



**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ENERGIA RENOVABLE
ALTERNATIVO PARA LA ELECTRIFICACION DEL COMANDO DE LA
GUARDIA NACIONAL “ESCUADRON MONTADO GUATOPO”, UBICADO
EN EL PARQUE NACIONAL GUATOPO DEL
ESTADO MIRANDA**

Autor: Ing. Agr. Padilla, Nayla

Naguanagua; Marzo del 2017

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ENERGIA RENOVABLE
ALTERNATIVO PARA LA ELECTRIFICACION DEL COMANDO DE LA
GUARDIA NACIONAL “ESCUADRON MONTADO GUATOPO”, UBICADO
EN EL PARQUE NACIONAL GUATOPO DEL
ESTADO MIRANDA**

Autor: Ing. Agr. Padilla, Nayla

Tutor Académico: Ing. MSc. Auxilia Mallia

Naguanagua; Marzo del 2017



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
SECCIÓN DE GRADO



ACTA DE DISCUSIÓN DE TRABAJO DE GRADO

En atención a lo dispuesto en los Artículos 137, 138 y 139 del Reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad de Carabobo, quienes suscribimos como Jurado designado por el Consejo de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a lo previsto en el Artículo 135 del citado Reglamento, para estudiar el Trabajo de Grado titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA
RENOVABLE ALTERNATIVO PARA LA
ELECTRIFICACIÓN DEL COMANDO DE LA GUARDIA
NACIONAL “ESCUADRON MONTADO GUATOPO”
UBICADO EN EL PARQUE NACIONAL GUATOPO DEL
ESTADO MIRANDA”**

Presentado para optar al grado de **MAGÍSTER EN INGENIERÍA
AMBIENTAL** por el (la) aspirante:

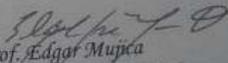
NAYLA PADILLA
V.- 15.142.193

Habiendo examinado el Trabajo presentado, decidimos que el mismo está **APROBADO**.

En Valencia, a los ocho (08) día del mes de Marzo del año dos mil diecisiete.


Prof. Tullio Potella
C.I.: 2914975
Fecha: 08/03/2017


Prof. Rafael Dautant
C.I.:
Fecha: 08/03/2017
TEL: 01/03/2017 #D6


Prof. Edgar Mujica
C.I.: V-7164235
Fecha: 08/03/2017

UNIVERSIDAD DE CARABOBO / DIRECCION DE POSTGRADO

FACULTAD DE INGENIERIA NAGUANAGUA SECTOR BARBULA - Teléfonos Director: (0241) 8672829 / 8674268 - 8678885 EXT 102. FAX - (0241) 8671855 <http://postgrado.eng.uc.edu.ve>

AGRADECIMIENTO

Finalizado este trabajo, deseo manifestar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, de una u otra forma, han colaborado en su elaboración.

Primeramente, le agradezco a mi **DIOS**, por darme esa fuerza, energía, dirección y sabiduría, para seguir cumpliendo todos mis sueños, y este es un logro más.

A la **Universidad de Carabobo**, Dirección de Postgrado, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría y de la cual siempre he recibido apoyo.

A mi tutora **Ing. MSc. Auxilia Mallia**, por su proceso de enseñanza, para ser lo que soy hoy en día, por su dedicación y orientación para la corrección de este trabajo de investigación, siempre hacia la excelencia.

A la Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico (**FUNDELEC**), especialmente a la Gerencia de Energías Renovable, Programa Sembrando Luz.

Al **Econ. Jesús Marrero**, Gerente de Energía Renovables de FUNDELEC, por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto y por formar parte de un valioso equipo de trabajo, además de darme la oportunidad de conocer las tecnologías que funcionan con las Energías Renovables, un programa que sin duda, ha llevado soluciones energéticas a muchas familias que viven en zonas de difícil acceso, fronteras, puestos militares y estaciones guarda parques, en todo el territorio nacional.

