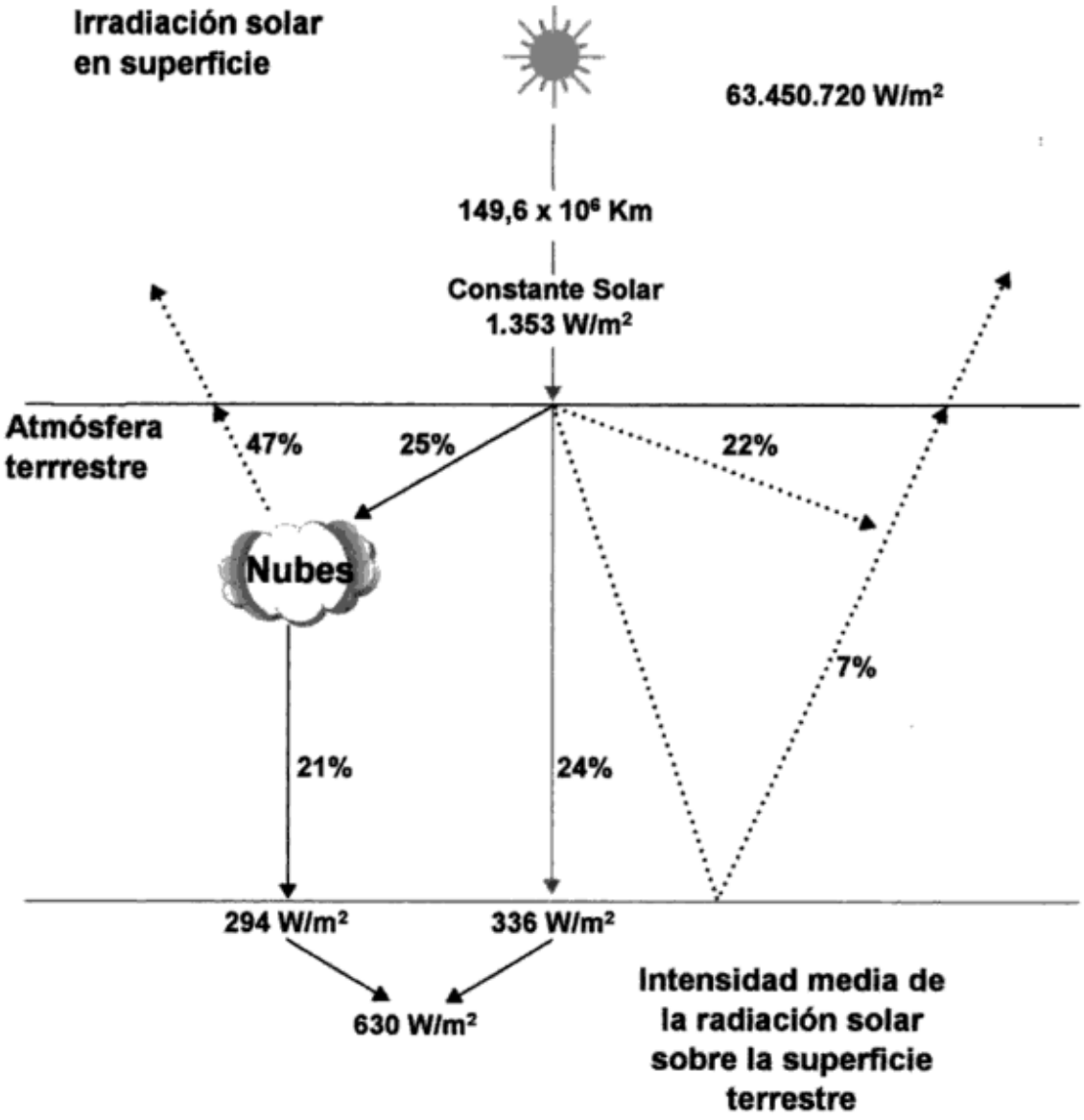


Ilustración 11. Intensidad media de la radiación solar

Fuente: (Méndez Muñiz & Cuervo García, 1995)

1.3.4.3 Tipos de radiación solar

En función de cómo inciden los rayos en la Tierra, los autores Javier María Méndez Muñiz y Rafael Cuervo García en su libro *Energía Solar Fotovoltáica*, distinguen tres componentes de la radiación solar (Méndez Muñiz & Cuervo García, 1995):

- **Directa:** es la recibida desde el sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.
- **Difusa:** es la que sufre cambios en su dirección principalmente debido a la reflexión y difusión en la atmósfera.
- **Albedo:** es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

1.3.4.4 Movimientos del sol

El sol dibuja trayectorias diferentes según la estación del año. En invierno subió poco y en verano mucho, lo que hace que las sombras sean diferentes en unas estaciones y en otras.

Para conocer el movimiento del sol se utilizará un sistema de coordenadas con dos ángulos, que permite saber en cada momento donde se encuentra.

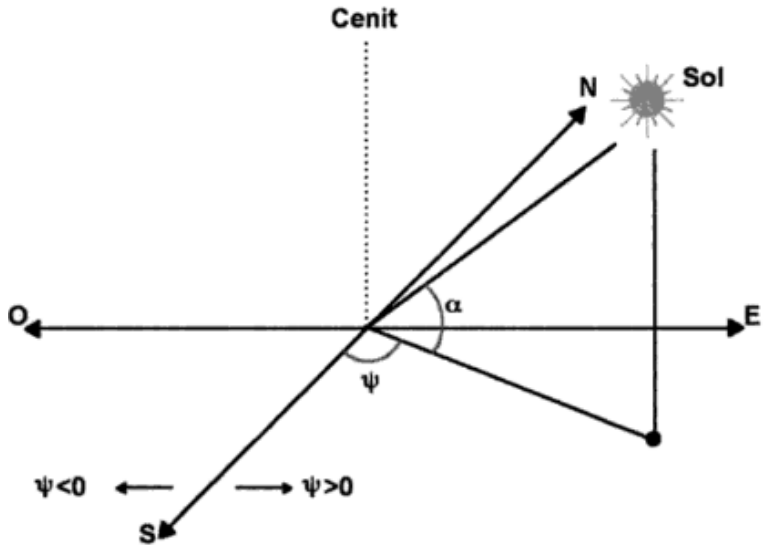


Ilustración 12. Ángulos de incidencia del sol

Fuente: (Méndez Muñiz & Cuervo García, 1995)

- **Altura solar (α):** es el ángulo formado por la posición aparente del Sol en el cielo con la horizontal del lugar.

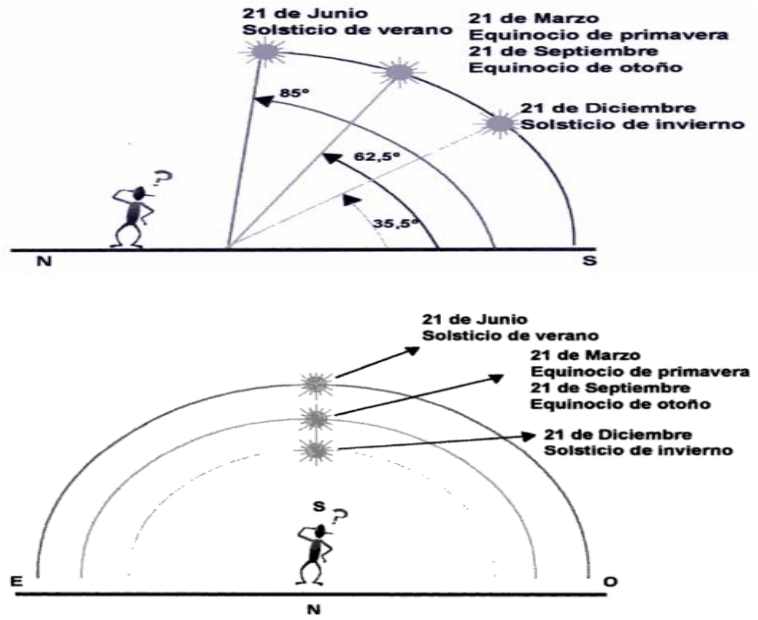


Ilustración 13. Posición aparente del sol

Fuente: (Méndez Muñiz & Cuervo García, 1995)

- **Azimut solar (ψ):** es el ángulo horizontal formado por la posición del Sol y la dirección del verdadero sur.

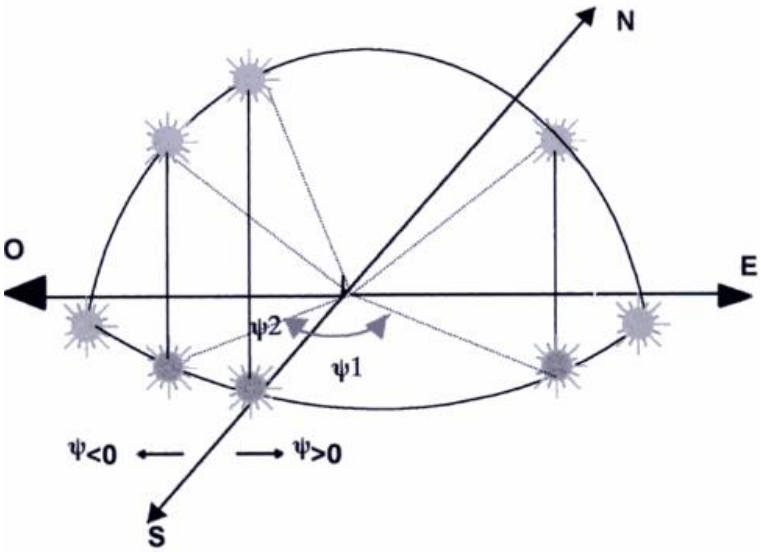


Ilustración 14. Anglo horizontal del sol

Fuente: (Méndez Muñiz & Cuervo García, 1995)

Para obtener el azimut y la altura solar, se utilizan unas tablas que definen dichas coordenadas en función del día del año, de la hora solar y de la altitud, con las que se puede saber la posición del Sol en cada momento lo que permite calcular las sombras que producen los objetos en determinados momentos, o puede ayudar a programar un sistema de seguimiento solar.

Para conseguirla mayor producción de una instalación interesa que los paneles solares estén en todo momento perpendiculares a los rayos solares, para lo que el sistema de paneles deberá tener dos grados de libertad.

1.3.4.5 La energía solar

La energía solar, como su nombre lo indica, es la energía irradiada por el sol, y es la que tiene el mayor potencial de aprovechamiento entre las energías renovables. Según datos del Consejo mundial de energía (Consejo mundial de energia , 2016), la tierra recibe 473 exajoules (473×1.018 joules) de energía al año, eso sería 7, 500 veces el consumo mundial, esto quiere decir que en 1 Hr y 15 Min la tierra recibe toda la energía que usamos en un año. Claro, toda esa energía no es utilizable, pero nos da una idea de la gran cantidad de energía que irradia este coloso a la tierra.

1.3.4.6 Valoración del recurso solar

Lo primero que hay que hacer cuando nos planteamos construir una instalación de aprovechamiento de energía solar es valorar la existencia del recurso en la zona.

Para saber de qué cantidad de energía solar disponemos tenemos que consultar las tablas de radiación solar del emplazamiento. (Ver Anexo 10)

No se acostumbra a efectuar mediciones de la radiación solar en el propio emplazamiento para diseñar una planta solar. Siempre se utilizan los valores tabulados, que a pesar de que no sean exactos son valores que sirven para poder dimensionar correctamente las instalaciones solares.

Además de la energía irradiada por el sol se debe tomar en cuenta las sombras, orientación e inclinación de los paneles, la distancia de instalación y demás cálculos que garanticen sacar el máximo rendimiento de los equipos garantizando que el sol les dé directamente a los paneles la mayor parte del año.

El uso de este tipo de energía tiene ventajas y desventajas que se deben evaluar antes de hacer la instalación de una planta de generación de energía solar. Los autores (Méndez Muñiz & Cuervo García, 1995) destacan las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Reemplaza fuentes de energía como combustibles fósiles.
- Es una fuente de energía inagotable.
- Es un tipo de energía limpia y segura.
- Bajo impacto ambiental.
- No tiene costos considerables una vez instalada.
- Independencia de compañías de generación de energía eléctrica.

- Mantenimiento simple.
- No produce ruido.
- Larga vida útil (30 años aprox.).

Desventajas:

- Alto costo de inversión inicial.
- Generación depende de las condiciones climáticas.
- Impacto visual negativo si no se cuida la integración de los módulos solares en el entorno.
- Puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles.

1.3.4.7 Panel fotovoltáico

Los paneles fotovoltaicos actuales utilizan capas de materiales semiconductores para absorber los fotones de la radiación solar y convertirlos en energía eléctrica. Pero cada uno de estos materiales solo es capaz de utilizar los fotones hasta un cierto nivel, de manera que incluso los paneles más eficientes solo aprovechan el 30% de la energía solar.

Esta situación podría cambiar a partir de los descubrimientos realizados por Wladek Walukiewicz y su equipo del laboratorio Lawrence Berkeley National de California. Los investigadores han comprobado que el material semiconductor denominado InGaN (indio-galionitrógeno), superpuesto en varias capas y en distintos porcentajes, permite absorber con mucha mayor eficacia la energía de los fotones.

De acuerdo con los investigadores, también serviría para prolongar la vida de los paneles solares de los satélites en el espacio, al mejorar su capacidad para hacer frente a las temperaturas extremas y a los rayos cósmicos.

1.3.4.8 Tipos de celda

El siguiente contenido fue obtenido de Generación Eléctrica con Energías Renovables. (Solar Energy, 2015)

Silicio cristalizado (V200 km)

Logra una eficiencia media a un coste medio. Una doble capa anti reflectante y una superficie frontal con pirámides invertidas minimizan las pérdidas ópticas. La oblea de silicio tiene un espesor de 400 µm, ofreciendo una larga trayectoria óptica y, por lo tanto, aumentando la absorción de fotones con una energía mayor que el band gap del silicio.

Una capa dieléctrica de SiO2 se inserta entre la oblea de silicio y un conductor de aluminio con el fin de obtener una superficie altamente reflectante en la parte trasera de la celda.

En el caso de paneles industriales de silicio, se utilizan recubrimientos anti reflectantes de doble-capa. Además las obleas de silicio monocristalino se sustituyen por obleas multicristalinas.

Silicio monocristalino

Actualmente en el mercado la mayoría de los paneles son monocristalinos. El proceso de fabricación es el siguiente: El silicio se purifica, se funde y se cristaliza en lingotes. Los lingotes son cortados en finas obleas para hacer celdas individuales. Las celdas monocristalinas tienen un color uniforme, generalmente azul o negro.

Silicio policristalino

Las celdas policristalinas se fabrican de forma similar a las monocristalinas. La principal diferencia es que se utiliza un silicio de bajo coste. Generalmente redunda en una reducción en la eficiencia, pero los fabricantes defienden que el precio por kW es menor.

La superficie de las celdas policristalinas tiene un patrón aleatorio de cristalización en lugar del color homogéneo de las celdas monocristalinas (Ilustración 15).

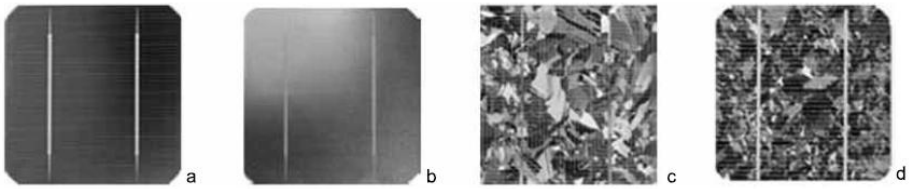


Ilustración 15. Silicio Monocristalino (a y b) y Policristalino (c y d)

Fuente: (Solar Energy, 2015)

Silicio ribbon

Los paneles fotovoltaicos tipo ribbon se realizan mediante el estiramiento de silicio fundido en lugar de la utilización de un lingote. El principio de funcionamiento es el mismo que en el caso de las celdas monocristalinas y policristalinas.

El recubrimiento antireflectivo utilizado en la mayoría de las celdas ribbon tiene una apariencia prismática multicolor.

Thin film (V5 km)

Se encuentra por detrás de la tecnología convencional en términos de eficiencia pero es la más barata y ligera por lo que es óptima para su colocación en tejados (Ilustración 16).

Es el material más eficiente de condiciones pobres, mientras que también resulta extremadamente robusto, a prueba de vandalismo. Eficacia de aproximadamente 6%.

Los módulos PV thin film tienen un precio por vatio más bajo y son menos sensibles que los módulos cristalinos convencionales a las elevaciones de temperatura (para las regiones calientes) así como a la luz difusa.

La solución de acoplamiento paralelo masivo es la solución idealmente adaptada a los módulos thin film en término de coste y de rentabilidad, para los proyectos en tejidos así como para los proyectos de construcción integra de módulos fotovoltaicos en fachada. Estas aplicaciones aumentan la producción total en las condiciones reales de funcionamiento (nubes, pedazos de hojas, manchas, sombras proyectadas, luz difusa, degradación posible de un módulo, etc.) y permiten una reducción del diseño y los costes de integración.

El fenómeno es similar a lo que miramos en guirnalda de luces utilizadas para los árboles de navidad. Cuando solo una sola bombilla eléctrica se para, el conjunto de la guirnalda de luces es inactivo. Cuando un de módulo PV que compone la serie, tiene un nivel de resultado inferior a otros, se reducirá la potencia de salida para todos los demás módulos PV de la serie, al nivel de potencia del más débil.

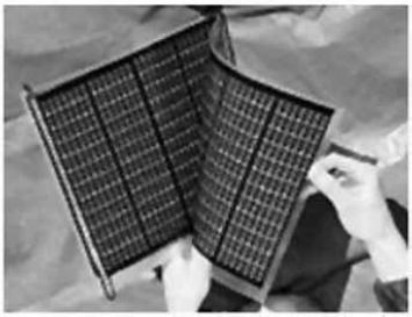


Ilustración 16. Celda thin film

Fuente: (Solar Energy, 2015)

Silicio amorfo

En comparación con el band gap del silicio cristalino de 1.1 eV, el silicio amorfo ofrece un band gap variable de 1.1 - 1.75 eV, controlado por la composición de la aleación de silicio. Adicionalmente, el silicio amorfo ofrece un coeficiente de absortividad mayor que el cristalino en el espectro visible. De esta forma, el espesor de silicio amorfo puede ser menor de 1 µm.

Generalmente la celda amorfa consiste en una unión p-i-n (o n-i-p): una capa transparente de TCO (óxido conductor transparente) en la parte frontal y una capa metálica como contacto y reflector trasero (Ilustración 17).

- **Ventajas:** Las celdas de silicio amorfo pueden fabricarse a una temperatura de deposición relativamente baja, generalmente entre 200 °C - 500 °C, lo que permite el uso de varios sustratos de bajo coste.
- **Desventajas:** El silicio amorfo sufre una degradación debido a la luz al inicio de su operación.

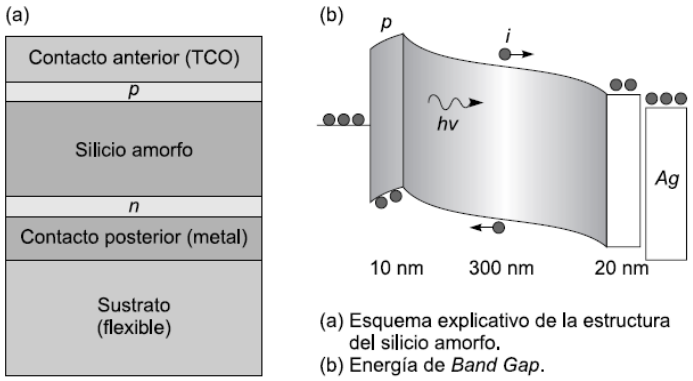


Ilustración 17. Celda de silicio amorfo

Fuente: (Solar Energy, 2015)

Celdas fotovoltaicas de cobre indio galio y diselenuro (CIS $CuInSe_2$) (CIGS Cu (InGa) Se2)

Es uno de los thin film con mayor potencial debido a su alta eficiencia y bajo coste.

Las celdas CIGS ofrecen un band gap variable mediante la composición de In-Ga para maximizar la absorción del espectro solar. El band gap varía desde 1.02 eV a 1.68 eV. Las celdas CIGS ofrecen el mayor coeficiente de absorción dentro de la tecnología thin-film, lo que permite que alrededor del 99% de los fotones sean absorbidos por los primeros micrómetros del material (Ilustración 18).

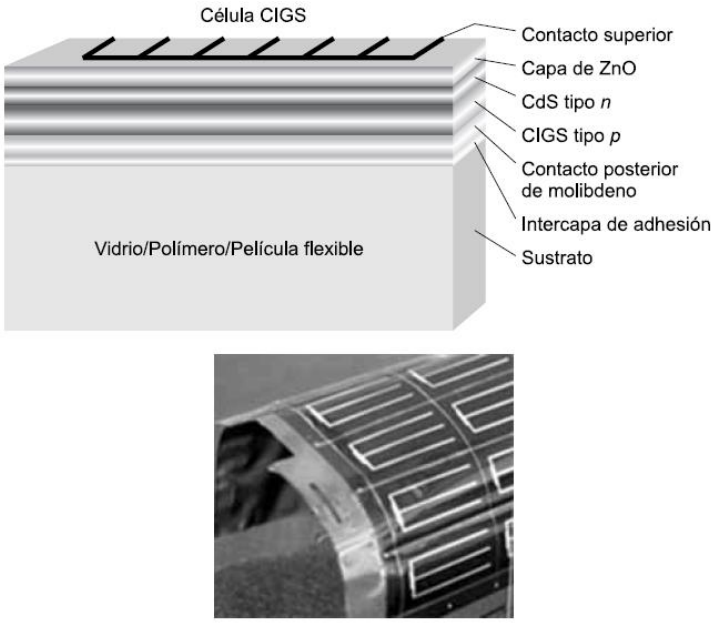


Ilustración 18. Celdas CIGS

Fuente: (Solar Energy, 2015)

Una celda de silicio convencional está formada por una capa de contacto de molibdeno, mientras que el CIGS, por una fina de CdS o ZnS y una bicapa de aluminio y óxido de zinc como TCO.

- **Ventajas**: reducción de costes en materiales.
- **Desventajas:** método de fabricación complicado y con necesidad de inversión importante. Otro problema que se plantea con esta tecnología es la disponibilidad de materiales y la toxicidad de la capa CdS.

Teluro de cadmio

Otra de las tecnologías thin film que está siendo investigada últimamente es el teluro de cadmio.

Una celda típica de teluro de cadmio está formada por una capa (tipo p) de teluro de cadmio, unida a una fina capa tipo n de CdS y finalmente formada por una capa de TCO (generalmente SnO2), la cual está conectada con el contacto eléctrico (Ilustración 19).

- **Ventajas:** existen multitud de técnicas para la fabricación de esta tecnología de thin film, la mayoría de los cuales tiene un gran potencial para producciones a gran escala.
- **Desventajas:** el coste de los materiales.

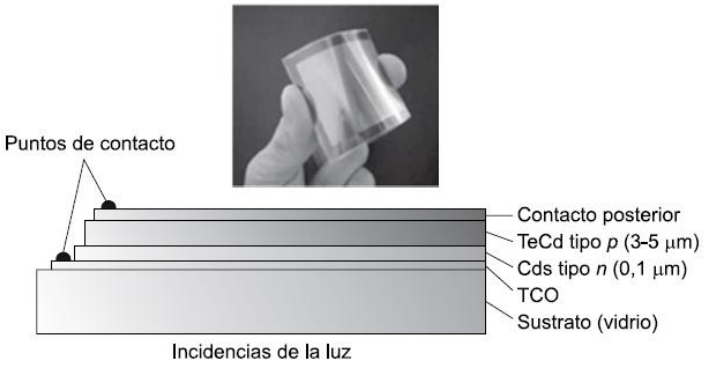


Ilustración 19. Celda de telurio de Cadmio

Fuente: (Solar Energy, 2015)

Microsilicio

Esta tecnología espera mejorar los rendimientos y costes del silicio amorfo. Se espera que pronto sea un competidor del resto de materiales thin film. La alta eficiencia del microsilicio y su baja degradación debido a la luz, hacen que las empresas industriales estén dedicando recursos a la investigación en esta tecnología.

Dióxido de titanio

Capas impregnadas de dióxido de titanio se utilizan para generar tensión en lugar del material semiconductor que se utiliza en la mayoría de las celdas fotovoltaicas. Debido a que el titanio resulta relativamente barato, ofrecen un gran potencial de reducción de costes.

1.3.4.9 Descripción de sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltáico es un conjunto de componentes que se combinan para convertir la energía irradiada por el sol en energía eléctrica.

Según los autores de esta investigación estos sistemas se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. **Aislados:** con batería o sin batería.

Estos sistemas tienen como objetivo, satisfacer la necesidad total de energía del lugar donde serán instalados.

Normalmente están equipados con sistemas de acumulación de energía para satisfacer la demanda de energía también en las noches cuando no hay energía solar para producir. Eso se debe tomar en cuenta al momento de establecer las dimensiones del sistema.

Cabe mencionar que los principales componentes son:

- Paneles fotovoltaicos
- Regulador de carga
- Sistema de acumulación
- Inversor
- Elementos de protección del circuito

2. **Conectados a la red**

Estos sistemas inyectan la energía generada directamente a la red. Está conformado por componentes de regulación y seguridad más robustos que el sistema aislado y las baterías se hacen innecesarias.

Cabe mencionar que los principales componentes son:

- Paneles fotovoltaicos
- Inversor
- Elementos de protección del circuito
- Contador de energía

3. **Híbridos:** combinados con otro tipo de generación de energía eléctrica.

Este es una mezcla de los dos sistemas anteriores e implica esencialmente integrar una fuente de generación extra al de generación solar para que actúe en caso de ser necesario, logrando así garantizar energía en todo momento sin depender de la red.

1.3.4.10 Breve descripción de los principales componentes de un sistema de generación a partir de energía solar fotovoltáica

- **Paneles fotovoltaicos:** Se encargan de convertir la energía solar en eléctrica.
- **Baterías o acumuladores:** almacenan la energía eléctrica producida por los paneles.
- **Regulador de carga:** Se encarga de regular el flujo de energía que va a las baterías, además monitorea las baterías para mantenerlas cargadas.
- **Inversor eléctrico:** Se encarga de transformar la corriente continua producida por los paneles en corriente alterna.
- **Elementos de protección del circuito:** Son un conjunto de dispositivos cuya función es proteger los equipos de sobretensiones o situaciones que puedan dañarlos.

- **Contador de energía:** Contabiliza la energía producida por el sistema fotovoltáico.

La ilustración 20 nos muestra la disposición de los equipos que componen un sistema de generación fotovoltáico.

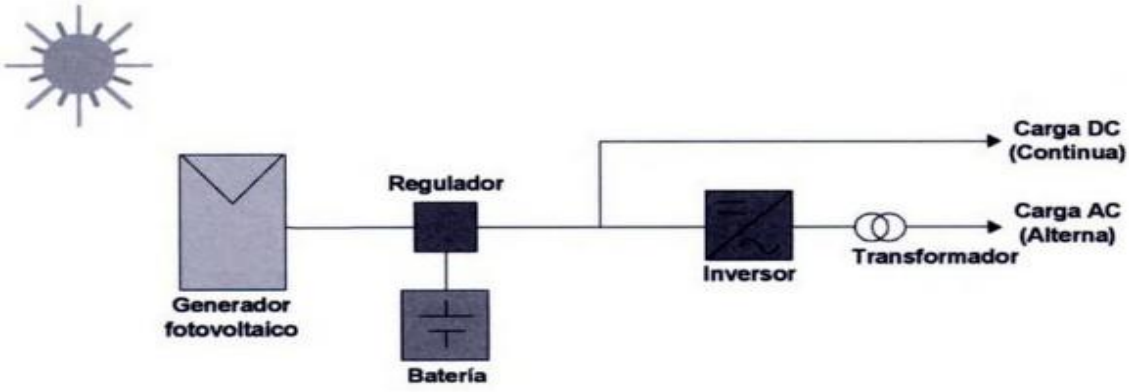


Ilustración 20. Sistema fotovoltáico

Fuente: (Moro Vallina, 2010)

1.4 Marco legal y regulatorio

El siguiente contenido fue obtenido de Diagnóstico y Definición de Las Líneas Estratégicas del Subsector Fuentes de Energías Nuevas y Renovables Dominicanas (M., 2008).

La República Dominicana en sí, no cuenta con una ley específica de energías renovables pero si cuenta con un marco legal y regulatorio que toca varios aspectos relacionados con ellas.

Según el marco legal y regulatorio estas son las leyes que la constituyen:

• **Ley 112-00 –Hidrocarburos**

En esta ley se establecen los impuestos sobre los combustibles fósiles y derivados del petróleo, política de precios, fiscalización y sanciones.

En cuanto a las energías renovables, establece un fondo especial para el a) Fomento de programas de energía alternativa, renovables o limpias, y .b) Programa de ahorro de energía (Art. 1, PARRAFO IV). El Poder Ejecutivo coordinará la asignación de los recursos afectados a este fondo entre las instituciones públicas responsables de perseguir los objetivos antes señalados. Dicho fondo será constituido a partir del 1° de enero del año 2002 con el dos por ciento (2%) de los ingresos percibidos, en virtud de la aplicación de la presente ley, con un incremento anual de uno por ciento (1%) hasta alcanzar el cinco por ciento (5%) de dichos ingresos.

• Ley 125-01- Ley General de Electricidad, su Reglamento (Decreto 555-02) y su modificación (Decreto 749-02).

La Ley General de Electricidad de (LGE 125-00) establece el marco regulatorio del subsector eléctrico en lo referente a la producción, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, y a las funciones de los organismos del Estado relacionados con estas materias. (Art. 3).

El objetivo de la ley es fortalecer el desarrollo del subsector eléctrico al a) Promover y garantizar la oportuna oferta de electricidad que requiera el desarrollo del país, b) Promover la participación privada en el desarrollo del subsector; c) Promover una sana competencia en todas aquellas actividades en que ello sea factible y velar porque ella sea efectiva, d) Regular los precios e) Velar porque el suministro y la comercialización de la electricidad se efectúen con criterios de neutralidad y sin

discriminación; y f) Asegurar la protección de los derechos de los usuarios y el cumplimiento de sus obligaciones.

La LGE no constituye impedimento alguno para la generación de energía eléctrica con fuentes de energía renovables. En particular se tienen los siguientes artículos pertinentes a la generación con renovables:

- Las actividades de generación de electricidad y la transmisión no requieren concesión en sistemas interconectados o aislados cuando la demanda máxima en potencia sea inferior a la establecida en el reglamento, pudiendo ser realizada libremente cumpliendo las normas técnicas y de operación contenidas en esta ley y en su reglamento (Párrafo I, Art. 41).
- Queda establecido que el sistema de transmisión y la generación eléctrica por cualquier medio hidráulico, sólo podrán ser establecidos y operados por el Estado Dominicano. Entendiéndose que estas actividades se mantienen totalmente estatales (Art. 131).
- Se dan a las energías renovables las siguientes *preferencias*:
    - Las empresas distribuidoras y comercializadoras en igualdad de precios y condiciones, les darán preferencia en las compras y despacho de electricidad a las empresas que produzcan o generen energía eléctrica a partir de medios no convencionales que son renovables como: la hidroeléctrica, la eólica, solar, biomasa y marina y otras fuentes de energía renovable (Art. 112).

- Las empresas que desarrollen de forma exclusiva la generación de energía renovable, tales como: eólica, solar, biomasa, marina y otras fuentes alternativas, estarán exentas de todo pago de impuestos nacionales o municipales durante cinco (5) años, a partir de su fecha de instalación, previa certificación de la Secretaría de Estado de Industria y Comercio (Art. 112, Párrafo).
- Las empresas de generación eléctrica, auto-generadores y cogeneradores que vendan sus excedentes pueden conectar sus unidades y entregar toda su energía disponible al SENI (Sistema Eléctrico Nacional Interconectado). Los tramos serán operados por la empresa de transmisión y pueden ser parte de las propiedades de las empresas una vez sean adquiridos con quienes los hayan construido (Art. 11). Excepcionalmente, cada una de las tres empresas de distribución resultantes del proceso de capitalización de la Corporación Dominicana de Electricidad podrán ser propietarias directa o indirectamente de instalaciones de generación, siempre que esta capacidad no exceda el quince por ciento (15%) de la demanda máxima del sistema eléctrico interconectado. (Art. 11, Párrafo I). La energía renovable proveniente del viento, el sol, agua y otras fuentes no forman parte del porcentaje contemplado en la presente ley en relación a la generación de energía eléctrica (Art. 11, Párrafo III).

La LGE también establece la creación por el Poder Ejecutivo la creación de varias empresas (ETED y EGEHID) entre las que se cuenta la Unidad de Electrificación

Rural y Sub-urbana (UERS), para asegurar la electrificación de las zonas pobladas de familias de escasos recursos económicos, la cual funcionará bajo la dirección de la CDEEE (Art. 138).

Decreto 555-02 y 749-02.

El reglamento de la LGE establece que "Todas las personas jurídicas que intervienen en la producción, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, así como en la operación y mantenimiento de instalaciones, equipos y artefactos eléctricos, ya sea en el SENI o en Sistemas Aislados se sujetarán a lo dispuesto en la Ley y este Reglamento. Así mismo se sujetarán a la Ley y a este Reglamento los Clientes o Usuarios Regulados y No Regulados" (ART. 4). Este reglamento, en cuanto a las FAER se refiere, solamente hace mención a los cogeneradores en relación a su interconexión al SENI.

• Ley 64-00-Ley de Medio Ambiente.

La Ley del Medio Ambiente tiene por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales, asegurando su uso sostenible (Art. 1). De acuerdo a esta ley, los proyectos, como los de energía, requieren de estudios de impacto ambiental. Según el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental del SEMAREN (2002) existen 3 categorías de actividades (A, B, C), de las cuales B y C no necesariamente requieren de un estudio de impacto ambiental. Los proyectos de FAER se encuentran clasificados como sigue:

- ✓ Las actividades relacionadas con energía renovable que pertenecen a la categoría A son Presas y Embalses, centrales hidroeléctricas (>20 MW), ingenios azucareros y proyectos en áreas protegidas.
- ✓ Actividades en las categorías B y C: todas las actividades del sector agropecuarias y forestales y la generación de energía a partir de residuos sólidos, hidroeléctricas (<20 MW), parques eólicos y subestaciones.
- ✓ No hay alusión explicita a las destilerías de alcohol pero pueden estar cobijadas bajo actividades en los ingenios azucareros.
- ✓ Las plantas de refinación de biodiesel tampoco están explícitamente cobijadas por los procedimientos de evaluación de impacto ambiental.

• Ley 5852-64 Ley sobre Dominio de Aguas Terrestres y Distribución de Aguas Públicas, y la Ley 6-65 de Creación del INDRHI.

Esta ley establece la utilización de los recursos hídricos para la generación de electricidad y las condiciones en las cuales estos proyectos se pueden realizar (Capítulo II).

• Ley 57-07-Ley de Incentivo a las Energía Renovables y Regímenes Especiales.

Esta Ley promulgada el 7 de Mayo de 2007, es un logro sobresaliente de la CNE y se constituye en un factor decisivo en el desarrollo de estas fuentes. Esta Ley se encuentra a Agosto de 2007 en proceso de reglamentación84. La Ley constituye el

marco legal básico más la reglamentación resultará al final ser decisiva para el desarrollo de las energías renovables en el país.

La ley constituye el marco normativo y regulatorio básico que se ha de aplicar en todo el territorio nacional, para incentivar y regular el desarrollo y la inversión proyectos que aprovechen cualquier fuente de energía renovable y que procuren acogerse a dichos incentivos (Art. 2, alcance de la Ley).

A la ley podrán acogerse a los incentivos establecidos en esta ley, previa demostración de su viabilidad física, técnica, medioambiental y financiera, todos los proyectos de instalaciones públicas, privadas, mixtas, corporativas y/o cooperativas de producción de energía o de producción de bio-combustibles, de las fuentes cuyos tipos de proyectos y capacidades (Art. 5, ámbito de aplicación) se dan en la Tabla 2.

Tipo de Proyecto	**Capacidad Instalada**
Parques Eólicos	hasta 50 MW
Instalaciones Hidroeléctricas	hasta 5 MW
SFV interconectados a la red	Cualquier potencia
Energía Solar Concentrada	Hasta 120 MW
Centrales Eléctricas a base de Biomasa	Hasta 80 MW por unidad
Plantas de producción de Biocombustibles	Cualquier volumen
Cultivos energéticos para producción aceite	Cualquier volumen
Energías Oceánicas	Cualquier potencia
Instalaciones Termo solares	Cualquier potencia

Tabla 2. Capacidades de los proyectos de energías renovables, ley 57-07

Las capacidades de los proyectos pueden duplicarse si su desarrollo inicial alcanza el 50% del propuesto. Los proyectos hidroeléctricos con capacidades inferiores a 5 MW podrán ser concesionados a empresas privadas o particulares.
La CNE es la institución encargada de dar seguimiento al cumplimiento de esta ley (Art. 6).

La ley también crea un Organismo Asesor como organismo consultivo y da su composición. La Ley también da atribuciones a la CNE (Art. 8), dándole también atribuciones sobre el FIN (Fondo de Interés Nacional) constituido en virtud de la Ley 112-00 (Párrafo I).

Dentro del marco, se encuentra también los incentivos a la producción y uso de la energía renovable. La Ley define los diferentes tipos de incentivos, de equipos amparados por ella (Artículos 9 a 12). Estipula también que los reglamentos incluirán los límites de incentivos aplicables a cada tecnología (Art. 12, Párrafo II). Da un incentivo especial a los proyectos de origen comunitario y estipula que estos podrán acceder a fondos de financiamiento a las tasas más bajas del mercado y hasta por 75% de total de la obra y su instalación (Art. 13). Finalmente entre los incentivos, se destaca que los Certificados por reducción de emisiones pertenecerán a los proyectos de los proyectos (Art. 14).

La Ley establece también el Régimen Especial de Producción Eléctrica (Cap. IV). Se desarrollará un reglamento para este régimen especial de generación (Art.15). Se establecerá el régimen especial y el procedimiento para recibir los beneficios de esta ley.

Se establecen los derechos y atribuciones de los productores de energía, así como la retribución más una prima o incentivo de compensación (Art. 18). La Tabla 3 resume los incentivos a la generación de energía eléctrica.

Tipos de Incentivos		Monto	Observaciones
Exención de Impuestos.	Impuestos de Importación.	100%	A los equipos, maquinarias y accesorios importados por las empresas o personas individuales, necesarios para la producción de energía de fuentes renovables. También la importación de los equipos de transformación, transmisión e interconexión de energía eléctrica al SENI para los proyectos basados en fuentes renovables.
	Impuesto de Transferencia a los Bienes Industrializados y Servicios (ITBIS) y de todos los impuestos a la venta final.	100%	A los equipos, maquinarias y accesorios importados por las empresas o personas individuales, necesarios para la producción de energía de fuentes renovables. También la importación de los equipos de transformación, transmisión e interconexión de energía eléctrica al SENI para los proyectos basados en fuentes renovables.
	Impuesto sobre la Renta.	Mínimo de 35%	Se liberan por un período de diez años (10) años a partir del inicio de sus operaciones, y con vigencia máxima hasta el año 2020, del pago del impuesto sobre la renta sobre los ingresos derivados de la generación y venta de electricidad, agua caliente, vapor, fuerza motriz, biocombustibles o combustibles

			sintéticos señalados, generados a base de fuentes de energía renovables, así como de los ingresos derivados de la venta e instalación de los equipos, partes y sistemas que se describen en el artículo 8, párrafo II de la presente ley,
Reducción de Impuestos.	Impuestos al financiamiento externo.	5%	Se reduce a 5% el impuesto por concepto de pago de intereses por financiamiento externo establecido en el artículo 306 del Código Tributario, modificado por la ley de Reforma Tributaria No.557-05, del 13 de diciembre del 2005, para aquellos proyectos desarrollados bajo el amparo de la presente ley.
Incentivo fiscal a los autoproductores.		Hasta 75%	En función de la tecnología de energías renovables asociada a cada proyecto, se otorga hasta un 75% del costo de la inversión en equipos, como crédito único al impuesto sobre la renta, a los propietarios o inquilinos de viviendas familiares, casas comerciales o industriales que cambien o amplíen para sistemas de fuentes renovables en la provisión de su autoconsumo energético privado y cuyos proyectos hayan sido aprobados por los organismos competentes. Dicho crédito fiscal será descontado en los tres (3) años siguientes al impuesto sobre la renta anual a ser pagado por el beneficiario del mismo en proporción del 33.33%.
Incentivo a proyectos comunitarios.		Hasta 75%	Todas aquellas instituciones de interés social (organizaciones comunitarias, asociaciones de productores, cooperativas registradas e incorporadas)

		que deseen desarrollar fuentes de energía renovables a pequeña escala (hasta 500 kW) y destinado a uso comunitario, podrán acceder a fondos de financiamientos a las tasas más bajas del mercado para proyectos de desarrollo, por un monto de hasta el 75% del costo total de la obra y su instalación.
Certificados y/o bonos por reducción de emisiones contaminantes.		Los certificados o bonos por reducción de emisiones (secuestro de carbono) canjeables según el llamado "Acuerdo de Kyoto" y que puedan derivarse de los proyectos de Energía renovables, pertenecerán a los propietarios de dichos proyectos para beneficio comercial de los mismos.

Tabla 3. Incentivos para la generación eléctrica con fuentes renovables

1.5 Normativa aplicable

1) Ley de Incentivo al Desarrollo de las Energía Renovales y sus Regímenes Especiales No. 57-07, promulgada el 7 de mayo de 2007, modificada por la Ley No. 115-15, de Incentivo al Desarrollo de las Energías Renovables y sus Regímenes Especiales, estableció, conforme con lo dispuesto por el Capítulo IV, un “Régimen Especial para la Producción de Energía Eléctrica”; a los fines de la presente propuesta son particularmente aplicables los siguientes artículos de dicha ley:

   - *Artículo 2.- Alcance de la ley.* La presente ley constituye el marco normativo y regulatorio básico que se ha de aplicar en todo el territorio nacional, para incentivar y regular el desarrollo y la inversión en proyectos que aprovechen cualquier fuente de energía renovable y que procuren acogerse a dichos incentivos.

2) Ley general de electricidad No. 125-01 (LGE), de fecha 26 de julio de 2001, y sus modificaciones, en particular, el Articulo 24, Literal “c” y el Articulo 54 resultan especialmente aplicables.

Art. 24.- Corresponderá a la Superintendencia de Electricidad:

- Fiscalizar y supervisar el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias, así como de las normas técnicas en relación con la generación, la transmisión, la distribución y la comercialización de electricidad. En particular, verificar el cumplimiento de la calidad y continuidad del suministro, la preservación del medio ambiente, la seguridad de las instalaciones y otras condiciones de eficiencia de los servicios que se presten a los usuarios, de acuerdo a las regulaciones establecidas;

Art. 54.- Los concesionarios que desarrollen cualquiera de las actividades de generación y distribución estarán sometidos a las disposiciones de esta ley y de su reglamento, y en particular estarán obligados, en lo que aplique a:

a) Efectuar la construcción de las obras y ponerlas en servicios en los plazos señalados en la autorización de concesión.

b) Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente y segura. De acuerdo con lo establecido en el reglamento.

c) Garantizar la calidad y continuidad del servicio conforme a lo que se establezca en la autorización de concesión y en el reglamento.

d) Aplicar, cuando fuere el caso, los precios regulados que se fijen de conformidad con las disposiciones de la presente ley y su reglamento.

e) Presentar información técnica y económica a La Comisión y La Superintendencia en la forma y plazos fijados en el reglamento.

f) Facilitar las inspecciones técnicas que a sus instalaciones disponga La Superintendencia.

g) Cumplir con las normas legales y reglamentarias sobre conservación del medio ambiente.

h) Aceptar conexiones entre sí, de acuerdo con la reglamentación vigente.

3) El Reglamento para la aplicación de la Ley General de Electricidad No. 125-01 (RLGE), y sus modificaciones, en particular, los Artículos 94, y 103 al 106 inclusive, resultan especialmente aplicables.

ART. 94.- Las Empresas Eléctricas están obligadas, previa a la puesta en servicio de sus Obras Eléctricas, a solicitar la correspondiente autorización a la SIE, con un plazo de antelación máximo de dos (2) meses a la puesta en servicio de la misma, de conformidad con lo establecido en el presente Reglamento.

ART. 103.- Las Empresas Eléctricas de Generación, de Distribución y de Comercialización, los Autoproductores y Cogeneradores son responsables de las infracciones cometidas por sus dependientes en el ejercicio de sus funciones, de conformidad con el artículo 126 de la Ley.

ART. 104.- Las Empresas Eléctricas están obligadas a suministrar a la SIE y a la CNE toda la información técnica, financiera, económica y estadística necesaria, que le sea requerida por éstas, de manera veraz, correcta y completa, en la forma y plazo en que sea solicitada por cada una de dichas instituciones, so pena de incurrir

en una falta muy grave a la Ley y al presente Reglamento. La veracidad de la información suministrada podrá ser verificada por la institución de que se trate, para lo cual están autorizadas a tener acceso a las instalaciones, libros de contabilidad y demás documentación de respaldo de dichas informaciones.

ART. 105.- Las Empresas Eléctricas se encuentran obligadas a suministrar a la SIE a más tardar el día treinta (30) de octubre de cada año, los planes de inversión previstos para el año siguiente, así como su cronograma de ejecución.

ART. 106.- Las Empresas Eléctricas se encuentran obligadas a suministrar a la SIE y al OC, a más tardar el treinta (30) de marzo de cada año, los planes de contingencia estipulados por éstas para enfrentar las eventualidades de caso de ocurrencia de un fenómeno atmosférico durante el período de temporada ciclónica, que abarca los meses comprendidos entre el primero (1ro.) de junio hasta el treinta (30) de noviembre de cada año.

El OC elaborará el procedimiento de operación de emergencia del sistema durante el período de la temporada ciclónica tomando en consideración los planes de contingencia antes indicados. Dicho procedimiento, luego de ser consensuado entre todos los Agentes del MEM, deberá ser remitido a la SIE a más tardar el treinta (30) de abril de cada año, para fines de aprobación.

1.6 El sistema eléctrico actual de la República Dominicana

El siguiente contenido fue obtenido de Estrategia para un Sistema de Energía Sustentable. (Ochs & Fu-Bertaux, 2011)

La República Dominicana es el tercer consumidor de energía más grande del Caribe, después de Cuba y Puerto Rico. En 2008, la generación eléctrica fue el 60% del consumo de energía del país. El consumo final de electricidad nacional ese año fue de 13.113 gigawatt-hora (GWh), de los cuales 5.342 GWh fueron usados por la industria, 4.327 GWh por el sector residencial, 2.005 GWh por el comercio y los servicios públicos y 1.439 GWh por la agricultura y la actividad forestal.

En 2010, 15 compañías de energía estaban funcionando en la República Dominicana con un total de 55 plantas de energía produciendo 12.272 GWh de electricidad, un aumento de producción anual promedio del 2.8% desde el año 2000. Además, una variedad de industrias y muchos individuos privados generan su propia electricidad de manera independiente. A pesar de la creciente capacidad y producción de energía del país, los cortes eléctricos ocurren frecuentemente. En 2010, no se cumplió con la demanda eléctrica adicional de 1.954 GWh y el déficit alcanzó tanto como el 18.4% de las necesidades totales en noviembre de 2010.

Hasta 1997, toda la generación, transmisión y distribución en la República Dominicana era de propiedad estatal. En 1997, el gobierno vendió la mitad de su capacidad de generación eléctrica y cedió todos los servicios de distribución a compañías privadas. En 2007, el país revirtió en parte a propiedad estatal, comprando nuevamente los derechos de distribución, pero dejando la mitad de la capacidad de generación en el sector privado.

El sistema de red en la República Dominicana tiene uno de los índices de pérdidas de distribución más altos del mundo, cercano al 38% en 2010. De acuerdo con el

Departamento de Estado de EE. UU., los factores responsables de las grandes pérdidas incluyen precios de electricidad con tope, robo de electricidad, cortes de electricidad, inversión inadecuada en actualizaciones de capacidad y capacidad regulatoria limitada. A pesar de que el 92% de las ciudades y pueblos del país tiene acceso a la electricidad (dentro y fuera de la red), es difícil calcular la parte real de la población con acceso a electricidad confiable debido a las grandes pérdidas y a los robos generalizados.

Las pérdidas y limitaciones de la distribución generan la necesidad de mejorar y expandir la red nacional, incluso a través de la integración de recursos de energía renovable nacional. La inestabilidad de la electricidad le cuesta al país anualmente un estimado de mil millones de dólares estadounidenses, o aproximadamente el 3.4% del PBI.

La demanda de energía nacional excede en gran medida los recursos de energía principales existentes, generando una alta dependencia de la importación de combustibles fósiles, especialmente petróleo, en la República Dominicana. Cerca del 90% de la producción eléctrica del país se basa en combustibles fósiles. (Vea la Ilustración 21) El petróleo representó casi la mitad de toda la generación eléctrica en 2010, con las 24 plantas de energía a petróleo del país produciendo el 43% de la generación total y los productores independientes de petróleo sumando otro 3%.

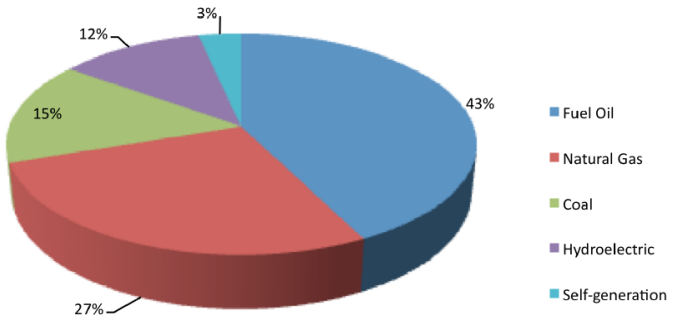


Ilustración 21.Generaciónanual por tipo de combustible

Fuente: (Ochs & Fu-Bertaux, 2011)

Tres plantas de energía a gas natural generaron un poco más que un cuarto de la electricidad del país y tres plantas a carbón contribuyeron un 15%. Sólo el 12% de la electricidad proviene de recursos renovables nacionales, dominado por 25 plantas de energía hidroeléctrica grandes.

La mayoría de las plantas de energía a petróleo, que proporcionan la mayor parte de la generación eléctrica de la República Dominicana, son viejas y deben ser retiradas o reemplazadas. Debido a la poca confiabilidad de la red nacional, muchas industrias e individuos privados generan su propia electricidad usando unidades a combustible fósil de pequeña escala, relativamente ineficientes. Esto perpetúa aún más los altos precios de la electricidad al consumidor del país y la dependencia del petróleo importado.

En 2010, la República Dominicana gastó 2,600 millones de dólares estadounidenses en la importación de combustible fósil, equivalente a más del 5% de su PBI. Antes de que la reciente crisis económica mundial golpeara en su

totalidad, la importación de petróleo representaba más del 9% del PBI, y es probable que pronto se alcance este porcentaje nuevamente y posiblemente se exceda. Además, el gobierno proporciona exenciones impositivas para la generación eléctrica a partir de combustibles fósiles, así como un subsidio para los consumidores de electricidad, que en conjunto totalizan 700 millones de dólares estadounidenses anuales.