Al **Tcnel. García Fernández Rafael Simón**, Comandante del Escuadrón Montado Guatopo, por su participación en la coordinación de la logística requerida para la instalación del Sistema Fotovoltaico instalado en el puesto militar.

Al **1er Teniente Erixón Juárez y Sgto. Jonathan Saldivia**, por estar presente en todas las actividades desarrolladas en la ejecución del proyecto, siendo escogidos como operadores para monitorear y realizar mantenimiento preventivo al equipo.

A la **Dra. Maidel Romero Ballesteros**, Gerencia de Servicios Hidrometeorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (**INAMEH**), por su valioso aporte en cuanto a la facilitación de información climatológica del Estado Miranda.

Al **Sr. José Ramón Carrasquel**, funcionarios de INPARQUE de la Estación El Lucero, por facilitar información relacionada con el Parque Nacional Guatopo.

A la **Ing. Tabata Campodonico**, por apoyarme en el cumplimiento de mis objetivos, por estar siempre allí, dispuesta a aclararme cualquier duda, por su motivación día a día para finalizar mi tesis de grado, siempre estaré agradecida.

A mis compañeros de trabajo, **Francisco Loreto y Carlos Araque**, porque gracias a su apoyo fue posible el desarrollo de este trabajo de investigación, estando presentes en la elaboración del proyecto y ejecución del mismo, excelente equipo de trabajo.

A mi madre, **Teresa de Jesús Carquez**, por haberme dado la vida, su apoyo

incondicional, su cariño y dedicación en los buenos momentos y sobre todo en los malos, su continua ayuda, aconsejándome y estimulándome en tiempos difíciles, por todo esto y por mucho más, gracias madre.

A mi hermosa hija, **Sofía Valentina**, por ser muy especial en mi vida, la cual me inspira día a día y me ofrece la oportunidad de compartir mis sueños e inquietudes con ella.

A mis hermanos por su apoyo incondicional, especialmente para **Luis Padilla**, que a pesar de no estar físicamente con nosotros, siempre permanecerá en nuestros corazones, recordándolo como la gran persona que fue. A **Diego, Carlos, Yalitza, Kely, María, Rocío, y Leydis**, porque siempre nos mantenemos unidos, en pro del bienestar de todos, como debe ser.

No puedo dejar sin mencionar a todos mis compañeros de la Universidad, que a pesar de la distancia siguen siendo mis compañeros de estudios, especialmente a mi amiga Mirian Lozada, por estar siempre en contacto conmigo.

A todos, simplemente gracias.

DEDICATORIA

A mi madre **Teresa de Jesús Carquez**, por ser ejemplo de lucha, constancia y dedicación en todo lo que emprende.

A mi hija **Sofía Valentina**, para que sea un motivo inspirador en la consolidación de sus sueños.

Al **Econ. Jesús Marrero**, porque gracias a su iniciativa, esfuerzo, dedicación y entrega, el Programa Sembrando Luz, ha llegado a las comunidades más alejadas y de difícil acceso del país, con la finalidad de electrificarlas con los sistemas de energías renovables y de esta manera se dignificar la calidad de vida de sus habitantes, basado en principios de justicia e igualdad social.

A la **Gerencia de Energías Renovables - FUNDELEC**, para que sirva de referencia en futuras instalaciones de sistemas de energías renovables.