El sector del transporte del país se basa casi exclusivamente en automóviles y camiones y se suma a la dependencia general de la importación de combustibles fósiles. Sólo el 5.8% del consumo principal de energía se produce a nivel nacional. El resto se cumple mediante la importación de gas natural licuado (GNL), carbón y petróleo, siendo más del 70% proveniente de Venezuela. Los costos de producción eléctrica en la República Dominicana son más altos para el combustible diésel que para el carbón y el gas natural. (Vea la Tabla 1). Estos costos fluctúan con los precios mundiales del combustible y cualquier aumento es posible que se traslade a los consumidores. Los grandes gastos en importación de combustible dejan al país especialmente vulnerable a las fluctuaciones del precio del petróleo. Entre enero y abril de 2011, los precios del combustible de petróleo saltaron de $2.89 a $3.48 por galón, un aumento del 20%.

La dependencia de combustibles fósiles para la generación eléctrica en la República Dominicana no sólo produce transferencias masivas de riqueza a otros países en concepto de importaciones, sino también altos costos por unidad de energía.

Solar	Eólica	Hidroeléctrica	Gas Natural	Carbón	Diésel No. 6	Diésel No. 2
5 centavos	5 centavos	7.5 centavos	8 centavos	11 centavos	19 centavos	23 centavos

Ilustración 22. Costos de producción eléctrica por fuente de combustible.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Introducción

La empresa Avon Dominicana se dedica a la manufactura de productos químicos para diferentes fines en el hogar, cuidado personal, limpieza, entre otros. Esta siempre se preocupa por ofrecer la mejor calidad en los productos manufacturados y además hacerlo aportando su granito de arena en la ayuda para reducir la contaminación ambiental en el municipio de Haina, San Cristóbal, RD, por esta razón nos ha permitido proponerle el diseño de un sistema de generación de energía fotovoltáica, con el que podrán reducir su impacto al medio ambiente casi a cero y reducirán el pago por energía eléctrica casi en un 40% de forma inmediata y el porcentaje de ahorro ira incrementándose a medida que pasen los años.

Para cumplir con el objetivo general de esta investigación, fue necesario identificar las fuentes de información, de las cuales se consideró las más adecuadas para determinar la situación del sistema actual, para que sea de utilidad y poder llevar a cabo un adecuado análisis de la red, y por ende diseñar un sistema de generación adecuado para la empresa.

2.2 Identificación de las fuentes de información

Con el objetivo de encontrar las dificultades, las fortalezas y las oportunidades de mejora, que se reflejan por medio de las situaciones y condiciones en el método de trabajo dentro de la empresa en cuanto al mantenimiento y uso de la red, se utilizaron las siguientes fuentes de información:

2.2.1 La observación

La observación se utilizó en la empresa en general. Esta técnica fue realizada durante las visitas en Avon. Esto permitió obtener información de los sucesos tal y como ocurren, proporcionando una visión clara de los puntos débiles, con el cual se obtuvo lo siguiente:

- Hay luminarias y motores obsoletos, de alto consumo.
- Los altos costes de facturación de energía.

Gracias a la observación se pudo generar estos puntos mencionados. Esto permitió tener una idea del uso de la red y equipos de la empresa.

2.2.2 Información proporcionada por el personal

Con el propósito de obtener información acerca de los equipos de interés, el encargado de mantenimiento tuvo que darles a los autores de esta investigación,

un recorrido por toda la empresa. A partir de este recorrido se recolectó abundante información, todo esto obtenido a través del dialogo con los actores involucrados.

2.2.3 Aplicación de la técnica de entrevista

Se aplicó la técnica de entrevista del tipo no estructurado, es decir, de una manera informal. Primero, debido a que los autores de esta investigación consideran que es una técnica idónea para la obtención de información y segundo, al ser informal, le permite al personal contestar de la manera en que se sientan más cómodos. Pero, teniendo siempre en cuenta, tratar de llegar a ciertos puntos, de los que se consideran importante conocer, para lograr obtener un diagnóstico más completo de la situación actual de la empresa.

Las repuestas a la entrevista se presentan a continuación:

- **Fuentes de energía eléctrica actuales.**
    - Edesur

    La empresa tiene un contrato de media tensión con Edesur en la que paga un cargo fijo por 31 días de RD$ 224.53, la energía consumida a RD$ 7.81 en kWh, la potencia a RD$ 485.98 el kW y un recargo por factor de potencia sino no alcanza el 90%. (Ver anexo 5)

    - Generador de emergencia

    La empresa dispone de tres generadores de emergencia marca ONAN CUMMINS POWER GENERATOR. Para los fines de semana cuando la demanda

es menor utilizan un generador modelo DGCB de 75 kVA. En los días de semana que se trabaja a plena carga disponen de dos generadores, uno modelo 300DFCB de 375 kVA y otro modelo DFCE de 500 kVA, los cuales se alternan el encendido por un tiempo determinado. En caso de que un fin de semana la carga supere los niveles de carga máxima soportados por el generador de 75 kVA, de forma automática se asigna al generador de más capacidad que este en turno. (Ver anexo 6)

- **Calidad y confiabilidad de las fuentes de energía.**

El servicio eléctrico no es totalmente confiable pues ocurren interrupciones tanto por averías como por “apagones”. En cuanto a la calidad, se pudiera decir que es aceptable ya que regularmente mantiene los niveles de tensión y frecuencia. En ocasiones durante condiciones climáticas de lluvia hemos perdido una de las fases lo que provoca que tengamos que utilizar los generadores de emergencia.

- **Horario de trabajo y horas pico de demanda de energía eléctrica.**

El horario laboral es lunes a viernes de 8am a 5pm y sábados de 9am a 1pm. Las horas pico de trabajo son al inicio del día pues se debe poner en marcha toda la planta.

- **Tipos de carga, inductivas, otras.**

En la empresa existe una gran variedad de motores eléctricos, desde correas transportadoras hasta manejadoras de acondicionador de aire, lo que contribuye a

que las cargas sean en su mayoría inductivas. La distribución se realiza mediante un panel principal y 8 derivados.

60 motores 1HP

Compresores 50 HP y 7.5 HP

Chiller 90 toneladas.

Dos UPS EATON 9355 de 30 kVA.

- **¿Poseen banco de capacitores para corregir factor de potencia?**

Si. Un sistema de 72 kVAR a 208 V marca CIRCUTOR de cuatro etapas automático.

- **Costo promedio mensual de facturación eléctrica.**

RD$554,784.66, en facturaciones de enero a octubre del 2015. (Ver anexo 5)

- **Condiciones climáticas.**

El clima es generalmente soleado, con viento ligero y fresco en ocasiones.

- **Niveles de acceso al techo**

Tiene escalera vertical que permite el acceso de forma segura. Cielo despejado sin obstrucción de ningún árbol o edificación.

CAPÍTULO 3. CALCULOS DE DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTÁICO

3.1 Metodología de diseño, cálculo e instalación

Este diagrama muestra el flujo a seguir para diseñar e instalar un sistema fotovoltáico.

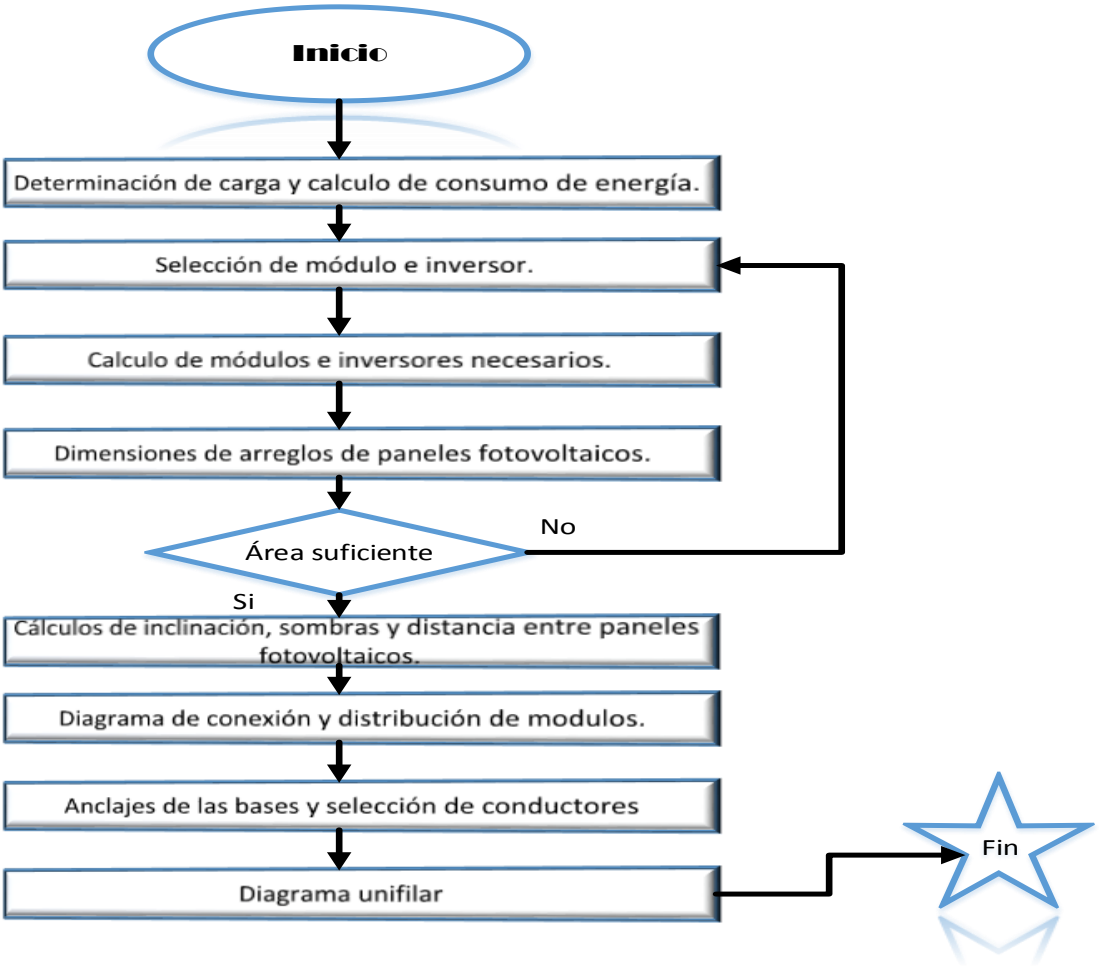


Ilustración 23. Guía para el diseño de un sistema de generación fotovoltáico

Fuente: Elaboración propia

3.2 Determinación de la carga y energía consumida

La potencia instalada se determinó mediante el análisis del histórico de facturas de la empresa en compañía del personal del departamento de ingeniería de la empresa. Se determinaron las necesidades y requerimientos, con esto llegamos a la conclusión de que 250 kW era más que suficiente, ya que el histórico de facturas nos muestra una potencia máxima de 216 kW.

Ya teniendo este número se puede calcular la energía consumida diariamente, sabiendo que la empresa labora durante 8 horas diarias, mediante la siguiente fórmula:

$$\mathrm{E_C} = \mathrm{P_T} \times \mathrm{T_P}$$

$\mathrm{E_C} =$ Energía consumida

$\mathrm{P_T} =$ Potencia total

$\mathrm{T_P} =$ Tempo promedio de uso

$$\mathrm{E_C} = 250\ \mathrm{kW} \times 8\ \mathrm{h} = 2{,}000\ \mathrm{kWh}$$

3.3 Selección de panel fotovoltáico e inversor

Ya sabiendo la energía consumida por la empresa diariamente procedemos con la selección del panel y el inversor.

En la selección del panel se toma en cuenta la eficiencia y potencia pico, ya que mientras mayores sean estos valores, menos paneles serán necesarios y, por ende, se necesitaría menos área para la instalación. En este caso se optó por un panel de material mono-cristalino, marca LG de 300 W con 18.5% de eficiencia, su potencia y eficiencia son de las más altas del mercado, ver más datos en el anexo 2.

Por otro lado el inversor debe proveer la potencia necesaria para hacer funcionar los equipos de la empresa. El inversor propuesto será un Schneider Conext CL 40000NA de 40 kW de potencia, 1,000 V /108 A máx. de entrada, y 120/208/480 V de corriente alterna. Ver más datos en el anexo 3.

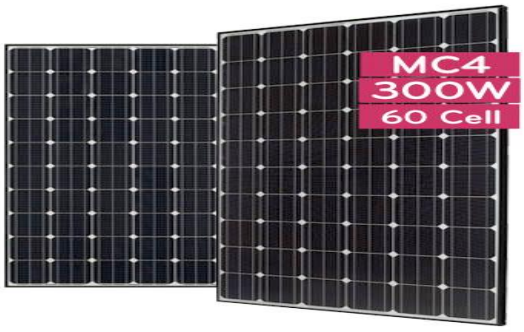


Ilustración 24. Mono X™ NeON Module

Fuente: (LG, 2016)

Ilustración 25. Schneider Conext CL 40000NA

Fuente: (Schneider Electric, 2016)

3.4 Calculo de número de paneles fotovoltaicos

Tomando en cuenta las especificaciones de salida, ver anexo 3 y las horas pico se puede calcular el número de paneles necesarios:

$$\#\ \text{paneles} = \frac{E_C}{V_P \cdot I_P \cdot H_P}$$

$\mathrm{V_P}$ = Tensión de salida del panel

$\mathrm{I_P}$ = Corriente de salida del panel

$\mathrm{H_P}$ = Horas pico

$$\#\ \text{paneles} = \frac{2{,}000\ \mathrm{kWh}}{32\ V\ \cdot 9.40\ A \cdot 5.2\ \mathrm{h}} = \mathbf{1{,}278\ paneles}$$

3.5 Conformación de arreglos de paneles

Aquí se calcula el número de filas en serie y el número de columnas en paralelo con base en los parámetros de entrada del inversor seleccionado.

$$\#\text{ de filas en serie} = {}^{V_{inv}}/_{V_m}$$

$$\#\text{ de columnas en paralelo} = {}^{I_{inv}}/_{I_m}$$

Donde:

V_{inv} = Tensión de entrada del inversor.

V_m = Tensión de salida del panel.

I_{inv} = Corriente de entrada del inversor.

I_m = Corriente de salida del panel.

Se considera que el rango de tensión de entrada es de 250 a 1,000 V, para fines de cálculo se usa el promedio.

$$V_{inv} = \frac{1{,}000\text{ V} + 250\text{ V}}{2} = 625\text{ V}$$

$$\#\text{ de filas en serie} = {}^{625\text{ V}}/_{32\text{ V}} = 19.5 \rightarrow \mathbf{20}$$

$$\#\text{ de columnas en parelelo} = {}^{108\text{ A}}/_{9.40\text{ A}} = 11.4 \rightarrow \mathbf{11}$$

Vemos con estos resultados que tendríamos 220 paneles conectados por inversor.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			

Tabla 4. Paneles por inversor

Fuente: Elaboración propia

3.6 Calculo de inversores necesarios

Para este cálculo se toma en cuenta el total de paneles y el número de paneles por arreglo:

$$\#\text{ de inversores} = {}^{\text{Total de paneles}}/_{\text{Paneles por arreglo}} = {}^{1,278}/_{220} = 5.8 \rightarrow \mathbf{6}$$

Comprobando 6 inversores de 40 kW tendrían una potencia conjunta de 240 kW que cubre la potencia requerida por la empresa.

3.7 Cálculos de área

El techo de la empresa cuenta con las siguientes medidas (para más detalle ver anexo 7):

Área de oficinas (S3):

Largo: 18 metros. **Ancho:** 32 metros.

Área total: 576 metros cuadrados.

Shipping (S2):

Largo: 50 metros. **Ancho:** 38.5 metros**.**

Área total: 1,925 metros cuadrados.

Almacén (S1):

Largo: 82 metros. **Ancho:** 38.5 metros.

Área total: 3,157 metros cuadrados.

Los paneles necesitarían:

Largo: 1.64 metros. **Ancho:** 1 metro.

Área total: 1.64 metros cuadrados.

El área total requerida se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Area de un panel} \times \text{\# de paneles} = 1.64\ \text{m}^2 \times 1{,}278 = 2{,}095\ \text{m}^2$$

3.8 Cálculos de inclinación, sombras y distancia entre paneles

Sabiendo que el sol durante el día se mueve de este a oeste y durante el año de norte a sur, se debe calcular el ángulo óptimo para que generen al máximo, este varía de acuerdo a la latitud.

$$\beta_{\text{opt}} = 3.7° + 0.69 \cdot |\phi|$$
$$\beta_{\text{opt}} = 3.7° + 0.69 \cdot |18.4°| = \mathbf{16.39}°$$

Por razones constructivas utilizaremos 15°.

$h = sen\beta * L = sen\ 15° *4$ m = 1.035 m

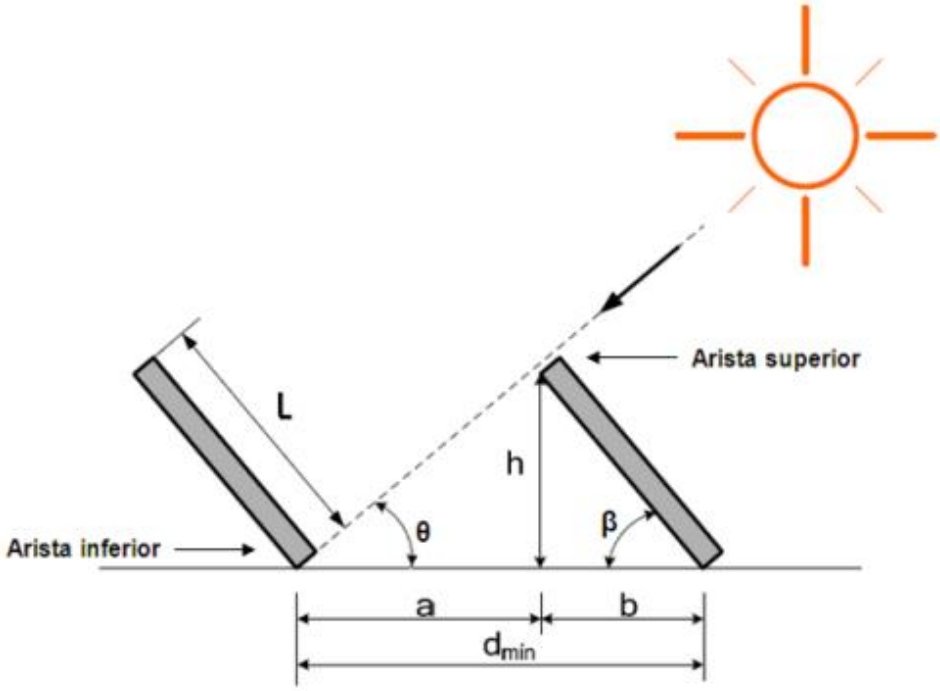


Ilustración 26. Ángulos de los paneles

Fuente: Elaboración propia

Con los mismos datos se calcula la distancia b:

$$b = \cos\beta \times L = \cos 15° \times 1\ m = 0.97\ m$$

Considerando la inclinación del panel podemos deducir que el ángulo θ es igual a 75°.

Con esto y la altura se puede calcular a:

$$a = \frac{h}{\tan\theta} = \frac{1\ m}{\tan 75°} = 0.27\ m$$
$$d_{min} = a + b = 0.97\ m + 0.27\ m = 1.24\ m$$

Esta es la distancia recomendada entre comienzo el un panel al inicio del otro panes.

Por lo que la distancia entre el final de un módulo y el comienzo del otro, si estuvieran horizontales, sería de 0.24 m o para asuntos de practicidad 1 m.

3.9 Diagrama de distribuciones de paneles

Los paneles se distribuirán en módulos de 20 paneles cada uno, esto nos da un total de 64 módulos. Para ver distribución ver anexo 4.

3.10 Esquema de conexión de los módulos de energía fotovoltáica

Los módulos a utilizar se conectan como lo muestra la ilustración 27, se conectan en serie y a la vez en paralelo:

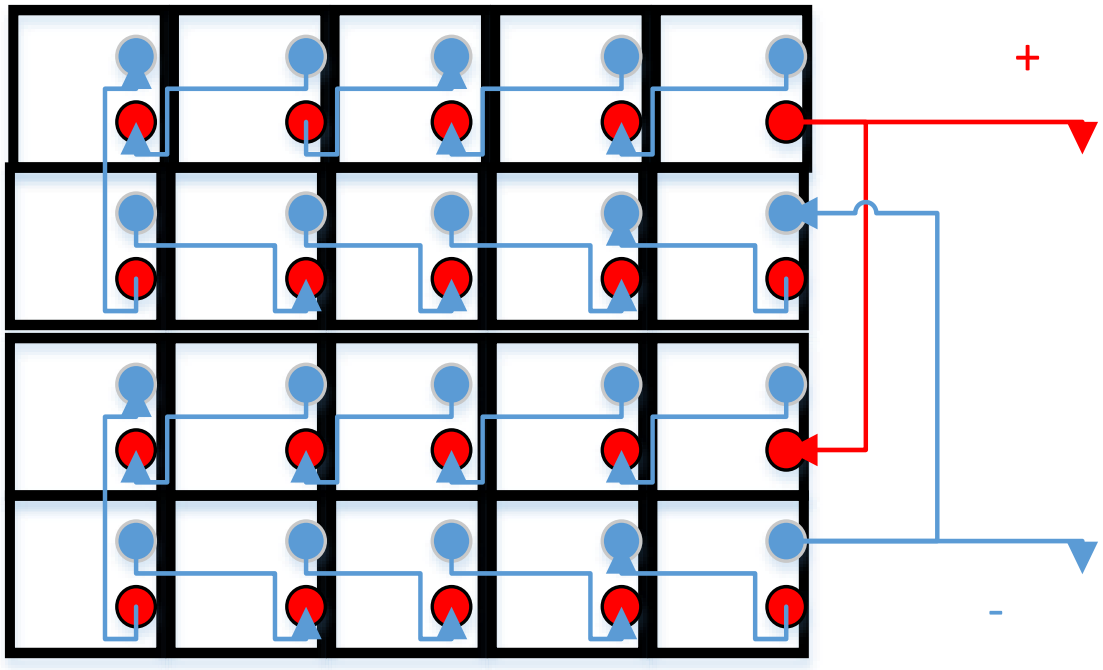


Ilustración 27. Esquema de conexión de los módulos o conjunto de paneles

Fuente: Elaboración propia

3.11 Estructura y anclajes

Como el techo del edificio es plano se usaran estructuras fijas, como las descritas en la ilustración 28.

Dichas estructuras son altamente resistentes y soportan el peso de los módulos sin problemas, además brindan mayor protección a la estructura ante eventos climáticos.

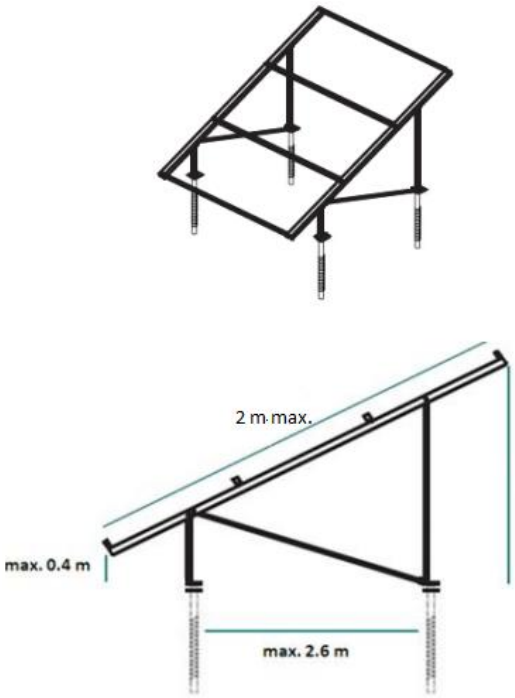


Ilustración 28. Base de los módulos

Fuente: Elaboración propia

Estas estructuras son ajustables y se fijan con tornillos de 70 cm, como el de la ilustración 29, en bases de hormigón de 40 X 40 cm.

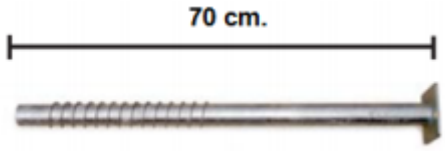


Ilustración 29. Tornillos

Fuente: Elaboración propia

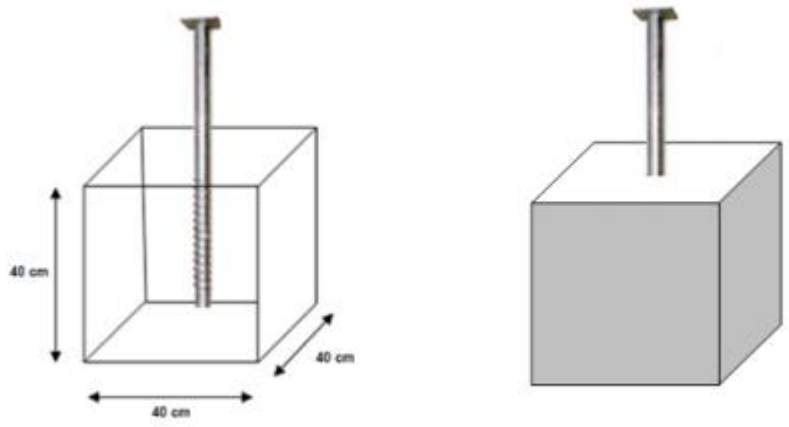


Ilustración 30. Anclaje

Fuente: Elaboración propia

3.12 Diagrama Unifilar

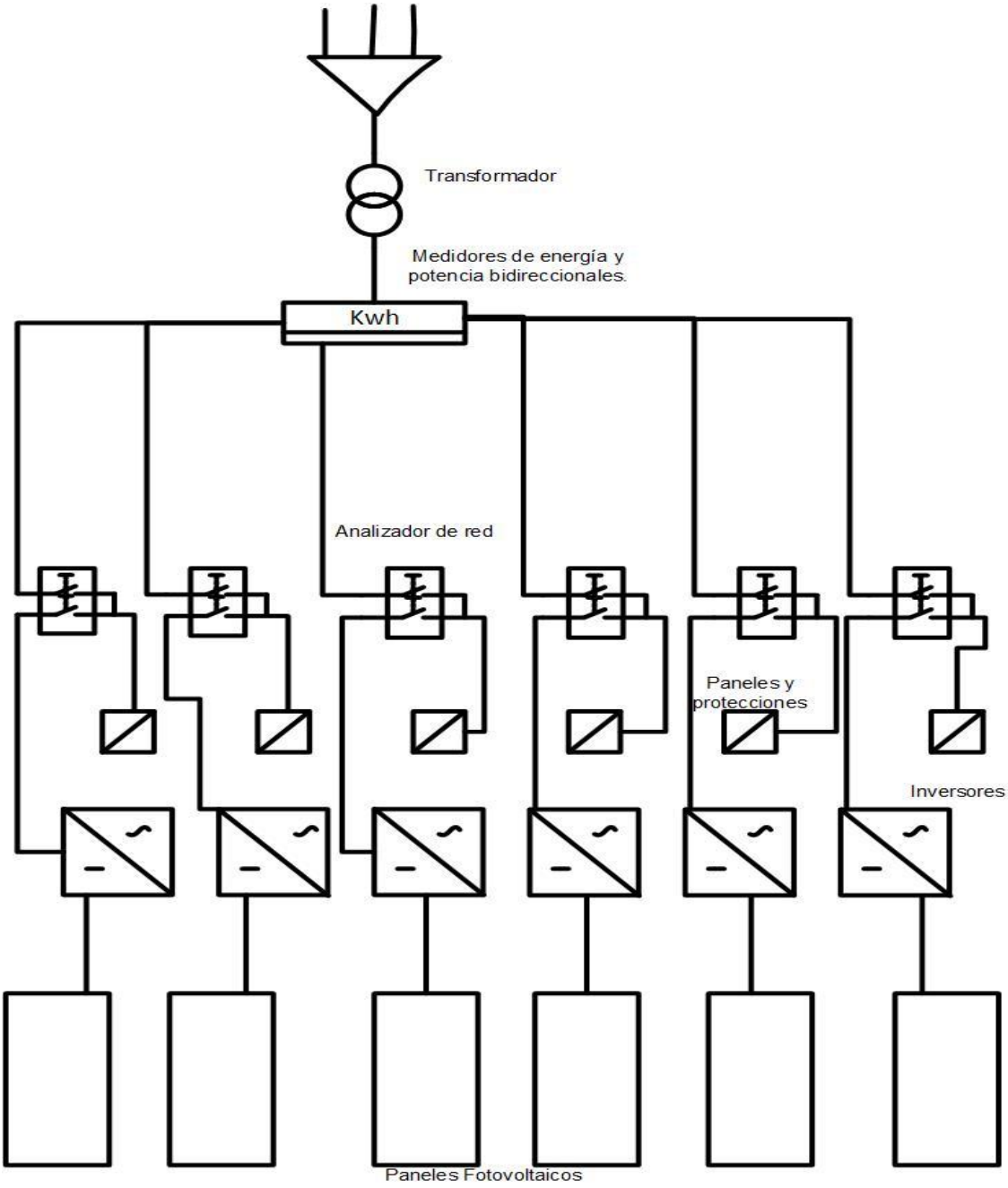


Ilustración 31. Diagrama unifilar del sistema de generación fotovoltáico

Fuente: Elaboración propia

3.13 Cálculos de cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de paneles se conducirán separados y protegidos de acuerdo a las normativas vigentes.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Para cualquier condición de trabajo, los conductores en corriente continua deberán tener un calibre adecuado para que la caída de tensión sea inferior al 2% y en corriente alterna para que la caída de tensión sea inferior a 2.5% teniendo como valor de referencia las tensiones de los correspondientes paneles de conexión. (INECO, 2011)

Todo el cableado será adecuado para el uso en intemperie, al aire o enterrado.

Debido a las distancias que recorrerán los conductores es preciso considera la caída de tensión. Para ello se utilizará la siguiente formula, el resultado deberá ser inferior a la tolerancia aplicada.

$$C_V = \frac{2k \cdot l \cdot I}{c.m.}$$

Donde:

$C_V =$ Es la caída de tensión.

$k =$ Constante de resistividad para un conductor de cobre cargado a más del 50% de su capacidad equivalente a 12.

$l =$ Distancia en pies.

$I =$ Es la corriente nominal.

$c.m. =$ Es el área seccional del conductor. Ver anexo 8.

- De los paneles fotovoltaicos a los inversores.

Esta sección posee 345’ de longitud en la que la carga máxima entregada por el arreglo de paneles es de 108 A y una tensión promedio de 625 V.

<u>Bloques A y B Inversores</u>

$$V = 625\ V$$

$$I = 108\ A$$

$$l = 345'$$

$$625\ V \times 2\% = 12.5\ V$$

$$C_V = \frac{2(12) \times 345' \times 108\ A}{41{,}470 \times 2} = 10.71\ V$$

Para fines económicos se usarán dos conductores por línea. Según la tabla del anexo 8 el calibre correspondiente es el AWG NO. 4. En corriente continua ambos conductores (positivo y negativo) tienen el mismo calibre.

- Inversores a panel principal.

<u>Inversor A panel principal</u>

Esta sección posee 180’ de longitud, en la que la carga máxima entregada por un inversor es de 50 A.

$$V = 480\ V$$

$$I = 50\ A$$

$$l = 180'$$

$$480\ V \times 2.5\% = 12\ V$$

$$C_V = \frac{2(12) \times 180' \times 50\ A}{26{,}250} = 8.22\ V$$

El calibre correspondiente es AWG NO. 6 para el potencial. Para el neutro se utilizará el 75% del potencial, ya que se trata de un sistema balanceado.

$$C_V = \frac{2(12) \times 180' \times 37.5\ A}{16{,}510} = 9.81\ V$$

El calibre correspondiente es AWG NO. 8 para el neutro.

La tierra será según la tabla del Anexo 9. Para la cargas de 50 A se utilizará el parámetro de 60 A al cual le corresponde un calibre AWG NO.10.

<u>Inversor B a panel principal</u>

Esta sección posee 460’ de longitud, en la que la carga máxima entregada por un inversor es de 50 A.

$$V = 480\ V$$

$$I = 50\ A$$

$$l = 460'$$

$$480\ V \times 2.5\% = 12\ V$$

$$C_V = \frac{2(12) \times 460' \times 50\ A}{66{,}370} = 8.32\ V$$

El calibre correspondiente es AWG NO. 2 para el potencial. Para el neutro se utilizará el 75% del potencial, ya que se trata de un sistema balanceado.

$$C_V = \frac{2(12) \times 460' \times 37.5\ A}{41{,}740} = 9.91\ V$$

El calibre correspondiente es AWG NO. 4 para el neutro.

La tierra será según la tabla del Anexo 9. Para la cargas de 50 A se utilizará el parámetro de 60 A al cual le corresponde un calibre AWG NO.10.

CAPITULO 4. ANALISIS ECONOMICO

4.1Costo de instalación

La siguiente tabla nos presenta el monto del costo de inversión del sistema de generación diseñado para la empresa Avon Dominicana, dividido entre costos de equipos y mano de obra.

Inversión inicial e instalación			
Equipo	**Cantidad**	**Precio unitario**	**Total**
LG Solar panel Mono X NeON LG300N1C-B3	1,278	RD$19,871.72	RD$25,396,058.16
Schneider Conext CL 40 kW	6	RD$416,700.00	RD$2,500,200.00
Estructura de acero(Base de concreto y tornillos de sujeción	132	RD$3,000.00	RD$396,000.00
Material auxiliar	-	RD$600,000.00	RD$600,000.00
Mano de obra	-	RD$600,000.00	RD$600,000.00
Total			**RD$29,492,258.16**
Inversión anual (período de 30 Años)			RD$983,075.00

Tabla 5. Inversión inicial e instalación

Fuente: Elaboración propia

Como podemos apreciar el costo inicial sería de **RD$29, 492,258.16.** Gran parte del dinero se va solo en la compra de los inversores y módulos.

4.2 Ahorro mensual

El sistema generara un total de 2,000 kWh diarios, en un año el sistema generaría en dinero a la empresa RD$4, 436,080.00 este dinero se usaría para el pago de la inversión inicial.

Beneficios			
Generación de energía eléctrica diaria(kWh)	Precio de kWh	Total Diario	Total Anual
2,000	RD$7.81	RD$15,620.00	RD$4,436,080.00

Tabla 6. Beneficios

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la empresa ganaría dinero a través del cobro de bonos de carbono, en el mercado internacional. En nuestro caso serían RD$ 28,534.97 pesos extra de ganancia. Este monto seria usado para cubrir el coso de mantenimiento del sistema.

	Consumo anual	Unidades de medida física	Factor de emisión (Kg de CO2 eq/kWh)		Kg de CO2 eq	TON de CO2 Eq	Beneficios	
Electricidad	720000	kWh	0.385	Kg de CO2 eq/kWh	277200	277.2	€ 554.40	RD$28,534.97

Tabla 7. Beneficio por venta de bonos de carbono

Fuente: Elaboración propia

4.3Tabla de flujos de cajas y período de recuperación

Esta tabla nos muestra los flujos de caja y mediante el uso de herramientas como la VAN y la TIR se estima el tiempo de recuperación de la inversión del proyecto. En este caso, el tiempo es de 11 años y medio a una taza del 10%, lo que es excelente para proyectos de esta envergadura.

Año	Costes	Beneficios	Flujo
0	RD$29,492,258.16	RD$0.00	- RD$29,492,258.16
1	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
2	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
3	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
4	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
5	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
6	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
7	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
8	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00

9	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
10	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
11	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
12	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
13	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
14	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
15	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
16	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
17	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
18	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
19	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
20	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
21	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
22	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
23	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
24	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
25	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
26	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
27	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
28	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
29	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00
30	RD$0.00	RD$4,436,080.00	RD$4,436,080.00

TIR a 30 años	VAN a 30 años	Tasa de descuento	Período
15%	RD$12,326,288.57	10%	Anual
TIR A 10 AÑOS	**VAN A 10 AÑOS**	**Tasa de descuento**	**Período**
8%	-RD$2,234,466.91	10%	Anual
TIR A 11 AÑOS	**Van 11 años**	**Tasa de descuento**	**Período**
9%	-RD$679,647.94	10%	Anual
TIR A 12 AÑOS	**Van a 12 años**	**Tasa de descuento**	**Período**
11%	RD$733,823.86	10%	Anual

Tabla 8. Flujos de caja, TIR y VAN

Fuente: Elaboración propia

Usando la fórmula podemos calcular el tiempo exacto en que se recuperaría la inversión:

$$N = -\frac{Log(1 - \frac{P}{A} I)}{Log\ (1 + I)}$$

P= RD$29, 492,258.16

A= RD$4, 436,080.00

I= 10%

N= 11.3 Años

Esto quiere decir que en 11 años y 108 días la inversión será recuperada en su totalidad y el proyecto empezará a generar a generar ganancias por los próximos 19 años, el valor de la ganancia ronda los 13 millones de pesos con los valores actuales.

4.4 Tabla de amortización de préstamo en banca privada

Si para financiar el proyecto se necesita un préstamo en la banca privada a un 12% de interés anual y a 144 meses (12 años), el comportamiento seria el siguiente. Podemos apreciar, en la Tabla #12, que las cuotas serian de RD$ 387,356.96, cuotas razonables ya sabiendo que en la actualidad, la empresa paga un promedio de RD$ 554,384 a Edesur por concepto de pago de energía eléctrica, lo que lo hace el proyecto beneficioso para la empresa de forma inmediata. Es decir, la empresa se estaría ahorrando mensualmente alrededor de RD$167,000. Cabe destacar que todos estos cálculos se hicieron en base a 284 días de sol al año.

Préstamo	29,492,258
Pago Inicial en %	0.00%
Préstamo a Pagar	29,492,258
Número total de Cuotas	144
Interés Anual	12.00%
Pago mensual	$387,356.96

Completar celdas en punteado

Calendario de Amortización (Cuota Constante)				
Cuota	Pago	Interés	Principal	Saldo
0				$ 29,492,258.16
1	$ 387,356.96	$ 294,922.58	$ 92,434.38	$ 29,399,823.78
2	$ 387,356.96	$ 293,998.24	$ 93,358.73	$ 29,306,465.05
3	$ 387,356.96	$ 293,064.65	$ 94,292.31	$ 29,212,172.74
4	$ 387,356.96	$ 292,121.73	$ 95,235.24	$ 29,116,937.50
5	$ 387,356.96	$ 291,169.38	$ 96,187.59	$ 29,020,749.91
6	$ 387,356.96	$ 290,207.50	$ 97,149.46	$ 28,923,600.45
7	$ 387,356.96	$ 289,236.00	$ 98,120.96	$ 28,825,479.49
8	$ 387,356.96	$ 288,254.79	$ 99,102.17	$ 28,726,377.32
9	$ 387,356.96	$ 287,263.77	$ 100,093.19	$ 28,626,284.13
10	$ 387,356.96	$ 286,262.84	$ 101,094.12	$ 28,525,190.01
11	$ 387,356.96	$ 285,251.90	$ 102,105.06	$ 28,423,084.94
12	$ 387,356.96	$ 284,230.85	$ 103,126.11	$ 28,319,958.83
13	$ 387,356.96	$ 283,199.59	$ 104,157.38	$ 28,215,801.45
14	$ 387,356.96	$ 282,158.01	$ 105,198.95	$ 28,110,602.50
15	$ 387,356.96	$ 281,106.03	$ 106,250.94	$ 28,004,351.56
16	$ 387,356.96	$ 280,043.52	$ 107,313.45	$ 27,897,038.12
17	$ 387,356.96	$ 278,970.38	$ 108,386.58	$ 27,788,651.53

18	$	387,356.96	$ 277,886.52	$ 109,470.45	$ 27,679,181.08
19	$	387,356.96	$ 276,791.81	$ 110,565.15	$ 27,568,615.93
20	$	387,356.96	$ 275,686.16	$ 111,670.80	$ 27,456,945.13
21	$	387,356.96	$ 274,569.45	$ 112,787.51	$ 27,344,157.61
22	$	387,356.96	$ 273,441.58	$ 113,915.39	$ 27,230,242.23
23	$	387,356.96	$ 272,302.42	$ 115,054.54	$ 27,115,187.68
24	$	387,356.96	$ 271,151.88	$ 116,205.09	$ 26,998,982.60
25	$	387,356.96	$ 269,989.83	$ 117,367.14	$ 26,881,615.46
26	$	387,356.96	$ 268,816.15	$ 118,540.81	$ 26,763,074.65
27	$	387,356.96	$ 267,630.75	$ 119,726.22	$ 26,643,348.43
28	$	387,356.96	$ 266,433.48	$ 120,923.48	$ 26,522,424.95
29	$	387,356.96	$ 265,224.25	$ 122,132.71	$ 26,400,292.24
30	$	387,356.96	$ 264,002.92	$ 123,354.04	$ 26,276,938.20
31	$	387,356.96	$ 262,769.38	$ 124,587.58	$ 26,152,350.62
32	$	387,356.96	$ 261,523.51	$ 125,833.46	$ 26,026,517.16
33	$	387,356.96	$ 260,265.17	$ 127,091.79	$ 25,899,425.37
34	$	387,356.96	$ 258,994.25	$ 128,362.71	$ 25,771,062.65
35	$	387,356.96	$ 257,710.63	$ 129,646.34	$ 25,641,416.32
36	$	387,356.96	$ 256,414.16	$ 130,942.80	$ 25,510,473.52
37	$	387,356.96	$ 255,104.74	$ 132,252.23	$ 25,378,221.29
38	$	387,356.96	$ 253,782.21	$ 133,574.75	$ 25,244,646.54
39	$	387,356.96	$ 252,446.47	$ 134,910.50	$ 25,109,736.04
40	$	387,356.96	$ 251,097.36	$ 136,259.60	$ 24,973,476.43
41	$	387,356.96	$ 249,734.76	$ 137,622.20	$ 24,835,854.24
42	$	387,356.96	$ 248,358.54	$ 138,998.42	$ 24,696,855.81

43	$ 387,356.96	$ 246,968.56	$ 140,388.41	$ 24,556,467.41
44	$ 387,356.96	$ 245,564.67	$ 141,792.29	$ 24,414,675.12
45	$ 387,356.96	$ 244,146.75	$ 143,210.21	$ 24,271,464.91
46	$ 387,356.96	$ 242,714.65	$ 144,642.31	$ 24,126,822.59
47	$ 387,356.96	$ 241,268.23	$ 146,088.74	$ 23,980,733.85
48	$ 387,356.96	$ 239,807.34	$ 147,549.63	$ 23,833,184.23
49	$ 387,356.96	$ 238,331.84	$ 149,025.12	$ 23,684,159.11
50	$ 387,356.96	$ 236,841.59	$ 150,515.37	$ 23,533,643.73
51	$ 387,356.96	$ 235,336.44	$ 152,020.53	$ 23,381,623.21
52	$ 387,356.96	$ 233,816.23	$ 153,540.73	$ 23,228,082.47
53	$ 387,356.96	$ 232,280.82	$ 155,076.14	$ 23,073,006.34
54	$ 387,356.96	$ 230,730.06	$ 156,626.90	$ 22,916,379.43
55	$ 387,356.96	$ 229,163.79	$ 158,193.17	$ 22,758,186.26
56	$ 387,356.96	$ 227,581.86	$ 159,775.10	$ 22,598,411.16
57	$ 387,356.96	$ 225,984.11	$ 161,372.85	$ 22,437,038.31
58	$ 387,356.96	$ 224,370.38	$ 162,986.58	$ 22,274,051.73
59	$ 387,356.96	$ 222,740.52	$ 164,616.45	$ 22,109,435.28
60	$ 387,356.96	$ 221,094.35	$ 166,262.61	$ 21,943,172.67
61	$ 387,356.96	$ 219,431.73	$ 167,925.24	$ 21,775,247.44
62	$ 387,356.96	$ 217,752.47	$ 169,604.49	$ 21,605,642.95
63	$ 387,356.96	$ 216,056.43	$ 171,300.53	$ 21,434,342.41
64	$ 387,356.96	$ 214,343.42	$ 173,013.54	$ 21,261,328.87
65	$ 387,356.96	$ 212,613.29	$ 174,743.68	$ 21,086,585.20
66	$ 387,356.96	$ 210,865.85	$ 176,491.11	$ 20,910,094.08
67	$ 387,356.96	$ 209,100.94	$ 178,256.02	$ 20,731,838.06

68	$ 387,356.96	$ 207,318.38	$ 180,038.58	$ 20,551,799.48
69	$ 387,356.96	$ 205,517.99	$ 181,838.97	$ 20,369,960.51
70	$ 387,356.96	$ 203,699.61	$ 183,657.36	$ 20,186,303.15
71	$ 387,356.96	$ 201,863.03	$ 185,493.93	$ 20,000,809.22
72	$ 387,356.96	$ 200,008.09	$ 187,348.87	$ 19,813,460.35
73	$ 387,356.96	$ 198,134.60	$ 189,222.36	$ 19,624,237.99
74	$ 387,356.96	$ 196,242.38	$ 191,114.58	$ 19,433,123.40
75	$ 387,356.96	$ 194,331.23	$ 193,025.73	$ 19,240,097.67
76	$ 387,356.96	$ 192,400.98	$ 194,955.99	$ 19,045,141.68
77	$ 387,356.96	$ 190,451.42	$ 196,905.55	$ 18,848,236.14
78	$ 387,356.96	$ 188,482.36	$ 198,874.60	$ 18,649,361.54
79	$ 387,356.96	$ 186,493.62	$ 200,863.35	$ 18,448,498.19
80	$ 387,356.96	$ 184,484.98	$ 202,871.98	$ 18,245,626.20
81	$ 387,356.96	$ 182,456.26	$ 204,900.70	$ 18,040,725.50
82	$ 387,356.96	$ 180,407.26	$ 206,949.71	$ 17,833,775.79
83	$ 387,356.96	$ 178,337.76	$ 209,019.21	$ 17,624,756.59
84	$ 387,356.96	$ 176,247.57	$ 211,109.40	$ 17,413,647.19
85	$ 387,356.96	$ 174,136.47	$ 213,220.49	$ 17,200,426.70
86	$ 387,356.96	$ 172,004.27	$ 215,352.70	$ 16,985,074.00
87	$ 387,356.96	$ 169,850.74	$ 217,506.22	$ 16,767,567.78
88	$ 387,356.96	$ 167,675.68	$ 219,681.29	$ 16,547,886.49
89	$ 387,356.96	$ 165,478.86	$ 221,878.10	$ 16,326,008.39
90	$ 387,356.96	$ 163,260.08	$ 224,096.88	$ 16,101,911.51
91	$ 387,356.96	$ 161,019.12	$ 226,337.85	$ 15,875,573.66
92	$ 387,356.96	$ 158,755.74	$ 228,601.23	$ 15,646,972.44

93	$	387,356.96	$ 156,469.72	$ 230,887.24	$ 15,416,085.20
94	$	387,356.96	$ 154,160.85	$ 233,196.11	$ 15,182,889.08
95	$	387,356.96	$ 151,828.89	$ 235,528.07	$ 14,947,361.01
96	$	387,356.96	$ 149,473.61	$ 237,883.35	$ 14,709,477.66
97	$	387,356.96	$ 147,094.78	$ 240,262.19	$ 14,469,215.47
98	$	387,356.96	$ 144,692.15	$ 242,664.81	$ 14,226,550.66
99	$	387,356.96	$ 142,265.51	$ 245,091.46	$ 13,981,459.20
100	$	387,356.96	$ 139,814.59	$ 247,542.37	$ 13,733,916.83
101	$	387,356.96	$ 137,339.17	$ 250,017.80	$ 13,483,899.04
102	$	387,356.96	$ 134,838.99	$ 252,517.97	$ 13,231,381.06
103	$	387,356.96	$ 132,313.81	$ 255,043.15	$ 12,976,337.91
104	$	387,356.96	$ 129,763.38	$ 257,593.58	$ 12,718,744.32
105	$	387,356.96	$ 127,187.44	$ 260,169.52	$ 12,458,574.80
106	$	387,356.96	$ 124,585.75	$ 262,771.22	$ 12,195,803.59
107	$	387,356.96	$ 121,958.04	$ 265,398.93	$ 11,930,404.66
108	$	387,356.96	$ 119,304.05	$ 268,052.92	$ 11,662,351.74
109	$	387,356.96	$ 116,623.52	$ 270,733.45	$ 11,391,618.30
110	$	387,356.96	$ 113,916.18	$ 273,440.78	$ 11,118,177.51
111	$	387,356.96	$ 111,181.78	$ 276,175.19	$ 10,842,002.33
112	$	387,356.96	$ 108,420.02	$ 278,936.94	$ 10,563,065.39
113	$	387,356.96	$ 105,630.65	$ 281,726.31	$ 10,281,339.08
114	$	387,356.96	$ 102,813.39	$ 284,543.57	$ 9,996,795.50
115	$	387,356.96	$ 99,967.96	$ 287,389.01	$ 9,709,406.49
116	$	387,356.96	$ 97,094.06	$ 290,262.90	$ 9,419,143.59
117	$	387,356.96	$ 94,191.44	$ 293,165.53	$ 9,125,978.07

118	$ 387,356.96	$ 91,259.78	$ 296,097.18	$ 8,829,880.88
119	$ 387,356.96	$ 88,298.81	$ 299,058.16	$ 8,530,822.73
120	$ 387,356.96	$ 85,308.23	$ 302,048.74	$ 8,228,773.99
121	$ 387,356.96	$ 82,287.74	$ 305,069.22	$ 7,923,704.77
122	$ 387,356.96	$ 79,237.05	$ 308,119.92	$ 7,615,584.85
123	$ 387,356.96	$ 76,155.85	$ 311,201.12	$ 7,304,383.74
124	$ 387,356.96	$ 73,043.84	$ 314,313.13	$ 6,990,070.61
125	$ 387,356.96	$ 69,900.71	$ 317,456.26	$ 6,672,614.35
126	$ 387,356.96	$ 66,726.14	$ 320,630.82	$ 6,351,983.53
127	$ 387,356.96	$ 63,519.84	$ 323,837.13	$ 6,028,146.40
128	$ 387,356.96	$ 60,281.46	$ 327,075.50	$ 5,701,070.90
129	$ 387,356.96	$ 57,010.71	$ 330,346.25	$ 5,370,724.65
130	$ 387,356.96	$ 53,707.25	$ 333,649.72	$ 5,037,074.93
131	$ 387,356.96	$ 50,370.75	$ 336,986.21	$ 4,700,088.72
132	$ 387,356.96	$ 47,000.89	$ 340,356.08	$ 4,359,732.64
133	$ 387,356.96	$ 43,597.33	$ 343,759.64	$ 4,015,973.00
134	$ 387,356.96	$ 40,159.73	$ 347,197.23	$ 3,668,775.77
135	$ 387,356.96	$ 36,687.76	$ 350,669.21	$ 3,318,106.56
136	$ 387,356.96	$ 33,181.07	$ 354,175.90	$ 2,963,930.66
137	$ 387,356.96	$ 29,639.31	$ 357,717.66	$ 2,606,213.01
138	$ 387,356.96	$ 26,062.13	$ 361,294.83	$ 2,244,918.17
139	$ 387,356.96	$ 22,449.18	$ 364,907.78	$ 1,880,010.39
140	$ 387,356.96	$ 18,800.10	$ 368,556.86	$ 1,511,453.53
141	$ 387,356.96	$ 15,114.54	$ 372,242.43	$ 1,139,211.10
142	$ 387,356.96	$ 11,392.11	$ 375,964.85	$ 763,246.25