A la **Universidad de Carabobo**, por darme la oportunidad de realizar estudios en materia ambiental para mi crecimiento profesional, y considero este un valioso aporte que puede ser útil para los estudiantes que deseen profundizar sus conocimientos en esta área; así como también darles a conocer el uso de estas tecnologías en nuestro país.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------|
| INDICE DE FIGURAS..... | xiii |
| INDICE DE TABLAS..... | xviii |
| RESUMEN..... | xix |
| CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 19 |
| 1.1. Formulación del Problema..... | 23 |
| 1.2. Objetivos de la Investigación..... | 24 |
| 1.2.1. Objetivo General..... | 24 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos..... | 24 |
| 1.3. Justificación..... | 24 |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL..... | 29 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 29 |
| 2.2. Fundamentos teóricos..... | 33 |
| 2.2.1. Definición de energía..... | 33 |
| 2.2.2. Fuentes para la generación de energía..... | 35 |
| 2.2.3. Definición de las energías renovables..... | 36 |
| 2.2.4. Evolución de las energías renovables..... | 37 |
| 2.2.5. Energías renovables en Venezuela..... | 40 |
| 2.2.6. Ventajas y desventajas de las energías renovables..... | 42 |
| 2.3. La energía solar fotovoltaica..... | 43 |
| 2.3.1. Celdas o células fotovoltaicas..... | 43 |
| 2.3.2. Sistemas Fotovoltaicos..... | 44 |
| 2.3.3. Módulos solares fotovoltaicos..... | 45 |
| 2.3.4. Baterías..... | 46 |
| 2.3.5. Regulador..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 2.3.6. Inversor..... | 47 |
| 2.3.7. Estructura de soporte..... | 48 |
| 2.3.8. Cables y accesorios eléctricos..... | 48 |
| 2.3.9. Tipos de sistemas..... | 48 |
| 2.4. Aplicaciones de la energía solar..... | 52 |
| 2.5. Bases Legales..... | 54 |
| CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO | |
| 3.1. Tipo y Nivel de Investigación..... | 59 |
| 3.2. Diseño de Investigación. | 59 |
| 3.2.1. Diagnóstico de la situación energética en el Comando de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado Guatopo”..... | 63 |
| 3.2.1.1. Parque Nacional Guatopo..... | 63 |
| 3.2.1.2. Análisis de los parámetros climatológicos..... | 65 |
| 3.2.1.3. Análisis del Sistema Eléctrico Nacional..... | 68 |
| 3.2.1.4. Análisis del impacto medio ambiental..... | 68 |
| 3.2.1.5. Comando de la Guardia Nacional Escuadrón Montado Guatopo..... | 68 |
| 3.2.2. Selección del sistema adecuado para la zona de estudio..... | 70 |
| 3.2.3. Diseñar el sistema de energía renovable seleccionado, a partir del procesamiento de los datos obtenidos en la fase II..... | 74 |
| 3.2.3. Instalación del Sistema de Energía Renovable Alternativo en el Comando de la Guardia Nacional, puesta en marcha del equipo y monitoreo durante su funcionamiento..... | 75 |
| 3.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos..... | 76 |
| 3.4. Procesamiento e interpretación de datos..... | 78 |

| | |
|--|-----|
| CAPITULO IV. ANALISIS, DISCUSION DE LOS RESULTADOS..... | 79 |
| 4.1. Diagnóstico de la situación energética en el Comando de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado Guatopo", Sector Los Alpes, Parque Nacional Guatopo" | |
| 4.1.1. Ubicación..... | 80 |
| 4.1.2. Descripción del ámbito físico-natural..... | 81 |
| 4.1.3. Vialidad..... | 95 |
| 4.1.4. Instituciones existentes..... | 97 |
| 4.1.5. Análisis de los datos de radiación solar..... | 102 |
| 4.1.6. Análisis de los datos de viento..... | 112 |
| 4.1.7. Análisis de los datos de caudal..... | 114 |
| 4.1.8. Análisis del Servicio Eléctrico Nacional dentro del Parque Nacional Guatopo..... | 116 |
| 4.1.9. Descripción de servicios básicos..... | 119 |
| 4.1.10. Análisis del impacto medio ambiental..... | 120 |
| 4.1.11. Comando de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado Guatopo" | |
| 4.1.12. Ubicación..... | 122 |
| 4.1.13. Superficie..... | 123 |
| 4.1.14. Límites..... | 123 |
| 4.1.15. Misión..... | 124 |
| 4.1.16. Actividades que desempeña el personal de trabajo..... | 124 |
| 4.1.17. Organización actual..... | 127 |
| 4.1.18. Características de la infraestructura..... | 129 |
| 4.1.19. Situación energética..... | 130 |
| 4.1.19.1. Fuente de abastecimiento de energía eléctrica..... | 130 |
| 4.1.19.2. Análisis económico-ambiental..... | 131 |
| 4.1.19.3. Caracterización de la carga..... | 136 |