143	$ 387,356.96	$ 7,632.46	$ 379,724.50	$ 383,521.75
144	$ 383,521.75	$ 3,835.22	$ 379,686.53	$ -

Tabla 9. Amortizaciones en caso de préstamo

Fuente: (Planilla excel, 2016)

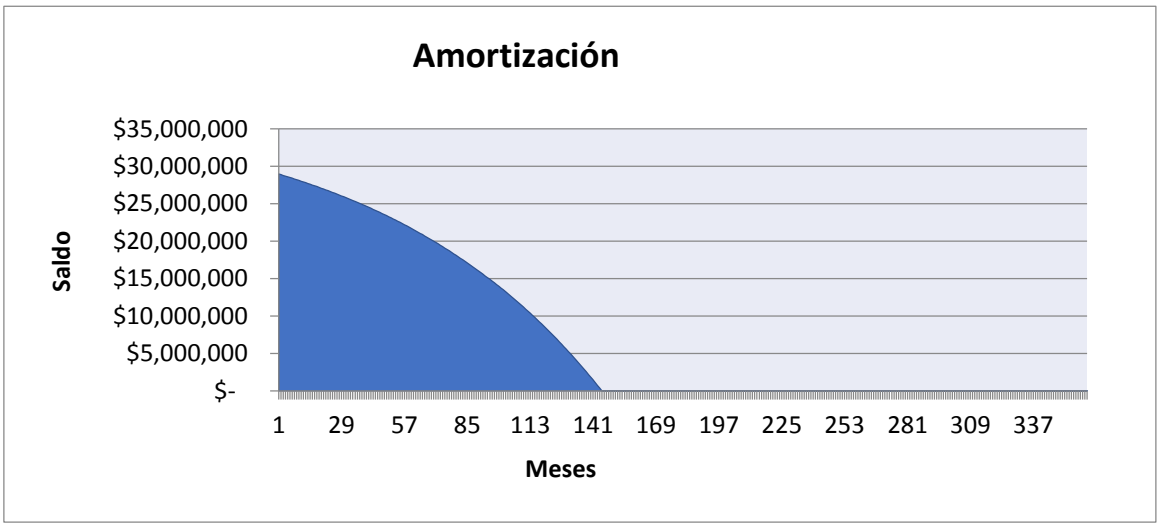


Ilustración 32. Amortización

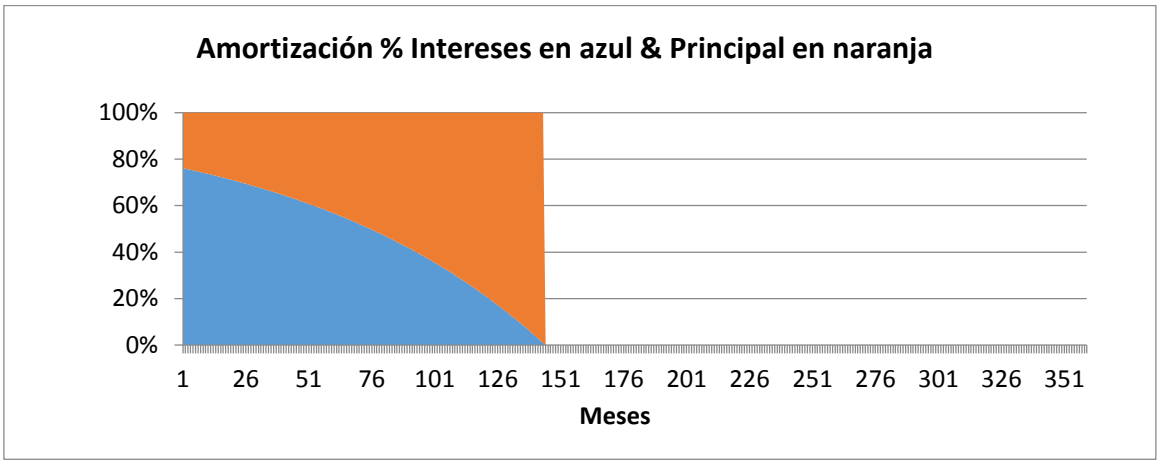


Ilustración 33. Amortización % Intereses en azul & Principal en marrón

CONCLUSIÓN

Basado en los objetivos de esta investigación se podrán destacar los siguientes puntos:

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de generación de energía fotovoltáica para Avon Dominicana.

Se realizó un diagnóstico de la situación actual de Avon en lo que se refiere al consumo y uso de energía eléctrica. Esto por medio de la observación, análisis de datos y entrevistas. El uso de estas herramientas permitió identificar los diferentes elementos que son relevantes para el diseño del sistema de generación, dentro de los cuales se encontraron: La factura eléctrica de la empresa es muy elevada; Con el uso de energía convencional y generadores de emergencia, contribuyen a la contaminación del municipio de Haina, San Cristóbal.

Basado en lo arriba expuesto se demuestra que Avon no tiene un sistema de generación de energía, limpia y barata, que le de prestigio internacional por ser una empresa verde, con lo que se describe el primer objetivo específico, el diagnóstico actual y el costo de la energía eléctrica usada por Avon.

El sistema de generación se diseñó a partir de los datos de consumo y potencia instalada en la empresa tomando en cuenta todas las variables para tener un sistema robusto y confiable, capaz de alimentar a la empresa completa sin

problemas. Esto demuestra que se ejecutó el segundo objetivo específico de diseñar el sistema.

Con el estudio económico se verifico, mediante el uso de herramientas como la TIR y la VAN, el número de años necesarios para recuperar la inversión y que la empresa obtenga ganancias, se verifico la viabilidad del proyecto y además, mediante la tabla de amortización de préstamo se puede verificar que, en caso de optar por el financiamiento externo a la empresa, las mensualidades serán prácticamente la mitad. En este pate se cumplió con el tercer objetivo específico, el análisis económico.

Luego de identificar los elementos relevantes de la condición actual de Avon, exponer los diferentes objetivos específicos y tener el sistema diseñado y analizado económicamente, se procedió a dar las recomendaciones de lugar para garantizar la eficiencia del sistema e ir modernizando la empresa. Con esto queda ejecutado el último objetivo específico.

El estudio puede tener ciertas limitaciones, debido al carácter subjetivo de las informaciones obtenidas a través del personal entrevistado, sin embargo esto no impide que estas informaciones puedan ser una línea base, “una fotografía del momento” para el desarrollo del programa de mantenimiento en el tiempo que le permita a ellos mismos compararse en un futuro cercano.

Al describir todo lo arriba expuesto, se demuestra que se ha logrado el objetivo general de diseñar e implementar un sistema de generación de energía fotovoltáica para Avon Dominicana.

RECOMENDACIONES

Luego de redactar aquellos puntos más significativos a partir de todo lo encontrado a través de la observación, entrevistas, y análisis de datos se recomienda que para mantener el sistema de generación funcionando de manera eficiente y optimizar su uso, realizar las siguientes acciones:

1) Cambiar su sistema de iluminación actual por tecnología LED, son más eficientes y proporcionan la misma cantidad de luz con menos potencia, también reemplazar otros sistemas eléctricos como las maquinas eléctricas (motores, compresores, entre otros) cuyo funcionamiento no están en óptimas condiciones.

2) Definir políticas para las capacitaciones y adiestramiento del personal de mantenimiento. De igual forma, fomentar la auto-capacitación y el auto–adiestramiento, para que mantengan los paneles limpios y el sistema generando a máxima capacidad.

3) Realizar inspecciones periódicas antes de cada jornada, o sea las rutinas de actividades de mantenimiento para que el personal de mantenimiento tengan información básica para los mantenimientos preventivos.

4) Ir aumentando la capacidad del sistema, de forma tal que pueda generar suficiente energía para aportar al sistema y así contribuir a la generación de energía limpia a la matriz energética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros

1. Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición.* Caracas: Episteme.
2. Association, N. F. (1993). *National Electric COde.* Quincy.
3. Harper, G. E. (1998). *El ABC de las instalaciones electricas residenciales.* Mexico: Editorial Limusa, SA.
4. INECO. (2011). *Montaje electrico y electronico en instalaciones solares fotovoltaicas.* España.
5. José Antonio Carta Gonzáles, R. C. (2009). *Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables.* Madrid: Pearson Educación.
6. M., H. R. (2008). *DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DE LÍNEAS ESTRATÉGICAS DEL SUBSECTOR FUENTES DE ENERGÍA NUEVAS Y RENOVABLES (FENR) Y DOMINICANA.* Santo Domingo: Comision Naconal de Energía.
7. Méndez Muñiz, J. M., & Cuervo García, R. (1995). *Energía Solar Fotovoltaica.* Madrid: 2da Edición.
8. Moro Vallina, M. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas.* Madrid: Editorial Paraninfo.

9. Ochs, A., & Fu-Bertaux, X. (2011). *Estrategia para un Sistema de Energía Sustentable: APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS EÓLICOS Y SOLARES DE LA REPÚBLICA DOMINICANA.* Washington D.C.
10. Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia.* Mexico: Pearson Education

Páginas Web

11. Armada, M. F. (19 de Abril de 2015). *Energía renovable de hidroeléctrica Blue*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016, de MFA EB Energía limpia: http://mfaeb.blogspot.com/2015/04/energia-renovable-de-hidroelectrica-blue.html
12. AVON. (2015). *Avon*. Obtenido de http://www.do.avon.com/PRSuite/home_page.page
13. Consejo mundial de energía . (2016). *Resources.* Obtenido de http://www.worldenergy.org/data/resources/
14. GEA consultores. (2016). *GEA*. Obtenido de Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande: http://www.geaconsultores.com/antecedentes/proyectos/40-complejo-hidroelectrico-de-salto-grande.html
15. Google. (14 de Noviembre de 2016). Obtenido de Google Maps: https://www.google.com.do/maps/place/Productos+Avon/@18.4023555,-70.0379635,361m/data=!3m1!1e3!4m8!1m2!2m1!1savon+haina!3m4!1s0x0:0x561b432b5a32c151!8m2!3d18.4020533!4d-70.0386572?hl=es-419

16. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2012). Obtenido de Pruebas Hidráulicas del Proyecto Hidroeléctrico Sopladora: http://www.energia.gob.ec/pruebas-hidraulicas-del-proyecto-hidroelectrico-sopladora/
17. profesorenlinea. cl. (2015). Obtenido de Centrales hidroeléctricas: http://www.profesorenlinea.cl/fisica/CentralesHidroelectricas.htm
18. Ramírez, S. (18 de Febrero de 2011). *Buscan lugares para pequeñas hidroeléctricas*. Obtenido de CEL ha retomado el estudio de las zonas óptimas para la construcción de pequeñas centrales de generación hidroeléctrica.: http://www.energias4e.com/noticia.php?id=386
19. Saiauft, M. T. (25 de Septiembre de 2013). *Turbinas, tipo de energía que generan y usos*. Recuperado el 20 de Octubre de 2016, de Turbinas: http://turbinassaiauft.blogspot.com/
20. Solar Energy. (22 de Octubre de 2015). Obtenido de Generación electrica con energías renovables: http://energyprofessionalsymposium.com/?cat=191
21. *SolarGis*. (2014). Obtenido de solargis.info

Fichas técnicas

22. Electric, S. (2016). *Conext CL40000 NA.* Francia.
23. Generation, C. P. (2005). Obtenido de www.cumminspower.com
24. Generation, C. P. (2006). Obtenido de www.cumminspower.com

25. LG. (2016). Obtenido de Mono X™ NeON Module: http://www.lg.com/us/commercial/solar-panels/lg-LG300N1C-B3
26. Planilla excel. (2016). Obtenido de Energía solar.
27. Schneider Electric. (2016). Obtenido de Conext CL: http://solar.schneider-electric.com/product/conext-cl/

Anexos

Anexo #1

Ante-Proyecto

Universidad Acción Pro Educación y Cultura

Decanato de Ingeniería e Informática

Escuela de Ingeniería

Proyecto de trabajo de grado para Optar por el Título de:

Ingeniero Eléctrico

Propuesta de diseño e implementación del uso de energía fotovoltáica en AVON Dominicana, República Dominicana, Período 2016.

Sustentantes:

Willy Lebrón	2011-2302
Teófilo Rosado	2011-2041

Asesor:

Ing. César Félix

Distrito Nacional
República Dominicana
Junio 2016.

Tabla de Contenido General

INTRODUCCIÓN 108
JUSTIFICACIÓN 110
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 111
OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO 113
Objetivo General 113
Objetivos Específicos 113
MARCO TEÓRICO 114
Definición e implementación del uso de energía fotovoltáica 114
Fuentes de energía primaria 115
Fuentes renovables 116
Fuentes no renovables 117
Centrales eléctricas 118
Formas de uso de la Energía Solar 119
Marco conceptual 120
DISEÑO METODOLÓGICO 122
Tipos de investigación 122
FUENTES DE DOCUMENTACIÓN 125
ESQUEMA PRELIMINAR DEL TRABAJO TEMÁTICO 126

INTRODUCCIÓN

El hombre solo captura una pequeña parte de la energía irradiada por el sol, a pesar de esto el hombre logra grandes beneficios a partir del uso y aprovechamiento de esta. Se espera a futuro, eficientizando los paneles, capturar una mayor parte de la energía solar y transformarla a voluntad para aprovecharla en beneficio propio.

Hoy en día, casi toda la energía eléctrica generada es a partir de combustibles fósiles, es decir, petróleo, gas y carbón. Estos contaminan nuestro medio ambiente e implican grandes gastos en compra para mantener a las plantas abastecidas y generando.

Estos recursos no son renovables y su encarecimiento ha despertado en los últimos años un interés en la energía limpia y renovable, siendo la punta de lanza la energía solar.

En la actualidad la República Dominicana no tiene grandes plantas de generación de energía fotovoltáica a pesar de ser agraciada por la luz radiante del sol el año entero. Algunas empresas están viendo el potencial que tiene este tipo de energía para reducir los gastos en los que incurren por el uso de energía eléctrica, además de favorecer el medio ambiente al mismo tiempo, ya que es energía limpia.

La disponibilidad de energía solar es muy grande en este país, se puede utilizar el año entero sin problemas e inclusive inyectar energía a la red en los momentos en que no se esté usando, implicando esto una fuente de ingresos extra para cualquier empresa.

Esto está siendo considerado por AVON Dominicana. La razón de este proyecto es analizar la factibilidad y el costo que implicaría la instalación de un sistema de generación de energía fotovoltáica por medio de un estudio técnico-económico.

JUSTIFICACIÓN

Los costos asociados al suministro eléctrico cada vez están siendo más altos, la crisis energética está afectando a todas las empresas y su economía. Por esta razón, realizar el análisis de un sistema solar fotovoltaico, en conjunto con el uso eficiente de la energía, es de gran importancia para determinar si es o no económicamente viable el proyecto, ya que con él se tendrían índices de consumo inferiores a los registrados mensualmente en la empresa, debido a que todo consumo generado al interior será solventado mediante la generación solar y en los momentos que no se use estaría inyectando energía a la red, por lo que el costo a cancelar a fin de mes se reduciría significativamente, con una inversión recuperable en muy poco tiempo hablando en términos económicos.

AVON Dominicana busca reducir su factura energética con responsabilidad ambiental. Este proyecto fue pensado para brindarles la solución a su problema, con datos precisos y convincentes de que es lo que se debe instalar y cómo hacerlo más eficiente reduciendo el consumo innecesario de energía.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la empresa Avon dominicana hace años busca la manera de abaratar sus costos en materia de uso de energía eléctrica, ya que su factura es muy elevada. Además necesita de forma urgente una manera de tener seguridad en su suministro, sin tener que incurrir en el uso de sus plantas de emergencia.

Actualmente la empresa sufre, en términos económicos, las consecuencias del uso excesivo de sus plantas de emergencia y la alta facturación. Debido a esto están buscando una alternativa económicamente viable de generar su propia energía.

Necesitan que la solución sea lo menos contaminante posible, razón por la cual, quieren que la fuente primaria de energía de su planta generadora sea renovable.

Cuentan con poco espacio a nivel del suelo, pero tienen un techo plano disponible, ideal para paneles solares.

DELIMITACIÓN DEL TEMA EN TIEMPO Y ESPACIO

El presente trabajo contempla el análisis técnico y económico que indique la factibilidad de la puesta en funcionamiento de un campo de paneles solares que cubran las necesidades de la empresa AVON dominicana, ubicada en el municipio de Haina, provincia San Cristóbal, República Dominicana.

OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

Objetivo General

- Proponer el diseño e implementación del uso de energía fotovoltáica en AVON Dominicana.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del uso y costo de la energía en Avon Dominicana.

- Diseñar un sistema de generación de energía fotovoltáica

- Analizar técnica y económicamente el sistema de generación.

- Plantear como usar de manera eficiente la energía generada.

MARCO TEÓRICO

Definición e implementación del uso de energía fotovoltáica

El hombre desde la antigüedad ha necesitado energías. El sol es la principal fuente de energía que proporciona al hombre y a la naturaleza, luz y calor, energías fundamentales para que haya vida sobre la tierra. En sus orígenes, el hombre tuvo que combatir el frio a base de fuego (leña) que siguió utilizando para preparar alimentos, luego para fundir metales y elaborar utensilios e imágenes (además de la leña, añadió carbón), también para navegar por el mar utilizo la fuerza del viento, para más recientemente pasar a otras fuentes de energía.

A medida que el hombre ha ido evolucionando y desarrollándose, ha necesitado de más y más energía, llegando al momento actual, en el que el aprovisionamiento de energías es un problema a nivel de todos los países de la Tierra.

Resolver el problema del abastecimiento de energía es un problema de difícil solución. Los científicos e investigadores buscan energías alternativas a las que venimos usando, que sean menos contaminantes y no se agoten como sucede con las principales energías que hoy día utilizamos, como son fundamentalmente el carbón, el gas natural y la energía nuclear.

Además, gracias a los incentivos otorgados por los gobiernos, la instalación y uso de plantas generadoras de energía eléctrica, que usan energías renovables como fuente primaria de energía, resulta más económico, cosa que ha despertado el interés de las empresas.

Fuentes de energía primaria

Las fuentes de energía primaria que se utiliza se pueden dividir en dos grandes tipos, tal y como lo explica (Roldán, 2013):

- Fuentes renovables
- Fuentes no renovables

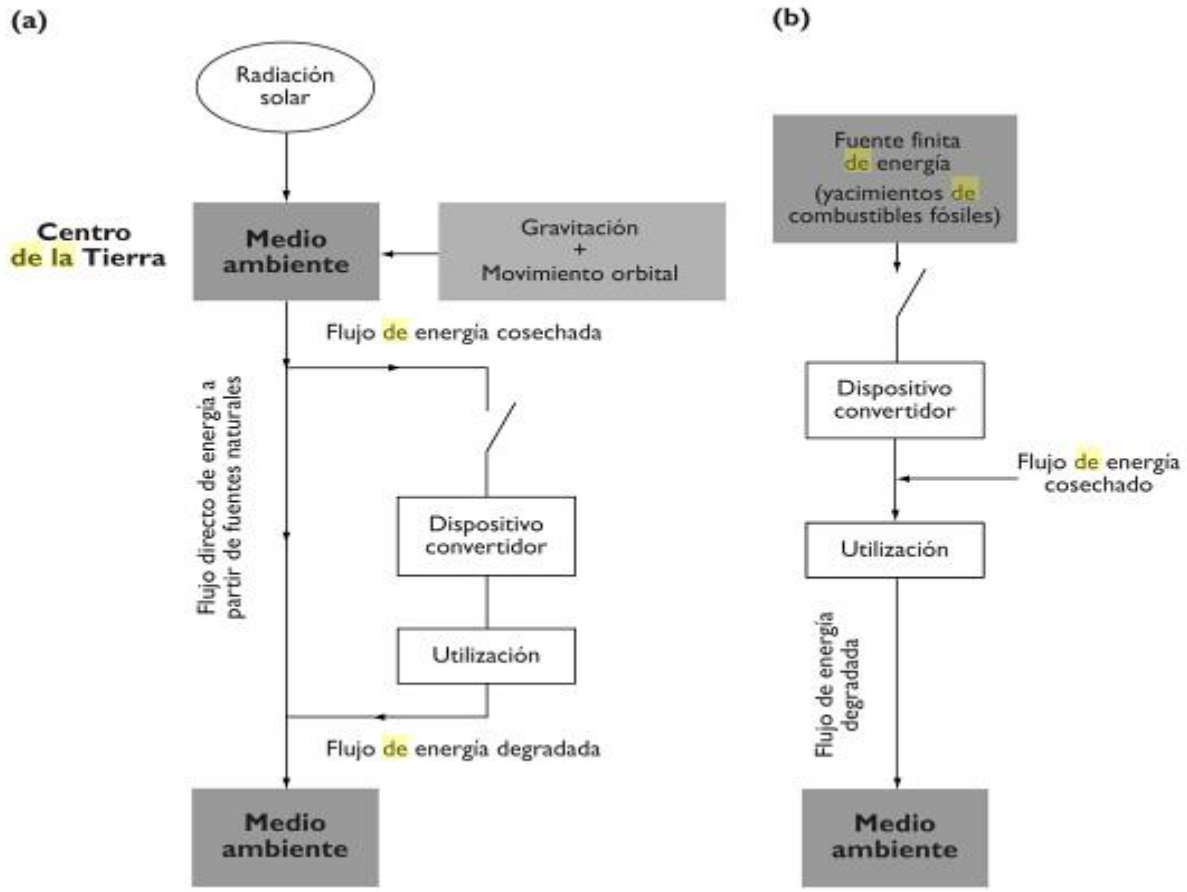


Ilustración 34. Comparación entre el aprovechamiento de energías renovables (a) y el de energías no renovables

Fuente: Tomado de González (2009)

Fuentes renovables

Las fuentes renovables son todas aquellas que se pueden regenerar después de su utilización, tal y como lo explican José Jiménez y Juan González (2004) señalando que “Las fuentes de energía renovables son aquellas que, tras ser utilizadas, se pueden regenerar de manera natural o artificial. Algunas de estas

fuentes renovables están sometidas a ciclos que se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza” (Jiménez & González , 2004).

De acuerdo el autor Roldán (2013) en su libro titulado *Energías Renovables* destaca que dentro de las energías renovables están las siguientes energías principales (Roldán, 2013):

- Energía solar térmica
- Energía solar luminosa
- Energía hidráulica
- Energía fotovoltáica
- Energía eólica
- Energía geotérmica
- Mareomotriz
- Energías procedentes de la biomasa

Fuentes no renovables

“Las fuentes de energía no renovables son aquellas que se encuentran de forma limitada en el planeta y cuya velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración” (Jiménez & González , 2004). Este tipo de fuente es la principal fuente de energía que se utilizan en las industrias, en el transporte tanto de cargas como de personas.

Otro concepto importante es “sería aquella que se obtiene a partir de acumulaciones estáticas de energía, que permanecen fijas hasta que se liberan

por los seres humanos. Son ejemplos: los combustibles fósiles y los nucleares" (González, 2009)

De acuerdo con el autor Roldán (2013) en su libro titulado *Energías Renovables* destaca que dentro de las energías no renovables están las siguientes energías (Roldán, 2013):

- Combustibles de origen fósil
    - Petróleo
    - Carbón
    - Gas natural
- Energía nuclear

Centrales eléctricas

Una central eléctrica es una instalación capaz de transformar la energía primaria (térmica, solar, eólica, del mar, hidráulica, etc.) en energía mecánica, que a su vez, mediante una posterior transformación, producirá energía eléctrica apta para el consumo.

Sea cual sea la fuente de energía primaria utilizada, la generación de energía eléctrica se basa en el trabajo que estas fuentes primarias realizaran al girar los álabes o paletas de una turbina, que a su vez harán girar unas bobinas situadas en el interior de un campo magnético, generándose así electricidad. Este principio

es común a la práctica totalidad de las centrales eléctricas, aunque existen excepciones, como es el caso de las centrales eléctricas solares fotovoltaicas, ya que estas no generan electricidad mediante la transformación de la energía mecánica, sino mediante la transformación directa de la energía luminosa de la radiación solar.

Es posible clasificar las centrales eléctricas actuales en función de las materias primas utilizadas para la generación de la energía primaria:

- Centrales hidroeléctricas
- Centrales térmicas
- Centrales nucleares
- Centrales de energías renovables

Formas de uso de la Energía Solar

Existen varias formas de aprovechar la energía del sol:

- Calos Pasivo: Se refiere al calor que recibimos de forma natural.
- Solar térmica: Este tipo de tecnología utiliza la energía del sol para calentar agua o para calefacción.
- Energía Fotovoltáica: Usa la energía del sol para producir electricidad.

Esta aprovecha el efecto fotovoltaico, el cual indica que los materiales al ser incididos por los fotones de la luz solar estos liberan electrones libres, los materiales más eficientes son los semiconductores.

De esta manera se pueden generar grandes cantidades de energía eléctrica a partir de la energía solar, mediante el uso de paneles de semiconductores mejor conocidos como paneles solares.

Marco conceptual

Auto-productores: Son aquellas entidades o empresas que disponen de generación propia para su consumo de electricidad, independientemente de su proceso productivo y eventualmente venden excedentes de potencia o energía eléctrica a terceros.

Co-generadores: Son aquellas entidades o empresas que utilizan la energía producida en sus procesos a fin de generar electricidad para su consumo propio y, eventualmente, para la venta de sus excedentes.

Energía no convencional: Incluye a todas las energías renovables, salvo a las hidroeléctricas mayores de 5MW y al uso energético de la biomasa. Puede incluir otras energías de origen no renovable, pero en aplicaciones especiales como de cogeneración o de nuevas aplicaciones con beneficios similares a las renovables en cuanto a ahorrar combustibles fósiles y no contaminar.

Potencia conectada: Potencia máxima que es capaz de demandar un usuario final dada la capacidad de la conexión y de sus instalaciones.

Potencia de punta: Potencia máxima en la curva de carga anual.

Potencia disponible: Se entiende por potencia disponible en cada instante, la mayor potencia que puede operar la planta, descontadas las detenciones programadas por mantenimiento, las distensiones forzadas y las limitaciones de potencia debidas a fallas de las instalaciones.

Potencia firme: Es la potencia que puede suministrar cada unidad generadora durante las horas pico con alta seguridad, según lo define el Reglamento para la Aplicación de la Ley General de Electricidad.

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipos de investigación

Según el objeto de estudio de esta investigación, los tipos utilizados serán:

Explicativo:

Según Arias (2012) “Es aquella que se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis”.

Se utilizará éste tipo de investigación, debido a que se hablará detalladamente las razones de porqué Avon Dominicana necesita y debe instalar un sistema de generación de energía fotovoltáica.

Documental:

El conocimiento de las herramientas e informaciones documentales que servirán de soporte, a la hora de escoger los equipos y sistema de generación fotovoltaico.

De acuerdo a esto Arias (2012) expresa que “la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de

datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas".

De campo:

Según Arias (2012) la investigación de campo "es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes".

Se harán visitas a la empresa para recopilar datos y observar las instalaciones de esta.

Técnicas

- **Observación**

Se observaron los diversos factores, cuya función primera e inmediata será la recolección de datos e información que surgen para esta investigación. La observación abre las puertas para la determinación de cuales medidas se deben tomar para eficientizar el uso de energía en la empresa.

Según Baena (2009) expresa que "en esta técnica no se hacen preguntas, todo lo investigado es sujeto a la observación por parte del investigador, quien debe tomar nota de todo lo que ocurre a su alrededor".

- **Consultas bibliográficas**

Se consultaron libros, enciclopedias y revistas para documentarnos sobre este tipo de tecnología, ver las características y equipos recomendados para empresas.

- **Consulta en base de datos**

Se utilizó la tecnología de internet como una herramienta para encontrar información, con el fin de encontrar documentos y publicaciones importantes que enriquecerán la investigación. Además, se van a consultar trabajos, tesis y otros documentos relacionados al tema.

Método

- **Metodología inductiva**

La metodología de esta investigación fue inductiva debido a que se parte de unos datos particulares de un problema para llegar a generar conclusiones generales que abarquen todos los datos observados y analizados, tal y como lo afirma el autor Torres (2006), que con esta metodología “se utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones, cuya aplicación sea de carácter general. El método se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría”.

FUENTES DE DOCUMENTACIÓN

Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigacion. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición.* Caracas: Episteme.

Baena, G. A. (2009). *I + E Investigación Estrategica.* GABL Internacional Marketin.

Flores, R. O. (2001). *Pequeña Centrales Hidroeléctricas.* MC GRAW HILL.

González, J. (2009). *Energías renovables.* Barcelona: Reverte.

Jiménez, J., & González , J. (2004). *Método para desarrollar hábitos y técnicas de estudio.* Madrid: Ediciones La Tierra Hoy S.L,.

Roldán, J. (2013). *Energías renovables. Lo que hay que saber.* España: Ediciones Paraninfo, S.A.

Rosas, R. M. (2004). *Electrotecnia.* Barcelona: EDICIONS UPC.

Torres, C. A. (2006). *Metodología de la investigación.* Naucalpan: Pearson Educación.

ESQUEMA PRELIMINAR DEL TRABAJO TEMÁTICO

- RESUMEN
- AGRADECIMIENTOS
- TABLA DE CONTENIDO
- LISTA DE TABLAS
- LISTA DE ILUSTRACIONES
- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS DE INVESTIGACION
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- DELIMITACION EN TIEMPO Y ESPACIO
- DISEÑO METODOLÓGICO

CAPITULO 1. MARCO TEORICO

ASPECTOS INSTITUCIONALES

- Historia de la empresa
- Logo institucional
- Misión
- Visión
- Valores y objetivos

INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA ELÉCTRICA

- Historia del uso de la energía eléctrica
- Modos de generación de la energía eléctrica

INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR

- Historia
- Fundamentos de la energía fotovoltáica
- Datos generales del sistema de generación solar

DIAGRAMAS DE SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR POR BLOQUE

- Panel Fotovoltaico

- Regulador de tensión
- Inversor: definición y principio de operación

NORMATIVAS APLICABLES A LA INSTALACION Y USO DE LA ENERGÍA FOLTOVOLTAICA

CAPITULO 2. SITUACION ACTUAL DEL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA

IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE INFORMACION

- La observación
- Información proporcionada por el personal
- Aplicación de la técnica de la entrevista para describir el estado actual de los equipos de la empresa.
- Aplicación de análisis de Estudio de cargas y parámetros de la red de la empresa.
- Aplicación de análisis de intensidad de la radiación solar.

CAPITULO 3. PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LOS GENERADORES FOLTOVOLTAICOS Y DE LOS EQUIPOS EN LA EMPRESA

IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

COMPONENTES DEL SISTEMA

- Generador fotovoltaico

- Regulador de carga
- Batería
- Inversor

ANÁLISIS DE COSTOS Y TASA DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

- **Conclusión**
- **Recomendaciones**
- **Fuentes Consultadas**

Anexo #2

Ficha técnica de Mono X™ NeON Module

LG
Life's Good

Innovation
for a Better Life

MonoX® NeON LG300N1C-B3

60 cell

Introducing MonoX® NeON module series, which uses highly efficient n-type materials, an elaborate process control adopting a semiconductor processing solution and a double-sided structure. Our R&D concentrates on developing a product that is not only efficient, but strives to increase practical value for customers.

N-Type Material

MonoX® NeON uses n-type cells, boasting higher mobility of electric charge, resulting in higher generation efficiency.

Near Zero LID (Light Induced Degradation)

The n-type cells used in MonoX® NeON have almost no boron, which may cause the initial efficiency to drop, leading to less LID.

Nano Level Control

MonoX® NeON uses the Nano-level process control predominant in semiconductor processing process, which ensures less electric loss from internal defects.

Double-Sided Cell Structure

The rear of the cell used in MonoX® NeON is designed to contribute to generation; the light beam reflected from the rear of the module is reabsorbed to generate a great amount of additional power.

Light Weight | Convenient Installation | EL Test | Current Sorting | Linear Warranty | Positive Power Tolerance

About LG Electronics

LG Electronics is a multinational corporation committed to expanding its capacity with solar energy business as its future growth engine. Our solar energy source research program was launched in 1985, backed by LG Group's rich experience in semi-conductors, LCD, chemistry and electronic materials industry. We successfully released the first MonoX® series to the market in 2010 which exported to 32 countries in 2 years. In 2013, MonoX® NeON won "Intersolar Award", which proved its leading innovation in the industry.

MonoX® NeON LG300N1C-B3

Mechanical Properties

Cells	6 x 10
Cell vendor	LG
Cell type	Monocrystalline
Cell dimensions	156 x 156 mm / 6 x 6 in
# of busbar	3
Dimensions (L x W x H)	1640 x 1000 x 35 mm 64.57 x 39.37 x 1.38 in
Static snow load	5400 Pa / 113 psf
Static wind load	2400 Pa / 50 psf
Weight	16.8 ± 0.5 kg / 36.96 ± 1.1 lb
Connector type	MC4 connector IP 67
Junction box	IP 67 with 3 bypass diodes
Length of cables	2 x 1000 mm / 2 x 39.37 in
Glass	High transmission tempered glass
Frame	Anodized aluminum

Certifications and Warranty

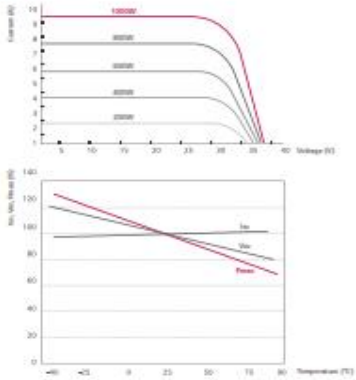
Certifications	IEC 61215, IEC 61730-1/-2, UL 1703, ISO 9001, IEC 61701, IEC 62716
Module fire performance (UL1703)	Type 2
Product warranty	10 years
Output warranty of Pmax (measurement Tolerance ± 3%)	Linear warranty* NEW

* 1) 1st year 98%, 2) After 2nd year 0.7%p annual degradation, 3) 81.2% for 25 years

Temperature Coefficients

NOCT	45 ± 2 °C
Pmpp	-0.41 %/°C
Voc	-0.29 %/°C
Isc	0.04 %/°C

Characteristic Curves



Electrical Properties (STC *)

	300 W
MPP voltage (Vmpp)	32.0
MPP current (Impp)	9.40
Open circuit voltage (Voc)	39.8
Short circuit current (Isc)	9.98
Module efficiency (%)	18.3
Operating temperature (°C)	-40 ~ +90
Maximum system voltage (V)	1000 (IEC), 600 (UL)
Maximum series fuse rating	20
Power tolerance (%)	0 ~ +3

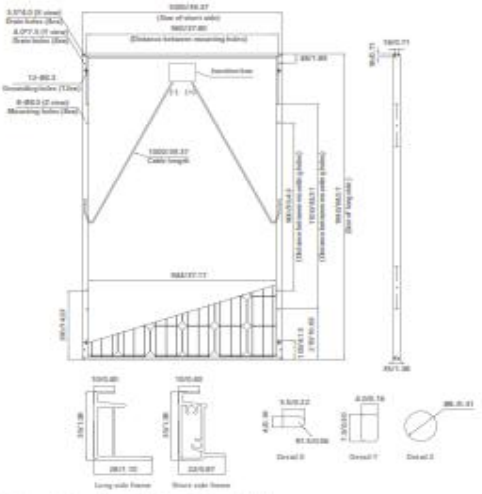
* STC (Standard Test Condition) Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM 1.5
* The nameplate power output is measured and determined by LG Electronics at its sole and absolute discretion.

Electrical Properties (NOCT*)

	300 W
Maximum power (Pmpp)	220
MPP voltage (Vmpp)	29.3
MPP current (Impp)	7.50
Open circuit voltage (Voc)	36.9
Short circuit current (Isc)	8.05
Efficiency reduction (from 1000 W/m² to 200 W/m²)	< 2%

* NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800 W/m², ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

Dimensions (mm/in)



* The distance between the center of the mounting/grounding holes.

LG Life's Good

North America Solar Business Team
LG Electronics U.S.A. Inc.
1000 Sylvan Ave. Englewood Cliffs, NJ 07632

Contact: lg.solar@lge.com
www.lgsolarusa.com

Product specifications are subject to change without notice.
"LG Life's Good" is a registered trademark of LG Corp.
All other trademarks are the property of their respective owners.
DS-N-60-C-US-F-EN-31002

Copyright © 2014 LG Electronics. All rights reserved.
08/17/2014

Innovation for a Better Life

Ilustración 35. Ficha técnica panel LG Mono X NeON

Fuente: (LG, 2016)

Anexo #3

Ficha técnica de inversor Conext CL

solar.schneider-electric.com

Life Is On | Schneider Electric

The complete commerical solution

For any solar application, it's critical that the solution is flexible enough to meet your needs, and deliver the greatest possible return on investment.

That's why Schneider Electric™ offers a complete commercial solution of reliable, easy-to-install, and highly connected range of products to help you maximize your return on investment. Secure your solar investments and harness the power of true flexibility and reliability, all from a bankable partner that you can trust.

Our complete solution for commercial buildings, carports, and decentralized PV power plants includes:

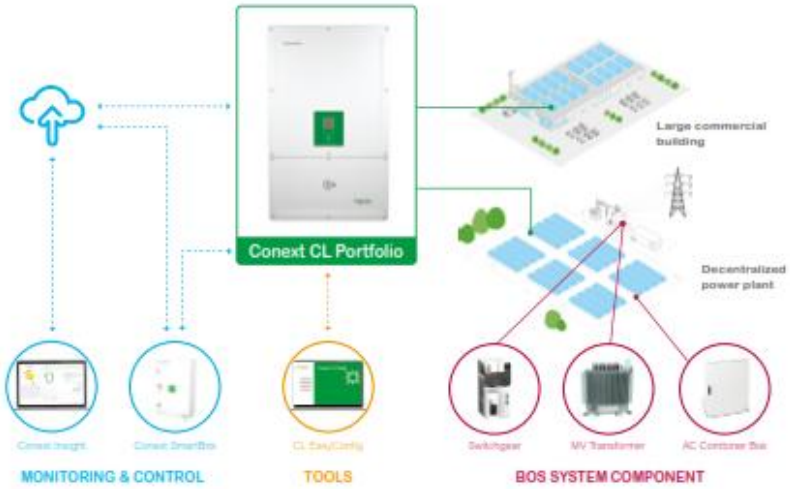
- **Conext™ CL:** a series of three-phase grid-tie string inverters, including North American standard models of 18 kW, 25 kW and 40 kW (coming in 2016), and IEC standard models of 20 kW, 25 kW and 40 kW (coming in 2016).
- **Conext SmartBox and Conext Insight:** monitoring and control systems that make remote asset management and troubleshooting easier than ever before.
- **Decentralized architecture and system capabilities:** combined with Schneider Electric's broad range of medium voltage products, this brings together the most comprehensive and ideal solution for your PV assets.

180

years of history and a proven track-record of more than 15 years in the solar industry

160k+

total workforce in 100+ countries



Why choose the Conext CL?

NA	18 kW	25 kW	40 kW*
IEC	20 kW	25 kW	40 kW*

* In development

Featuring an electrolyte-free inverter core design along with Schneider Electric's rigorous reliability test procedures, the Conext CL three-phase string inverter is guarded for long-term and superior reliability. The integrated and detachable wiring box offers multiple configuration options, which allow for easy, flexible, and low cost installations.

Remote asset management and troubleshooting are easier than ever before with Schneider Electric's Conext SmartBox communication device and Conext Insight web portal.

It is built for a decentralized architecture with full grid support and compatible with a broad range of medium voltage products. The Conext CL is the ideal choice for commercial buildings and decentralized power plants.

Lastly, backed by Schneider Electric's global service infrastructure, leading manufacturing facilities and its expertise in energy management, the Conext CL series is the inverter you should trust for quality and reliability.

Left: United Kingdom,
Utility ground mounted
5.2MW, 171 * CL 25kW inverters

Connected

In a world where we are more interconnected than ever before, it's critical that your inverter can support robust monitoring and data communication connections, while still being economical.

Embedded gateway and web server

With these capabilities, your inverter can directly push data through HTTP or FTP to support local and remote connectivity. Take advantage of remote monitoring and get access to our cloud-based portal, Conext Insight, for up to eight Conext CL inverters, with no additional hardware investment.

Direct connect through the Cloud

Direct connectivity to the cloud and Conext Insight portal without any hardware investment (≤ 8 inverters).

Wired and wireless

The Conext CL can be connected via RS485 ports through Modbus RTU, or to Ethernet ports through Modbus TCP. The Conext CL-NA features an open architecture with Sunspec's standardized mapping protocol, which allows for the integration of third party monitoring and your own monitoring and control system. The Conext CL's wireless communication feature eliminates the need for fixed cabling to your router and simplifies your installation process (this feature will be available in 2016).

Easy

When we designed the Conext CL three-phase string inverter, we wanted your end-to-end experience to be seamless and easy.

To be your best partner in the field, we carefully designed each feature so that installation is quick and convenient for you and your team, commissioning is hassle free, and service is swift and polished. Helping you save time and energy, and becoming more efficient is our priority.

Easy installation

The Conext CL inverter and wiring box come as two separate units, to help you reduce the overall weight of the installation. Our wiring box is pre-wired, making cable connections very quick and easy. Fuse holders are installed on an angled din rail to give you easy access and connection of wires. The North American models offer both side and bottom cable entry, which means if you have wires hanging from the top, a side cable entry makes for easier cable connections. Best of all, the installation of the Conext CL can be done within 14 to 18 minutes, depending on the model.

Easy commissioning

Perform rapid commissioning with multiple inverters using our Conext CL EasyConfig tool. Easily customize parameter settings via a PC instead of each inverter's DUI, and then deploy your settings to the rest of your Conext CL inverters in the field. Configuring multiple inverters, especially custom settings, are as easy as copy and paste.

Conext CL EasyConfig tool

Easy Service

Easily export data from the Conext CL and perform firmware upgrades through the built-in USB port. When issues arise and the inverter needs to be replaced, save time by only swapping out the inverter. All you have to do is remove the three bolts on the bottom of the inverter, while your wiring box and cable wirings remain untouched.

Specifications

Device short name	CL20000 E	CL25000 E	CL40000 E*
Electrical specifications			
Input (DC)			
Full power MPPT voltage range	350 - 800 V	430 - 800 V	520 - 800 V
Operating voltage range at nominal AC voltage	250 - 1000 V	250 - 1000	250 - 1000 V
Max. input voltage, open circuit	1000 V	1000 V	1000 V
Number of MPPT / strings per MPPT**	2 / 4	2 / 4	1 /10
Max. array short circuit current per MPPT	40.0 A	40.0 A	120.0 A
Nominal DC input power	21.5 kW	26.5 kW	42.0 kW
Max. DC input power per MPPT***	12.9 kW	15.9 kW	42.0 kW
DC connection (in the wiring box)	Base model: spring cage clamp connector, Essential model and optimum model: fuse holder	Base model: spring cage clamp connector, Essential model and optimum model: fuse holder	Screw type Fuse holder
Output (AC)			
Rated output power (PF=1)	20.0 kW	25.0 kW	40.0 kW
Max. apparent power	20.0 kVA	25.0 kVA	40.0 kVA
Nominal output voltage	230 / 400 V	230 / 400 V	230 / 400 V
AC voltage range	184 - 276 V / 319-478 V	184 - 276 V / 319-478 V	184 - 276 V / 319-478 V
Frequency	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Frequency range (adjustable)	50 +/- 3 Hz, 60 +/- 3Hz	50 +/- 3 Hz, 60 +/- 3Hz	50 +/- 3 Hz, 60 +/- 3Hz
Max. output current	30.0 A	37.0 A	60.0 A
Nominal continuous output current	29.0 A	36.1 A	58.0 A
Total harmonic distortion	< 3 %	< 3 %	< 3 %
Power factor (adjustable)	0.8 lead to 0.8 lag	0.8 lead to 0.8 lag	0.8 lead to 0.8 lag
AC connection (in the wiring box)	spring cage clamp connector	spring cage clamp connector	spring cage clamp connector
Efficiency			
Peak	98.3 %	98.3 %	98.4 %
European	98.0 %	98.0 %	98.0 %
General specifications			
Power consumption at night time	<3.0W	< 3 .0W	< 3.0 W
Enclosure rating	IP65 (electronics)	IP65 (electronics)	IP65 (electronics)
Cooling	Fan cooled	Fan cooled	Fan cooled
Inverter weight	54 kg (119 lb)	54 kg (119 lb)	62 kg (137 lb)
Wiring box weight	15 kg (33 lb)	15 kg (33 lb)	23 kg (51 lb)
Inverter dimensions (H x W x D)	71.4 x 67.4 x 26.8 cm (28.1 x 26.5 x 10.5 in)	71.4 x 67.4 x 26.8 cm (28.1 x 26.5 x 10.5 in)	71.4 x 67.8 x 30.7 cm (28.1 x 26.7 x 12.0 in)
Wiring box dimensions (H x W x D)	36.1 x 67.4 x 26.8 cm (14.2 x 26.5 x 10.5 in)	36.1 x 67.4 x 26.8 cm (14.2 x 26.5 x 10.5 in)	39.6 x 67.8 x 30.7 cm (15.6 x 26.7 x 12.0 in)
Ambient air temperature for operation	-20 to 60°C (-13°F to 140°F)	-20 to 60°C (-13°F to 140°F)	-20 to 60°C (-13°F to 140°F)
Max. operating altitude without derating	2000 m (6560 ft)	2000 m (6560 ft)	2000 m (6560 ft)
Relative humidity %	4...100 condensing	4...100 condensing	4...100 condensing
Noise emission (at 1 m distance)	< 55 dBA	< 55 dBA	< 58 dBA
Features and options			
Embedded data logger	Yes		
User interface	Graphic display, key pad		
Communication interface	RS485 (MODBUS RTU), Ethernet / MODBUS TCP (Ethernet), USB and dry contact, CL40000E allows Ethernet daisy chain		
Monitoring	Easy to connect to third party monitoring system and Schneider Electric monitoring system, Inverter built-in web server supporting local webpage monitoring		
Remote power off	Yes		
Regulatory approval			
Electrical safety	CE marked for the Low Voltage Directive EN / IEC 62109-1 / EN / IEC 62109-2, AS3100		
Grid interconnection (pending)	BDEW, VDE0126-1-1, VDE-AR-N 4105, CEI 0-21, CEI 0-16, G59/3, UTE C15-712-1, AS4777, IEC 62116, IEC 61727, PEA & MEA for Thailand****		
Environmental	RoHS, REACH and 4K4H		
EMC	CE marked for the EMC directive 2004-108-EC Emissions: EN 61000-6-3 (residential) Immunity: EN 61000-6-2 (industrial)		
Available product variants			
Base: AC connector and DC connector	PVSCL20E100	PVSCL25E100	PVSCL40E100
Essential: Touch-safe fuse holder DC switch and AC connector	PVSCL20E200	PVSCL25E200	
Essential-: Essential with MC4 connector	PVSCL20E201	PVSCL25E201	PVSCL40E201
Optimum: Essential + DC SPD and AC SPD	PVSCL20E300	PVSCL25E300	
Optimum-: Optimum with MC4 connector	PVSCL20E301	PVSCL25E301	PVSCL40E301

Specifications are subject to change without notice. *Preliminary specification. **Base model: 2/1 ***Under unbalanced condition. ****Country certification is subject to modification.

Device short name	CL18000 NA	CL25000 NA	CL40000 NA*
Electrical specifications			
Input (DC)			
Full power MPPT voltage range	300 - 800 V	500 - 800 V	540 - 800 V
Operating voltage range	250 -1000 V	250 - 1000 V	250 - 1000 V
Max. input voltage, open circuit	1000 V	1000 V	1000 V
Number of MPPT / strings per MPPT**	2 / 4	2 / 4	1 / 10
Absolute max. short circuit current per MPPT	36.0 A	36.0 A	108.0 A
Nominal DC input power	19.0 kW	26.5 kW	42.0 kW
Max. DC input power per MPPT***	11.4 kW	15.9 kW	42.0 kW
DC connection (in the wiring box)	Base model: spring cage clamp connector, Essential model and optimum model: fuse holder	Base model: spring cage clamp connector, Essential model and optimum model: fuse holder	Screw type Fuse holder
Output (AC)			
Rated output power (PF=1)	18.0 kW	25.0 kW	40.0 kW
Max. apparent power	18.0 kVA	25.0 kVA	40.0 kVA
Nominal output voltage	277 / 480 V	277 / 480 V	277 / 480 V
AC voltage range	244 - 305 V / 422 - 528 V	244 - 305 V / 422-528 V	244 - 305 V / 422-528 V
Frequency	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Frequency range (adjustable)	60 +/- 3 Hz	60 +/- 3 Hz	60 +/- 3 Hz
Max. output current	25.0 A	33.0 A	50.0 A
Nominal continuous output current	21.7A	30.1A	48.1 A
Total harmonic distortion	< 3 %	< 3 %	< 3 %
Power factor (adjustable)	0.8 lead to 0.8 lag	0.8 lead to 0.8 lag	0.8 lead to 0.8 lag
AC connection (in the wiring box)	Bottom and side conduit/cable entry, spring cage clamp	Bottom and side conduit/cable entry, spring cage clamp connector	Bottom and side conduit/cable entry, spring cage clamp connector
Efficiency			
Peak	98.0 %	98.4 %	98.4 %
CEC	97.5 %	98.0 %	98.0 %
General specifications			
Power consumption at night time	< 3.0 W	< 3.0 W	< 3.0 W
Enclosure rating	TYPE 4 (electronics)	TYPE 4 (electronics)	TYPE 4 (electronics)
Cooling	Fan cooled	Fan cooled	Fan cooled
Inverter weight	54 kg (119 lb)	54 kg (119 lb)	62 kg (137 lb)
Wiring box weight	15 kg (33 lb)	15 kg (33 lb)	23 kg (51 lb)
Inverter dimensions (H x W x D)	71.4 x 67.4 x 26.8 cm (28.1 x 26.5 x 10.5 in)	71.4 x 67.4 x 26.8 cm (28.1 x 26.5 x 10.5 in)	71.4 x 67.8 x 30.7 cm (28.1 x 26.7 x 12.0 in)
Wiring box dimensions (H x W x D)	36.1 x 67.4 x 26.8 cm (14.2 x 26.5 x 10.5 in)	36.1 x 67.4 x 26.8 cm 14.2 x 26.5 x 10.5 in)	39.6 x 67.8 x 30.7 cm (15.6 x 26.7 x 12.0 in)
Ambient air temperature for operation	-20 to 60°C (-13°F to 140°F)	-20 to 60°C (-13°F to 140°F)	-20 to 60°C (-13°F to 140°F)
Max. operating altitude without derating	2000 m (6560 ft)	2000 m (6560 ft)	2000 m (6560 ft)
Relative humidity %	4...100 condensing	4...100 condensing	4...100 condensing
Noise emission (at 1 m distance)	< 55 dBA	< 55 dBA	< 58 dBA
Features and options			
Embedded data logger	Yes		
User interface	Graphic display, key pad		
Communication interface	RS485 (MODBUS RTU), Ethernet / MODBUS TCP (Ethernet), USB and dry contact, CL40000 allows Ethernet daisy chain		
Monitoring	SunSpec Alliance profile, easy to connect to third party monitoring system and Schneider Electric monitoring system, inverter built-in web server supporting local webpage monitoring		
Remote power off	Yes		
Regulatory approval			
Certifications (pending)	UL1741, IEEE 1547.1, CSA C22.2 107.1-01, FCC Part 15****		
Available product variants			
Base: AC connector and DC connector	PVSCL18NA100	PVSCL25NA100	PVSCL40NA100
Essential: Touch-safe fuse holder, DC switch and AC connector	PVSCL18NA200	PVSCL25NA200	
Essential+: Essential + AFD	PVSCL18NA201	PVSCL25NA201	PVSCL40NA201
Optimum: Essential + DC SPD and AC SPD	PVSCL18NA300	PVSCL25NA300	
Optimum+: Optimum + AFD	PVSCL18NA301	PVSCL25NA301	PVSCL40NA301

Specifications are subject to change without notice. *Preliminary specification. **Base model: 2/1 ***Under unbalanced condition. ****Country certification is subject to modification.