| | |
|--|-----|
| 4.2. Selección del sistema adecuado para la zona de estudio..... | 143 |
| 4.2.1. Tipo de sistema preliminar por escenario..... | 144 |
| 4.2.2. Sistemas de menor capacidad..... | 146 |
| 4.2.3. Sistemas de mediana capacidad..... | 146 |
| 4.2.4. Sistemas de alta capacidad..... | 148 |
| 4.3. Diseño del sistema de energía renovable seleccionado, a partir del procesamiento de los datos obtenidos en la fase II..... | 149 |
| 4.3.1. Consideraciones preliminares..... | 149 |
| 4.3.1.1. Cálculo de los consumos diarios..... | 152 |
| 4.3.1.2. Cálculo de la potencia pico y de la corriente..... | 153 |
| 4.3.1.3. Corrección del consumo..... | 153 |
| 4.3.1.4. Corriente y ángulo de inclinación..... | 153 |
| 4.3.1.5. Dimensionado de la batería..... | 153 |
| 4.3.2. Calculo del sistema fotovoltaico..... | 155 |
| 4.4. Instalación del Sistema de Energía Renovable Alternativo en el Comando de la Guardia Nacional, puesta en marcha del equipo y monitoreo durante su funcionamiento..... | 171 |
| CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 184 |
| CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 199 |
| ANEXOS..... | 194 |
| 1. Características de los Módulos Fotovoltaicos..... | 195 |
| 2. Características de las baterías..... | 195 |
| 3. Características técnicas del inversor/cargador FX3048T..... | 197 |
| 4. Características técnicas del regulador FLEXMAX 80..... | 197 |
| 5. Resolución N° 013155 (Creación del Escuadrón Montado Guatopo de la Guardia Nacional Bolivariana, en el Parque Nacional Guatopo)..... | 197 |
| 6. Puesto Militar Escuadrón Montado Guatopo..... | 198 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Dinámica de la energía en el planeta tierra..... | 34 |
| Figura 2. Estructura básica de un sistema energético..... | 35 |
| Figura 3. Composición de la generación de electricidad por tipo de energía en algunos países..... | 39 |
| Figura 4: Esquema de un Sistema Fotovoltaico..... | 45 |
| Figura 5. Diseño de un sistema fotovoltaico para una vivienda..... | 49 |
| Figura 6. Sistema hibrido fotovoltaico utilizando equipos del fabricante Out Back con planta de generación como respaldo | 50 |
| Figura 7. Sistema hibrido instalado por el Programa Sembrando Luz - FUNDELEC en la comunidad Los Arroyos, Estado Falcón..... | 50 |
| Figura 8. Especificaciones de un Sistema hibrido..... | 51 |
| Figura 9. Metodología empleada por Gedler, L. yRangel J..... | 62 |
| Figura 10. Índice de deformidad..... | 67 |
| Figura 11. Metodología del Programa Sembrando Luz..... | 70 |
| Figura 12. Mapa de ubicación del Parque Nacional Guatopo..... | 81 |
| Figura 13. Relieve del Parque Nacional Guatopo..... | 83 |
| Figura 14. Clima del Parque Nacional Guatopo..... | 83 |
| Figura 15. Vegetación..... | 85 |
| Figura 16. Fauna del Parque Nacional Guatopo..... | 86 |
| Figura 17. Avifauna..... | 87 |
| Figura 18. Atractivos turísticos del parque..... | 89 |
| Figura 19. Amenazas que enfrenta el Parque Nacional Guatopo..... | 92 |
| Figura 20. Señalización vía Parque Nacional Guatopo..... | 93 |
| Figura 21. Letrero informativo de Bienvenida..... | 93 |
| Figura 22. Señalización de los puestos Guarda parque..... | 94 |