Ilustración 36. Ficha técnica inversor Conext CL

Fuente: (Schneider Electric, 2016)

Anexo #4

Distribución de los paneles en el techo

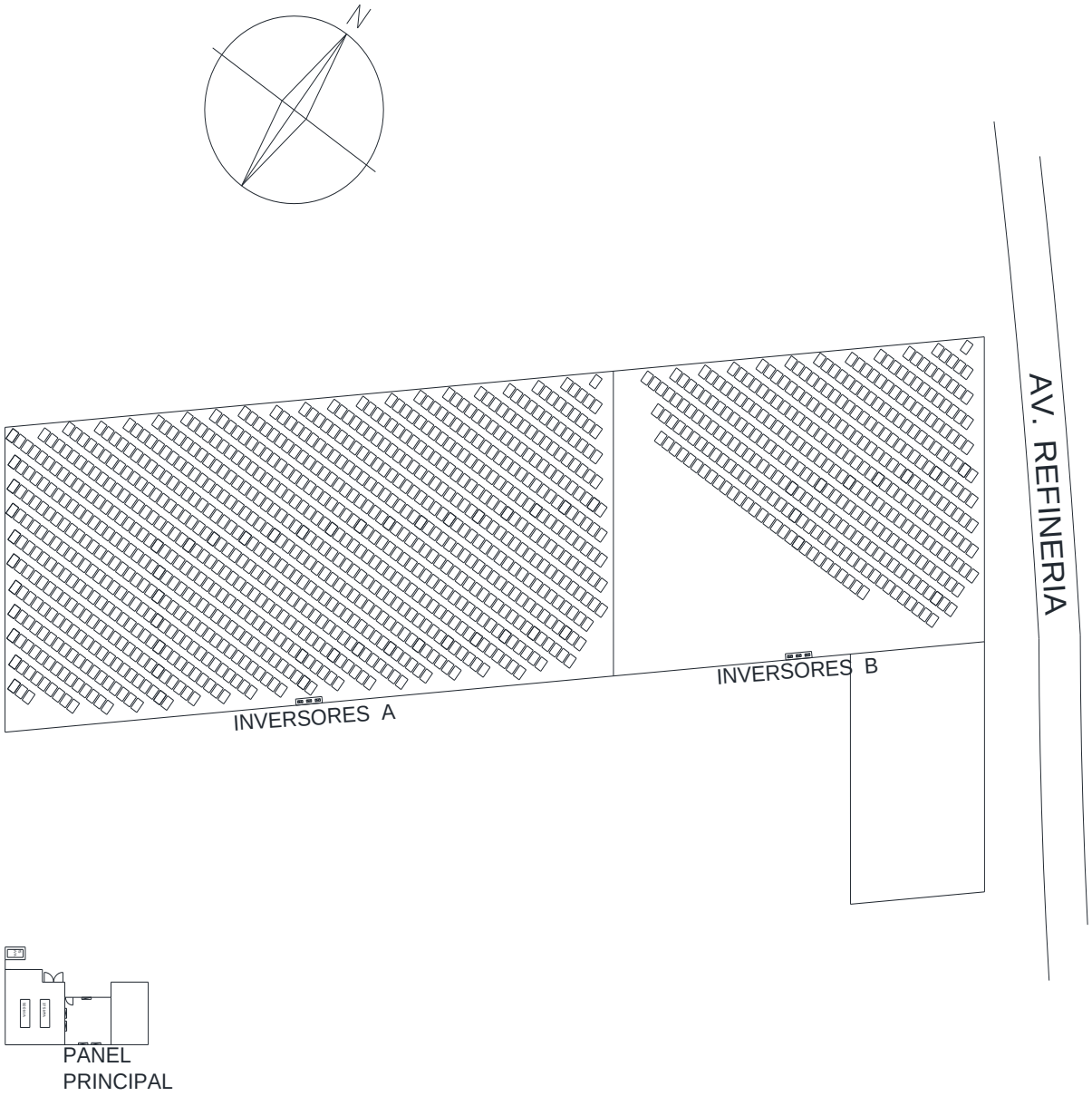


Ilustración 37. Vista en planta Distribución de Paneles.

Fuente: elaboración propia.

Anexo #5

Facturación energía eléctrica.

Mes	Tarifa	Voltaje (V)	Factor de potencia	Consumo (kWh)	Potencia (W)	Reactiva A.T. (kVArh)	Importe energia	Importe total	Recargo por factor de potencia
ene-15	MTD1	4,160	0.83	52,560	203,400	36,000	RD$ 410,493.60	RD$543,287.17	RD$ 28,734.55
feb-15	MTD1	4,160	0.83	47,430	191,880	32,040	RD$ 370,428.30	RD$499,533.98	RD$ 25,929.98
mar-15	MTD1	4,160	0.83	47,520	198,900	32,040	RD$ 371,131.20	RD$501,038.18	RD$ 25,979.18
abr-15	MTD1	4,160	0.84	55,800	197,100	36,720	RD$ 435,798.00	RD$565,873.68	RD$ 26,147.88
may-15	MTD1	4,160	0.83	54,720	217,260	36,540	RD$ 427,363.20	RD$563,087.16	RD$ 29,915.42
jun-15	MTD1	4,160	0.83	56,700	194,040	37,980	RD$ 442,827.00	RD$580,202.03	RD$ 30,997.89
jul-15	MTD1	4,160	0.84	54,000	191,160	34,740	RD$ 421,740.00	RD$553,421.54	RD$ 25,304.40
ago-15	MTD1	4,160	0.83	57,060	202,500	38,190	RD$ 445,638.60	RD$583,210.44	RD$ 31,194.70
sep-15	MTD1	4,160	0.83	55,980	208,080	38,160	RD$ 437,203.80	RD$574,185.21	RD$ 30,604.27
oct-15	MTD1	4,160	0.83	56,700	226,260	38,340	RD$ 442,827.00	RD$584,007.25	RD$ 30,997.89
								RD$5,547,846.64	

Tabla 10. Facturación tabulada de enero a octubre de 2015

Fuente: Elaboración propia

edesur

Duplicado

Wc3MDQ0ODA=
anRob21hc2E=

OFICINA: 1312- HAINA
CARR SANCHEZ- 1
TELÉFONO: 542-0031
REFERENCIA DE PAGO: 6002500197-09
NCF **A010010010100905460**
FECHA DE EMISIÓN: 02/03/2015
CONDICIÓN FISCAL:
FECHA LÍMITE DE PAGO: 01/04/2015

NAVE AVON, S. A.
DIRECCIÓN:
AVDA JOSE FCO PEÑA GOMEZ 4 II
Finca: AVON
REF.:
Loc.: ZONA INDUSTRIAL
Sección: ZONA URBANA
Municipio: BAJOS DE HAINA
Provincia: SAN CRISTOBAL
Dirección Anterior:
EV LA REFINERIA HAINA

Ruta: 91
Itiner.: 0011
89422970

NIS: 6002500
DIRECCIÓN DEL SUMINISTRO
AVDA JOSE FCO PEÑA GOMEZ S/N
LOC.: ZONA INDUSTRIAL
REF.: FRENTE A AMERIFARMA

TITULAR DEL CONTRATO
NAVE AVON, S. A.
RNC - CÉDULA: 101013702

NIC
6002500

DATOS DEL CONTRATO

TARIFA	VOLTAJE	POTENCIA CONTRATADA	PERÍODO DE FACTURACIÓN
MTD1	Alta 4,160 kV	300 kW	01/02/2015 - 02/03/2015 = 29 Días

TIPO DE LECTURA	NO. DE CONTADOR	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	MÚLTIPLO	CONSUMO
Activa A.T.	89422970	12,341	12,605	180.0000	47,520kWh
Potencia A.T.	89422970		1.105	180.0000	198.900kW
Reactiva A.T.	89422970	7,340	7,518	180.0000	32040.0000kVArh

CÁLCULO DE LA FACTURA

Cargo fijo 29 días, RD$ 224.53	RD$	224.53
Energía 47520 kWh x RD$ 7.81	RD$	371,131.20
Recargo Factor de Potencia RD$ 371,131.20 x 7.00 %	RD$	25,979.18
Potencia maxima 213.39 kW x RD$ 485.98	RD$	103,703.27

Cos φ: 0.82

Mes	Cons.	Pot
03/14	53280	199.260
04/14	51660	202.560
05/14	52740	201.960
06/14	52020	206.520
07/14	51660	207.180
08/14	54540	186.480
09/14	52940	213.600
10/14	48780	185.580
11/14	54000	197.640
12/14	49140	197.640
01/15	52560	203.400
02/15	47340	191.880
03/15	47520	198.900

IMPORTE TOTAL EN RD$	**501,038.18**
FECHA LÍMITE DE PAGO	**01/04/2015**

NOTIFICACIONES

Duplicado

REFERENCIA DE PAGO 6002500197-09
FECHA LÍMITE DE PAGO 01/04/2015

IMPORTE EN RD$ 501,038.18

TITULAR DE CONTRATO
NAVE AVON, S. A.
DIRECCIÓN DEL SUMINISTRO
AVDA JOSE FCO PEÑA GOMEZ S/N
LOC.: ZONA INDUSTRIAL
REF.: FRENTE A AMERIFARMA
TARIFA:
MTD1

Ruta: 91
Itiner.: 0011

Ilustración 38. Factura mes de Marzo 2015

Fuente: AVON Dominicana.

Anexo #6

Fichas técnicas y fotos de generadores de emergencia.

Power Generation

Diesel Generator Set
Model DGCB 60 Hz

60 kW, 75 kVA Standby
55 kW, 69 kVA Prime

Description

The Cummins Power Generation DG-series commercial generator set is a fully integrated power generation system providing optimum performance, reliability, and versatility for stationary standby or prime power applications.

A primary feature of the DG GenSet is strong motor-starting capability and fast recovery from transient load changes. The torque-matched system includes a heavy-duty Cummins 4-cycle diesel engine, an AC alternator with high motor-starting kVA capacity, and an electronic voltage regulator with three phase sensing for precise regulation under steady-state or transient loads. The DG GenSet accepts 100% of the nameplate standby rating in one step, in compliance with NFPA 110 Level 1 requirements.

The standard PowerCommand® digital electronic control is an integrated system that combines engine and alternator controls for high reliability and optimum GenSet performance.

Optional weather-protective enclosures and coolant heaters shield the generator set from extreme operating conditions. Environmental concerns are addressed by low exhaust emission engines, sound-attenuated enclosures, exhaust silencers, and dual-wall fuel tanks. A wide range of options, accessories, and services are available, allowing configuration to your specific power generation needs.

Every production unit is factory tested at rated load and power factor. This testing includes demonstration of rated power and single-step rated load pickup. Cummins Power Generation manufacturing facilities are registered to ISO9001 quality standards, emphasizing our commitment to high quality in the design, manufacture, and support of our products. The generator set is CSA certified and is available as UL2200 Listed. The PowerCommand control is UL508 Listed.

All Cummins Power Generation systems are backed by a comprehensive warranty program and supported by a worldwide network of 170 distributors and service branches to assist with warranty, service, parts, and planned maintenance support.

Features

UL Listed Generator Set - The complete generator set assembly is available Listed to UL 2200.

Low Exhaust Emissions - Engine meets former U.S. EPA Nonroad Source Emission Standards, 40 CFR 89, Tier 1.

Cummins Heavy-Duty Engine - Rugged 4-cycle industrial diesel engine delivers reliable power, low emissions, and fast response to load changes.

Alternator - Several alternator sizes offer selectable motor-starting capability with low reactance 2/3 pitch windings, low waveform distortion with non-linear loads, fault-clearing short-circuit capability, and class H insulation. The alternator electrical insulation system is UL1446 Recognized.

Control Systems - The PowerCommand electronic control is standard equipment and provides total genset system integration, including automatic remote starting/stopping, precise frequency and voltage regulation, alarm and status message display, AmpSentry™ protection, output metering, auto-shutdown at fault detection, and NFPA 110 Level 1 compliance. PowerCommand control is Listed to UL508.

Cooling System - Standard cooling package provides reliable running at the rated power level, at up to 50°C ambient temperature.

Integral Vibration Isolation - Robust skid base supports the engine, alternator, and radiator on isolators, minimizing transmitted vibration.

E-Coat Finish - Dual electro-deposition paint system provides high resistance to scratching, corrosion, and fading.

Enclosures - Optional weather-protective enclosures are available.

Fuel Tanks - Dual wall sub-base fuel tanks and in-skid day tanks are also offered.

Certifications - Generator sets are designed, manufactured, tested, and certified to relevant UL, NFPA, ISO, IEC, and CSA standards.

Warranty and Service - Backed by a comprehensive warranty and worldwide distributor service network.

© 2005 Cummins Power Generation Specifications subject to change without notice S-1118I (7/05)

Generator Set

The general specifications provide representative configuration details. Consult the outline drawing for installation design.

Specifications – General

See outline drawing 500-3303 for installation design specifications.

Unit Width, in (mm)	40.0 (1016)
Unit Height, in (mm)	47.5 (1207)
Unit Length, in (mm)	82.8 (2104)
Unit Dry Weight, lb (kg)	1590 (721)
Unit Wet Weight, lb (kg)	1720 (780)
Rated Speed, rpm	1800
Voltage Regulation, No Load to Full Load	±1.0%
Random Voltage Variation	±1.0%
Frequency Regulation	5%
Random Frequency Variation	±0.5%, Isochronous optional ±0.25%
Radio Frequency Interference	Optional PMG excitation operates in compliance with BS800 and VDE level G and N. Addition of RFI protection kit allows operation per MIL-STD-461 and VDE level K.

Cooling	**Standby**	**Prime**
Fan Load, HP (kW)	4.6 (3.4)	4.6 (3.4)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	4.5 (16.9)	4.5 (16.9)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	45.0 (170.3)	45.0 (170.3)
Heat Rejection To Coolant, Btu/min (MJ/min)	2450.0 (2.6)	2210.0 (2.3)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	1070.0 (1.1)	956.0 (1.0)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	5.0 (34.5)	5.0 (34.5)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	46.0 (14.0)	46.0 (14.0)

Air		
Combustion Air, scfm (m^3/min)	206.0 (5.8)	202.0 (5.7)
Alternator Cooling Air, scfm (m^3/min)	1308.0 (37.0)	1308.0 (37.0)
Radiator Cooling Air, scfm (m^3/min)	4900.0 (138.7)	4900.0 (138.7)
Max. Static Restriction, in H_2O (Pa)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)

Rating Definitions

Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No sustained overload capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Stop Power in accordance with ISO3046, AS2789, DIN6271 and BS5514). Nominally rated.

Prime (Unlimited Running Time) Rating based on: Applicable for supplying power in lieu of commercially purchased power. Prime power is the maximum power available at a variable load for an unlimited number of hours. A 10% overload capability is available for limited time. (Equivalent to Prime Power in accordance with ISO8528 and Overload Power in accordance with ISO3046, AS2789, DIN6271, and BS5514). This rating is not applicable to all generator set models.

Base Load (Continuous) Rating based on: Applicable for supplying power continuously to a constant load up to the full output rating for unlimited hours. No sustained overload capability is available for this rating. Consult authorized distributor for rating. (Equivalent to Continuous Power in accordance with ISO8528, ISO3046, AS2789, DIN6271, and BS5514). This rating is not applicable to all generator set models.

Site Derating Factors

Engine power available up to 5260 ft (1600 m) at ambient temperatures up to 104°F (40°C). Above 5260 ft (1600 m) derate at 4% per 1000 ft (305 m), and 1% per 10°F (2% per 11°C) above 104°F (40°C).

© 2005 Cummins Power Generation

Engine

Cummins heavy-duty diesel engines use advanced combustion technology for reliable and stable power, low emissions, and fast response to sudden load changes.

Mechanical governing is standard. Electronic governing is available for applications requiring constant (isochronous) frequency regulation such as Uninterruptible Power Supply (UPS) systems, non-linear loads, or sensitive electronic loads. Optional coolant heaters are recommended for all emergency standby installations or for any application requiring fast load acceptance after start-up.

Specifications – Engine

Base Engine	Cummins Model 4BT3.9-G4, Turbocharged, diesel-fueled
Displacement in^3 (L)	239.0 (3.9)
Overspeed Limit, rpm	2100 ±50
Regenerative Power, kW	11.90
Cylinder Block Configuration	Cast iron, In-line 4 cylinder
Battery Capacity	460 amps minimum at ambient temperature of 32°F (0°C)
Battery Charging Alternator	65 amps
Starting Voltage	12-volt, negative ground
Lube Oil Filter Types	Single spin-on canister, full flow
Standard Cooling System	104°F (40°C) ambient radiator

Power Output	**Standby**	**Prime**
Gross Engine Power Output, bhp (kWm)	99.0 (73.9)	90.0 (67.1)
BMEP at Rated Load, psi (kPa)	167.0 (1151.4)	157.5 (1085.9)
Bore, in. (mm)	4.02 (102.1)	4.02 (102.1)
Stroke, in. (mm)	4.72 (119.9)	4.72 (119.9)
Piston Speed, ft/min (m/s)	1416.0 (7.2)	1416.0 (7.2)
Compression Ratio	16.5:1	16.5:1
Lube Oil Capacity, qt. (L)	11.5 (10.9)	11.5 (10.9)
Fuel Flow		
Fuel Flow at Rated Load, US Gal/hr (L/hr)	12.6 (47.7)	12.4 (46.9)
Maximum Inlet Restriction, in. Hg (mm Hg)	4.0 (101.6)	4.0 (101.6)
Maximum Return Restriction, in. Hg (mm Hg)	10.0 (254.0)	10.0 (254.0)
Air Cleaner		
Maximum Air Cleaner Restriction, in. H_2O (kPa)	25.0 (6.2)	25.0 (6.2)
Exhaust		
Exhaust Flow at Rated Load, cfm (m^3/min)	505.0 (14.3)	480.0 (13.6)
Exhaust Temperature, °F (°C)	925.0 (496.1)	885.0 (473.9)
Max Back Pressure, in. H_2O (kPa)	41.0 (10.2)	41.0 (10.2)

Fuel System	Direct injection, number 2 diesel fuel, fuel filter; water separator; automatic electric fuel shutoff

Fuel Consumption		**Standby**				**Prime**			
60 Hz Ratings, kW (kVA)		**60 (75)**				**55 (69)**			
	Load	1/4	1/2	3/4	Full	1/4	1/2	3/4	Full
	US Gal/hr	1.9	2.8	3.7	4.7	1.8	2.6	3.5	4.4
	L/hr	7	11	14	18	7	10	13	17

© 2005 Cummins Power Generation Specifications subject to change without notice S-1118I (7/05)

Warranty

All components and subsystems are covered by an express limited one-year warranty. Other optional and extended factory warranties and local distributor maintenance agreements are available. Contact your distributor/dealer for more information.

Certifications

ISO9001 - This generator set was designed and manufactured in facilities certified to ISO9001.

CSA - This generator set is CSA certified to product class 4215-01.

PTS - The Prototype Test Support (PTS) program verifies the performance integrity of the generator set design. Products bearing the PTS symbol have been subjected to demanding tests in accordance to NFPA 110 Level 1 to verify the design integrity and performance under both normal and abnormal operating conditions including short circuit, endurance, temperature rise, torsional vibration, and transient response, including full load pickup.

UL - The generator set is available Listed to UL 2200, Stationary Engine Generator Assemblies. The PowerCommand control is Listed to UL 508 - Category NITW7 for U.S. and Canadian usage.

See your distributor for more information

Power Generation

Cummins Power Generation
1400 73rd Avenue N.E.
Minneapolis, MN 55432
763.574.5000
Fax: 763.574.5298
www.cumminspower.com

Cummins and PowerCommand are registered trademarks of Cummins Inc.
AmpSentry is a trademark of Cummins Inc.
LonWorks is a registered trademark of Echelon

Important: Backfeed to a utility system can cause electrocution and/or property damage. Do not connect generator sets to any building electrical system except through an approved device or after building main switch is open.

© 2005 Cummins Power Generation Specifications subject to change without notice S-1118l (7/05)

Ilustración 39. Ficha técnica generador 75 kVA.

Fuente: (Generation, 2005)

Power Generation

Diesel Generator Set
Model DFCB 60 Hz

300 kW, 375 kVA Standby
270 kW, 338 kVA Prime

Description

The Cummins Power Generation DF-series commercial generator set is a fully integrated power generation system providing optimum performance, reliability, and versatility for stationary standby or prime power applications.

A primary feature of the DF GenSet is strong motor-starting capability and fast recovery from transient load changes. The torque-matched system includes a heavy-duty Cummins 4-cycle diesel engine, an AC alternator with high motor-starting kVA capacity, and an electronic voltage regulator with three-phase sensing for precise regulation under steady-state or transient loads. The DF GenSet accepts 100% of the nameplate standby rating in one step, in compliance with NFPA 110 requirements.

The standard PowerCommand® digital electronic control is an integrated system that combines engine and alternator controls for high reliability and optimum GenSet performance.

Optional weather-protective enclosures and coolant heaters shield the generator set from extreme operating conditions. Environmental concerns are addressed by low exhaust emission engines, sound-attenuated enclosures, exhaust silencers, and dual-wall fuel tanks. A wide range of options, accessories, and services are available, allowing configuration to your specific power generation needs.

Every production unit is factory tested at rated load and power factor. This testing includes demonstration of rated power and single-step rated load pickup. Cummins Power Generation manufacturing facilities are registered to ISO9001 quality standards, emphasizing our commitment to high quality in the design, manufacture, and support of our products. The generator set is CSA certified and is available as UL2200 Listed. The PowerCommand control is UL508 Listed.

All Cummins Power Generation systems are backed by a comprehensive warranty program and supported by a worldwide network of 170 distributors and service branches to assist with warranty, service, parts, and planned maintenance support.

Features

UL Listed Generator Set - The complete generator set assembly is available Listed to UL 2200.

Cummins Heavy-Duty Engine - Rugged 4-cycle industrial diesel engine delivers reliable power, low emissions, and fast response to load changes.

Alternator - Several alternator sizes offer selectable motor-starting capability with low reactance 2/3 pitch windings, low waveform distortion with non-linear loads, fault-clearing short-circuit capability, and class H insulation. The alternator electrical insulation system is UL1446 Recognized.

Permanent Magnet Generator (PMG) - Offers enhanced motor starting and fault-clearing short circuit capability.

Control System - The PowerCommand electronic control is standard equipment and provides total genset system integration, including automatic remote starting/stopping, precise frequency and voltage regulation, alarm and status message display, AmpSentry™ protection, output metering, auto-shutdown at fault detection, and NFPA 110 compliance. PowerCommand control is Listed to UL508.

Cooling System - Provides reliable running at the rated power level, at up to 50°C ambient temperature.

Structural Steel Skid Base - Robust skid base supports the engine, alternator, and radiator.

E-Coat Finish - Dual electro-deposition paint system provides high resistance to scratching, corrosion, and fading.

Enclosures - Optional weather-protective and sound-attenuated enclosures are available.

Fuel Tanks - Dual wall sub-base fuel tanks are also offered.

Certifications - Generator sets are designed, manufactured, tested, and certified to relevant UL, NFPA, ISO, IEC, and CSA standards.

Warranty and Service - Backed by a comprehensive warranty and worldwide distributor network.

© 2006 Cummins Power Generation Specifications subject to change without notice S-1144h (6/06)

Generator Set

The general specifications provide representative configuration details. Consult the outline drawing for installation design.

Specifications – General

See outline drawing 500-3014 for installation design specifications.

Unit Width, in (mm)	50.0 (1270)
Unit Height, in (mm)	63.6 (1615)
Unit Length, in (mm)	142.0 (3607)
Unit Dry Weight, lb (kg)	7250 (3289)
Unit Wet Weight, lb (kg)	7480 (3393)
Rated Speed, rpm	1800
Voltage Regulation, No Load to Full Load	±0.5%
Random Voltage Variation	±0.5%
Frequency Regulation	Isochronous
Random Frequency Variation	±0.25%
Radio Frequency Interference	IEC 801.2, Level 4 Electrostatic Discharge IEC 801.3, Level 3 Radiated Susceptibility IEC 801.4, Level 4 Electrical Fast Transients IEC 801.5, Level 5 Voltage Surge Immunity MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	**Standby**	**Prime**
Fan Load, HP (kW)	17.0 (12.7)	17.0 (12.7)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	13.5 (51.1)	13.5 (51.1)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	130.0 (492.0)	130.0 (492.0)
Heat Rejection To Coolant, Btu/min (MJ/min)	11625.0 (12.3)	10500.0 (11.1)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	4320.0 (4.6)	3850.0 (4.1)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	7.0 (48.3)	7.0 (48.3)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air		
Combustion Air, scfm (m^3/min)	980.0 (27.7)	950.0 (26.9)
Alternator Cooling Air, scfm (m^3/min)	2780.0 (78.7)	2780.0 (78.7)
Radiator Cooling Air, scfm (m^3/min)	15500.0 (438.6)	15500.0 (438.6)
Max. Static Restriction, in H_2O (Pa)	0.5 (124.5)	0.2 (62.2)

Rating Definitions

Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No sustained overload capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Stop Power in accordance with ISO3046, AS2789, DIN6271 and BS5514). Nominally rated.

Prime (Unlimited Running Time) Rating based on: Applicable for supplying power in lieu of commercially purchased power. Prime power is the maximum power available at a variable load for an unlimited number of hours. A 10% overload capability is available for limited time. (Equivalent to Prime Power in accordance with ISO8528 and Overload Power in accordance with ISO3046, AS2789, DIN6271, and BS5514). This rating is not applicable to all generator set models.

Base Load (Continuous) Rating based on: Applicable for supplying power continuously to a constant load up to the full output rating for unlimited hours. No sustained overload capability is available for this rating. Consult authorized distributor for rating. (Equivalent to Continuous Power in accordance with ISO8528, ISO3046, AS2789, DIN6271, and BS5514). This rating is not applicable to all generator set models.

Site Derating Factors

Rated power available up to 5800 ft (1769 m) at ambient temperatures up to 104°F (40°C). Above 5800 ft (1769 m), derate at 4% per 1000 ft (305 m) and 1% per 10°F (2% per 11°C) above 104°F (40°C).

© 2006 Cummins Power Generation Specifications subject to change without notice S-1144h (6/06)

Engine

Cummins heavy duty diesel engines use advanced combustion technology for reliable and stable power, low emissions, and fast response to sudden load changes.

Electronic governing provides precise speed regulation, especially useful for applications requiring constant (isochronous) frequency regulation such as Uninterruptible Power Supply (UPS) systems, non-linear loads, or sensitive electronic loads. Optional coolant heaters are recommended for all emergency standby installations or for any application requiring fast load acceptance after start-up.

Specifications – Engine

Base Engine	Cummins Model NTA855-G2, Turbocharged and Aftercooled, diesel-fueled
Displacement in^3 (L)	855.0 (14.0)
Overspeed Limit, rpm	2100 ±50
Regenerative Power, kW	44.00
Cylinder Block Configuration	Cast iron with replaceable wet cylinder liners, In-line 6 cylinder
Battery Capacity	565 amps minimum at ambient temperature of 32°F (0°C)
Battery Charging Alternator	55 amps
Starting Voltage	24-volt, negative ground
Lube Oil Filter Types	Single spin-on, combination full flow/bypass
Standard Cooling System	122°F (50°C) ambient radiator

Power Output	**Standby**	**Prime**
Gross Engine Power Output, bhp (kWm)	465.0 (346.9)	420.0 (313.3)
BMEP at Rated Load, psi (kPa)	232.0 (1599.6)	210.0 (1447.9)
Bore, in. (mm)	5.50 (139.7)	5.50 (139.7)
Stroke, in. (mm)	6.00 (152.4)	6.00 (152.4)
Piston Speed, ft/min (m/s)	1800.0 (9.1)	1800.0 (9.1)
Compression Ratio	15.3:1	15.3:1
Lube Oil Capacity, qt. (L)	40.0 (37.9)	40.0 (37.9)
Fuel Flow		
Fuel Flow at Rated Load, US Gal/hr (L/hr)	101.0 (382.3)	101.0 (382.3)
Maximum Inlet Restriction, in. Hg (mm Hg)	4.0 (101.6)	4.0 (101.6)
Maximum Return Restriction, in. Hg (mm Hg)	6.0 (152.4)	6.0 (152.4)
Air Cleaner		
Maximum Air Cleaner Restriction, in. H_2O (kPa)	25.0 (6.2)	25.0 (6.2)
Exhaust		
Exhaust Flow at Rated Load, cfm (m^3/min)	2570.0 (72.7)	2435.0 (68.9)
Exhaust Temperature, °F (°C)	900.0 (482.2)	870.0 (465.6)
Max Back Pressure, in. H_2O (kPa)	41.0 (10.2)	41.0 (10.2)

Fuel System	Direct injection, number 2 diesel fuel; fuel filter; automatic electric fuel shutoff.

Fuel Consumption		**Standby**				**Prime**			
60 Hz Ratings, kW (kVA)		**300 (375)**				**270 (338)**			
	Load	1/4	1/2	3/4	Full	1/4	1/2	3/4	Full
	US Gal/hr	7.6	12.5	17.4	22.5	7.2	11.5	15.9	20.3
	L/hr	29	47	66	85	27	44	60	77

Warranty

All components and subsystems are covered by an express limited one-year warranty. Other optional and extended factory warranties and local distributor maintenance agreements are available. Contact your distributor/dealer for more information.

Certifications

ISO9001 - This generator set was designed and manufactured in facilities certified to ISO9001.

CSA - This generator set is CSA certified to product class 4215-01.

PTS - The Prototype Test Support (PTS) program verifies the performance integrity of the generator set design. Products bearing the PTS symbol have been subjected to demanding tests in accordance to NFPA 110 Level 1 to verify the design integrity and performance under both normal and abnormal operating conditions including short circuit, endurance, temperature rise, torsional vibration, and transient response, including full load pickup.

UL - The generator set is available Listed to UL 2200, Stationary Engine Generator Assemblies. The PowerCommand control is Listed to UL 508 - Category NITW7 for U.S. and Canadian usage.

See your distributor for more information

Power Generation

Cummins Power Generation
1400 73rd Avenue N.E.
Minneapolis, MN 55432
763.574.5000
Fax: 763.574.5298
www.cumminspower.com

Cummins and PowerCommand are registered trademarks of Cummins Inc.
AmpSentry is a trademark of Cummins Inc.
LonWorks is a registered trademark of Echelon

Important: Backfeed to a utility system can cause electrocution and/or property damage. Do not connect generator sets to any building electrical system except through an approved device or after building main switch is open.

© 2006 Cummins Power Generation Specifications subject to change without notice S-1144h (6/06)

Ilustración 40. Ficha técnica generador 375 kVA.

Fuente: (Generation, 2006)

Power Generation

Diesel Generator Set
Model DFCE 60 Hz

400 kW, 500 kVA Standby

Description

The Cummins Power Generation DF-series commercial generator set is a fully integrated power generation system providing optimum performance, reliability, and versatility for stationary standby or prime power applications.

A primary feature of the DF GenSet is strong motor-starting capability and fast recovery from transient load changes. The torque-matched system includes a heavy-duty Cummins 4-cycle diesel engine, an AC alternator with high motor-starting kVA capacity, and an electronic voltage regulator with three-phase sensing for precise regulation under steady-state or transient loads. The DF GenSet accepts 100% of the nameplate standby rating in one step, in compliance with NFPA 110 requirements.

The standard PowerCommand® digital electronic control is an integrated system that combines engine and alternator controls for high reliability and optimum GenSet performance.

Optional weather-protective enclosures and coolant heaters shield the generator set from extreme operating conditions. Environmental concerns are addressed by low exhaust emission engines, sound-attenuated enclosures, exhaust silencers, and dual-wall fuel tanks. A wide range of options, accessories, and services are available, allowing configuration to your specific power generation needs.

Every production unit is factory tested at rated load and power factor. This testing includes demonstration of rated power and single-step rated load pickup. Cummins Power Generation manufacturing facilities are registered to ISO9001 quality standards, emphasizing our commitment to high quality in the design, manufacture, and support of our products. The generator set is CSA certified and is available as UL2200 Listed. The PowerCommand control is UL508 Listed.

All Cummins Power Generation systems are backed by a comprehensive warranty program and supported by a worldwide network of 170 distributors and service branches to assist with warranty, service, parts, and planned maintenance support.

Features

UL Listed Generator Set - The complete generator set assembly is available Listed to UL 2200.

Cummins Heavy-Duty Engine - Rugged 4-cycle industrial diesel engine delivers reliable power, low emissions, and fast response to load changes.

Alternator - Several alternator sizes offer selectable motor-starting capability with low reactance 2/3 pitch windings, low waveform distortion with non-linear loads, fault-clearing short-circuit capability, and class H insulation. The alternator electrical insulation system is UL1446 Recognized.

Permanent Magnet Generator (PMG) - Offers enhanced motor starting and fault-clearing short circuit capability.

Control System - The PowerCommand electronic control is standard equipment and provides total genset system integration, including automatic remote starting/stopping, precise frequency and voltage regulation, alarm and status message display, AmpSentry™ protection, output metering, auto-shutdown at fault detection, and NFPA 110 compliance. PowerCommand control is Listed to UL508.

Cooling System - Provides reliable running at the rated power level, at up to 50°C ambient temperature.

Structural Steel Skid Base - Robust skid base supports the engine, alternator, and radiator.

E-Coat Finish - Dual electro-deposition paint system provides high resistance to scratching, corrosion, and fading.

Enclosures - Optional weather-protective and sound-attenuated enclosures are available.

Fuel Tanks - Dual wall sub-base fuel tanks are also offered.

Certifications - Generator sets are designed, manufactured, tested, and certified to relevant UL, NFPA, ISO, IEC, and CSA standards.

Warranty and Service - Backed by a comprehensive warranty and worldwide distributor network.

© 2006 Cummins Power Generation Specifications subject to change without notice S-1147h (6/06)

Generator Set

The general specifications provide representative configuration details. Consult the outline drawing for installation design.

Specifications – General

See outline drawing 500-3084 for installation design specifications.

Unit Width, in (mm)	50.0 (1270)
Unit Height, in (mm)	63.6 (1615)
Unit Length, in (mm)	142.0 (3607)
Unit Dry Weight, lb (kg)	7250 (3289)
Unit Wet Weight, lb (kg)	7480 (3393)
Rated Speed, rpm	1800
Voltage Regulation, No Load to Full Load	±0.5%
Random Voltage Variation	±0.5%
Frequency Regulation	Isochronous
Random Frequency Variation	±0.25%
Radio Frequency Interference	IEC 801.2, Level 4 Electrostatic Discharge IEC 801.3, Level 3 Radiated Susceptibility IEC 801.4, Level 4 Electrical Fast Transients IEC 801.5, Level 5 Voltage Surge Immunity MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	**Standby**	
Fan Load, HP (kW)	28.0 (20.9)	
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	15.3 (57.9)	
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	130.0 (492.0)	
Heat Rejection To Coolant, Btu/min (MJ/min)	15125.0 (16.0)	
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	5580.0 (5.9)	
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	7.0 (48.3)	
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	

Air		
Combustion Air, scfm (m^3/min)	1330.0 (37.6)	
Alternator Cooling Air, scfm (m^3/min)	2780.0 (78.7)	
Radiator Cooling Air, scfm (m^3/min)	19700.0 (557.5)	
Max. Static Restriction, in H_2O (Pa)	0.5 (124.5)	

Rating Definitions

Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No sustained overload capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Stop Power in accordance with ISO3046, AS2789, DIN6271 and BS5514). Nominally rated.

Prime (Unlimited Running Time) Rating based on: Applicable for supplying power in lieu of commercially purchased power. Prime power is the maximum power available at a variable load for an unlimited number of hours. A 10% overload capability is available for limited time. (Equivalent to Prime Power in accordance with ISO8528 and Overload Power in accordance with ISO3046, AS2789, DIN6271, and BS5514). This rating is not applicable to all generator set models.

Base Load (Continuous) Rating based on: Applicable for supplying power continuously to a constant load up to the full output rating for unlimited hours. No sustained overload capability is available for this rating. Consult authorized distributor for rating. (Equivalent to Continuous Power in accordance with ISO8528, ISO3046, AS2789, DIN6271, and BS5514). This rating is not applicable to all generator set models.

Site Derating Factors

Rated power available up to 2500 ft (762 m) at ambient temperature up to 104°F (40°C). Above 2500 ft (762 m), derate at 4% per 1000 (300 m) and 1% per 10°F (2% per 11°C).

© 2006 Cummins Power Generation

Engine

Cummins heavy duty diesel engines use advanced combustion technology for reliable and stable power, low emissions, and fast response to sudden load changes.

Electronic governing provides precise speed regulation, especially useful for applications requiring constant (isochronous) frequency regulation such as Uninterruptible Power Supply (UPS) systems, non-linear loads, or sensitive electronic loads. Optional coolant heaters are recommended for all emergency standby installations or for any application requiring fast load acceptance after start-up.

Specifications – Engine

Base Engine	Cummins Model NTA855-G5, Turbocharged and Aftercooled, diesel-fueled
Displacement in^3 (L)	855.0 (14.0)
Regenerative Power, kW	35.00
Cylinder Block Configuration	Cast iron with replaceable wet cylinder liners, In-line 6 cylinder
Battery Capacity	565 amps minimum at ambient temperature of 32°F (0°C)
Battery Charging Alternator	55 amps
Starting Voltage	24-volt, negative ground
Lube Oil Filter Types	Single spin-on, combination full flow/bypass
Standard Cooling System	122°F (50°C) ambient radiator

Power Output	**Standby**	
Gross Engine Power Output, bhp (kWm)	605.0 (451.3)	
BMEP at Rated Load, psi (kPa)	311.0 (2144.3)	
Bore, in. (mm)	5.50 (139.7)	
Stroke, in. (mm)	6.00 (152.4)	
Piston Speed, ft/min (m/s)	1800.0 (9.1)	
Compression Ratio	14.0:1	
Lube Oil Capacity, qt. (L)	40.0 (37.9)	
Fuel Flow		
Fuel Flow at Rated Load, US Gal/hr (L/hr)	56.3 (213.1)	
Maximum Inlet Restriction, in. Hg (mm Hg)	4.0 (101.6)	
Maximum Return Restriction, in. Hg (mm Hg)	6.0 (152.4)	
Air Cleaner		
Maximum Air Cleaner Restriction, in. H_2O (kPa)	25.0 (6.2)	
Exhaust		
Exhaust Flow at Rated Load, cfm (m^3/min)	3780.0 (107.0)	
Exhaust Temperature, °F (°C)	995.0 (535.0)	
Max Back Pressure, in. H_2O (kPa)	41.0 (10.2)	

Fuel System	Direct injection, number 2 diesel fuel; fuel filter; automatic electric fuel shutoff.

Fuel Consumption		**Standby**							
60 Hz Ratings, kW (kVA)		**400 (500)**							
	Load	1/4	1/2	3/4	Full				
	US Gal/hr	9.1	15.9	22.1	29.1				
	L/hr	34	60	84	110				

Warranty

All components and subsystems are covered by an express limited one-year warranty. Other optional and extended factory warranties and local distributor maintenance agreements are available. Contact your distributor/dealer for more information.

Certifications

ISO9001 - This generator set was designed and manufactured in facilities certified to ISO9001.

CSA - This generator set is CSA certified to product class 4215-01.

PTS - The Prototype Test Support (PTS) program verifies the performance integrity of the generator set design. Products bearing the PTS symbol have been subjected to demanding tests in accordance to NFPA 110 Level 1 to verify the design integrity and performance under both normal and abnormal operating conditions including short circuit, endurance, temperature rise, torsional vibration, and transient response, including full load pickup.

UL - The generator set is available Listed to UL 2200, Stationary Engine Generator Assemblies. The PowerCommand control is Listed to UL 508 - Category NITW7 for U.S. and Canadian usage.

See your distributor for more information

Cummins Power Generation
1400 73rd Avenue N.E.
Minneapolis, MN 55432
763.574.5000
Fax: 763.574.5298
www.cumminspower.com

Cummins and PowerCommand are registered trademarks of Cummins Inc.
AmpSentry is a trademark of Cummins Inc.
LonWorks is a registered trademark of Echelon

Important: Backfeed to a utility system can cause electrocution and/or property damage. Do not connect generator sets to any building electrical system except through an approved device or after building main switch is open.

© 2006 Cummins Power Generation Specifications subject to change without notice S-1147h (6/06)

Ilustración 41. Ficha técnica generador 500 kVA.

Fuente: (Generation, 2006)

Ilustración 42. Generadores 500 y 375 kVA respectivamente.

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 43. Generador 75 kVA.

Fuente: elaboración propia.

Anexo #7

Dimensiones techo Avon.

Vista superior de las facilidades

Nota: Existe una diferencia de nivel de aproximadamente 5 metros entre S1 y S2.

	L (m)	A (m)	ÁREA (m2)
S1	82	38.5	3,157
S2	50	38.5	1,925
S3	18	32	576
		TOTAL	**5,658**

Ilustración 44. Dimensiones techo Avon.

Fuente: elaboración propia.

Anexo #8

Dimensión de los conductores eléctricos desnudos.

TABLA 2.2 Dimensiones de los conductores eléctricos desnudos.

Calibre	*Sección*		*Diámetro*	
A. W. G. *K. C. M.*	*C. M.*	*MM²*	*PULGS.*	*MM*
20	1022	0.5176	0.03196	0.812
18	1624	0.8232	0.04030	1.024
16	2583	1.3090	0.05082	1.291
14	4107	2.0810	0.06408	1.628
12	6530	3.3090	0.08081	2.053
10	10380	5.2610	0.1019	2.588
8	16510	8.3670	0.1285	3.264
6	26250	13.3030	0.1620	4.115
4	41740	21.1480	0.2043	5.189
3	52630	26.6700	0.2294	5.827
2	66370	33.6320	0.2576	6.543
1	83690	42.4060	0.2893	7.348

KCM = Miles de circular mil.

Tabla 11.Dimensiones de los conductores eléctricos desnudos.

Fuente: (Harper, 1998)

Anexo #9

Calibre mínimo conductor de aterrizaje para equipo según corriente.

TABLA No. 25
CALIBRE MINIMO CONDUCTOR DE ATERRIZAJE PARA ATERRIZAJE DE EQUIPO SEGÚN CORRIENTE

Rating or Setting of Automatic Overcurrent Device in Circuit Ahead of Equipment Conduit, etc., Not Exceeding (Amperes)	Size	
	Copper Wire	Aluminum or Copper- Clard Aluminum Wire No.*
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250kcmil
1600	4/0	350 "
2000	250kcmil	400 "
2500	350 "	600 "
3000	400 "	600 "
4000	500 "	800 "
5000	700 "	1200 "
6000		

Reproducción tabla 250-95 libro. "National Electrical Code Hand Book". 1995 Pag. 199

Tabla 12. Calibre mínimo conductor de aterrizaje para equipo según corriente.

Fuente: (Association, 1993)

Anexo #10

Irradiación solar directa y normal, Rep. Dom.

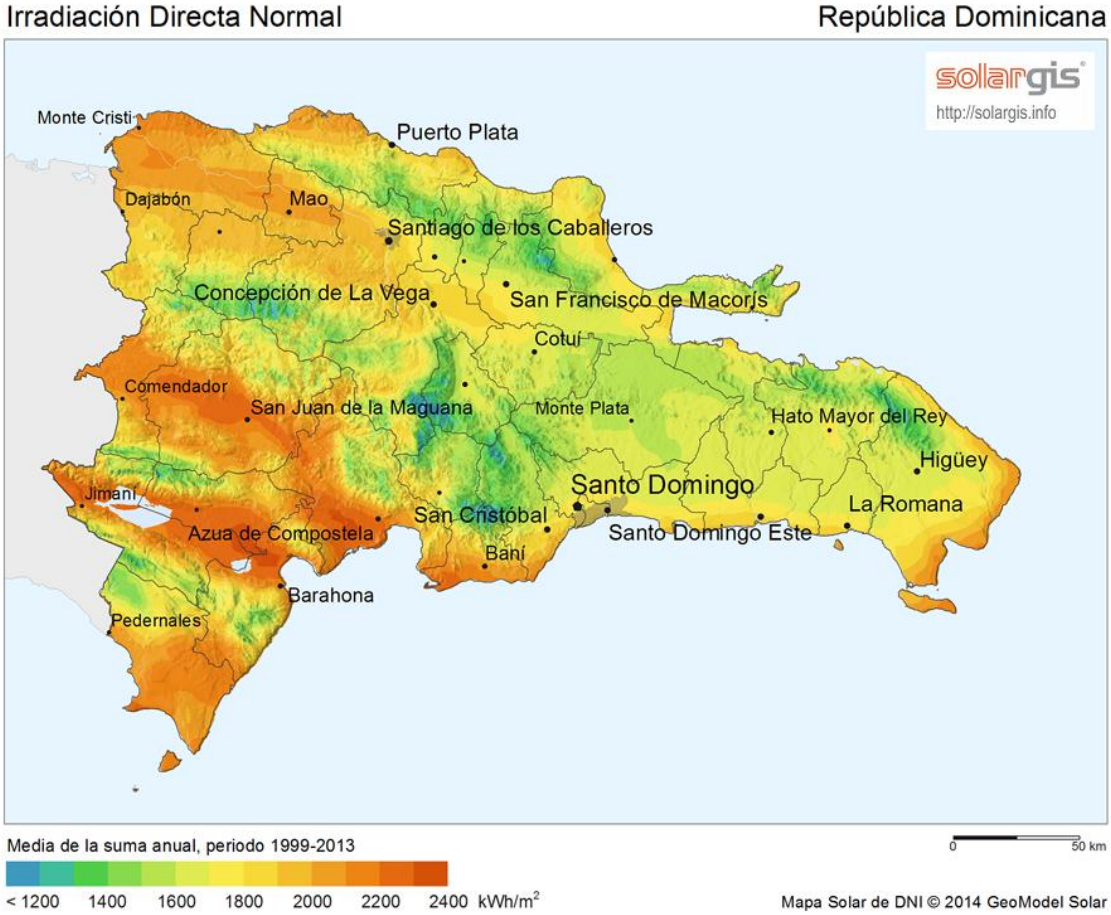


Ilustración 45. Irradiación Directa Normal.

Fuente: (SolarGis, 2014)

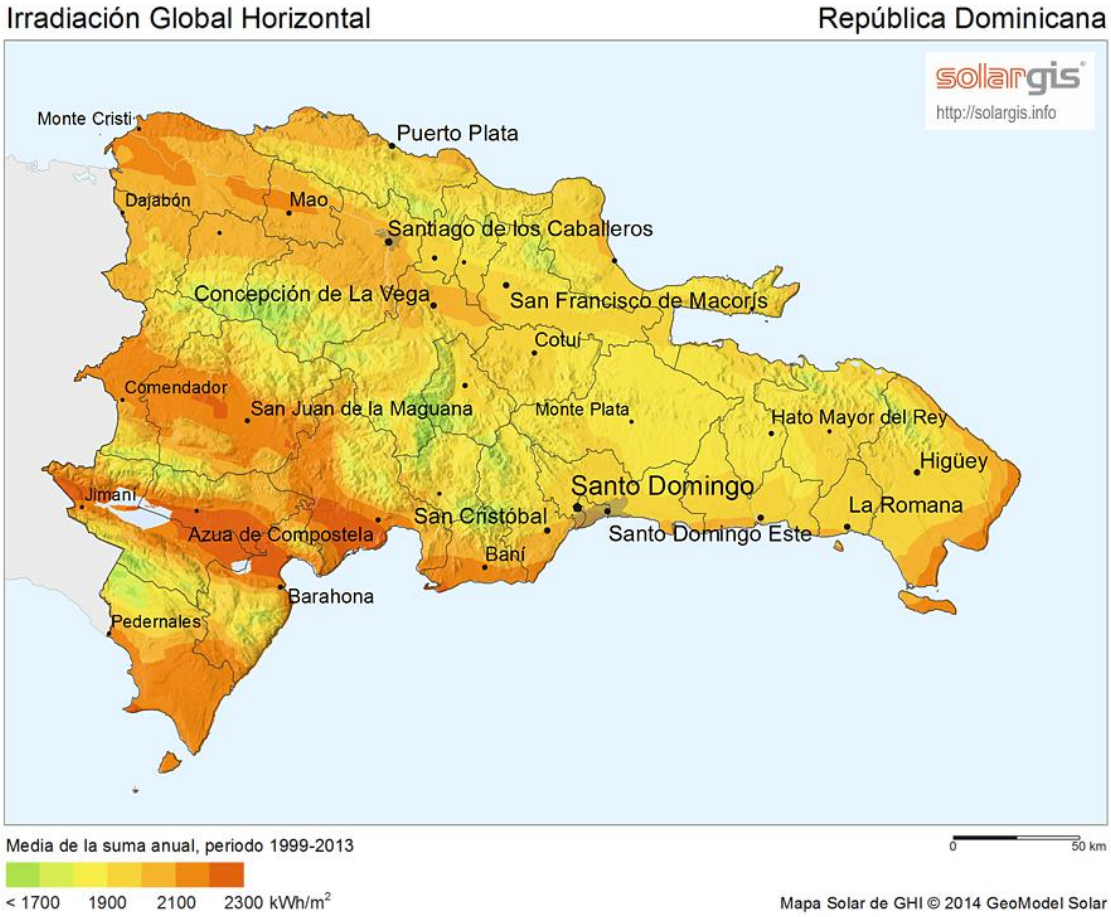


Ilustración 46. Irradiación Global Horizontal.

Fuente: (SolarGis, 2014)