| | |
|--|-----|
| Figura 23. Señales de información de los servicios que ofrece el Área Recreativa Agua Blanca del Parque Nacional Guatopo..... | 93 |
| Figura 24. Letrero con el mensaje “Coloca la basura en su lugar”, en las áreas recreativas del Parque Nacional Guatopo..... | 95 |
| Figura 25. Vía que conduce desde el Sector Los Alpes hacia Altagracia..... | 96 |
| Figura 26. Vista satelital de las tres vías de acceso hacia el Comando Regional N° 5 por la Troncal 12..... | 97 |
| Figura 27. Estaciones INPARQUES..... | 98 |
| Figura 28. Sede del Comando de la GN "Escuadrón Montado Guatopo”..... | 99 |
| Figura 29. Mapa de estaciones climáticas del Estado Miranda..... | 100 |
| Figura 30. Sistema fotovoltaico de 1200 Wp. Instalado en el puesto militar..... | 101 |
| Figura 31. Potencial de Fuentes renovables en Venezuela..... | 102 |
| Figura 32. Curva de radiación solar media. | 104 |
| Figura 33. Clasificación del potencial fotovoltaico..... | 105 |
| Figura 34. Insolación promedio mensual con data registrada por la estación climatológica Tapipa Padrón..... | 106 |
| Figura 35. Insolación promedio mensual con data registrada por la NASA..... | 107 |
| Figura 36. Curvas comparativas de insolación con datos de la estación climatológica de Tapipa Padrón y la Agencia de Administración Espacial (NASA)..... | 107 |
| Figura 37. Curva comparativa media de Radiacion solar vs Insolacion..... | 108 |
| Figura 38. Curva comparativa de temperatura media mensual, registrado por la estacion climatologica Taguaza y la NASA..... | 110 |
| Figura 39. Curva comparativa de precipitación media anual, registrado por la Estación Climatológica Taguaza y Tapipa Padrón..... | 112 |
| Figura 40. Velocidad media del viento..... | 113 |
| Figura 41. Variación anual de la velocidad media 1971-1972..... | 114 |
| Figura 42. Ubicación de los embalses en el Parque Nacional Guatopo..... | 115 |

| | |
|---|-----|
| Figura 43. Respresentacion satelital de las posibles fuentes de abastecimiento de la red de energia electrica hasta el comando..... | 117 |
| Figura 44. Almacenamiento de agua en tanque..... | 120 |
| Figura 45. Ubicaci3n del puesto militar..... | 123 |
| Figura 46. Implementos utilizados por la Escuadra Contra Incendio..... | 126 |
| Figura 47. Representaci3n gr3fica de las unidades operativas..... | 127 |
| Figura 48. Organigrama del Comando “Escuadr3n Montado Guatopo”..... | 128 |
| Figura 49. Distribuci3n de las 3reas que conforman el Comando..... | 129 |
| Figura 50. Fuente de generaci3n el3ctrica..... | 130 |
| Figura 51. Aceite derramado por el generador..... | 133 |
| Figura 52. Procedimiento realizado en la instalaci3n del SFV 1200 Wp..... | 134 |
| Figura 53. Representaci3n gr3fica de la demanda el3ctrica horaria en un d3a..... | 143 |
| Figura 54. Vista del SFV 300 Wp. instalado en una vivienda..... | 146 |
| Figura 55. Vista de los componentes del SFV 600 Wp. instalado en una vivienda | 146 |
| Figura 56. Vista del SFV 600 Wp. instalado en una vivienda, utilizando inversor de mayor capacidad..... | 147 |
| Figura 57. Vista del SFV 1200 Wp. instalado en una estaci3n guarda parques (INPARQUE)..... | 149 |
| Figura 58. Vista del SFV 3840 Wp. instalado en un ambulatorio del Estado Apure (a) Banco de bater3as plomo-acido (b) Panel de control (c) Arreglos fotovoltaicos..... | 147 |
| Figura 59. Vista del SFV 3840 Wp. instalado en un centro de comunicaci3n en el Estado Aragua..... | 148 |
| Figura 60. Sistema hibrido instalado en la comunidad Los Arroyos, Edo. Falc3n | 149 |
| Figura 61. El dise1o y dimensionado de un sistema fotovoltaico (UNIA, 2010) ... | 150 |
| Figura 62. Curva de insolaci3n..... | 157 |
| Figura 63. Estudio de carga de los requerimientos m3nimos del puesto militar..... | 158 |
| Figura 64. Datos de ubicaci3n y par3metros de dise1o del sistema..... | 159 |

| | |
|--|-----|
| Figura 65. Calculo del cableado del sistema..... | 159 |
| Figura 66. Resultados obtenidos..... | 160 |
| Figura 67. Consumos del puesto militar añadidos al programa..... | 161 |
| Figura 68. Consumo de los aires acondicionados añadidos al programa..... | 162 |
| Figura 69. Datos de ubicación y parámetros de diseño del sistema..... | 162 |
| Figura 70. Calculo del cableado del sistema..... | 163 |
| Figura 71. Resultados obtenidos..... | 163 |
| Figura 72. Consumos de la carga proyectada añadida al programa..... | 164 |
| Figura 73. Datos de ubicación y parámetros de diseño del sistema..... | 164 |
| Figura 74. Calculo del cableado del sistema..... | 165 |
| Figura 75. Resultados obtenidos..... | 165 |
| Figura 76. Consumos de la carga proyectada..... | 166 |
| Figura 77. (a) Corte de lámina de hierro, (b) Perforación de lámina de hierro..... | 169 |
| Figura 78. (a) Corte de tubo de 4 pulgadas, (b) Anclaje de 80cm..... | 170 |
| Figura 79. (a) Montaje de anclajes en el vehículo, (b) Desmontaje de los anclajes en el puesto militar..... | 170 |
| Figura 80. (a) Ubicación del sitio de anclaje, (b) Medición de distancia de separación entre mástil. (c) Perforación de platabanda, (d) Corte de barra roscada para instalar en el mástil y así garantizar su estabilidad..... | 171 |
| Figura 81. (a) Corte de tubo, (b) Perforación de mástil, (c) Fijación de tubo mástil en el anclaje, (c) Vista de tubo mástil anclado..... | 172 |
| Figura 82. (a) Instalación de estructura de soporte y módulos fotovoltaicos..... | 172 |
| Figura 83. (a) Corte de tubo mastil, (b) Vista final de la altura del mastil..... | 173 |
| Figura 84. (a) Instalacion de modulos fotovoltaicos en la estructura de soporte, (b) Vista final de los cuatro (04) arreglos fotovoltaicos..... | 173 |
| Figura 85. (a) Conexión serie – paralelo en cada arreglo fotovoltaico..... | 174 |
| Figura 86. (a) Instalación de caja, (b) Instalación de cables fotovoltaico..... | 174 |

| | |
|---|-----|
| Figura 87. (a) Perforación de tubo, (b) Vista final de la tubería en el mástil..... | 175 |
| Figura 88. (a) y (d) Desembalaje de los componentes que integral el armario de control, (c) y (d) Instalación de componentes electrónicos y conexiones dentro del armario de control..... | 175 |
| Figura 89. (a) Medicion del area, (b) Perforacion de la pared..... | 176 |
| Figura 90. Instalacion de estructura, (b) Instalacion de inversores la pared..... | 176 |
| Figura 91. (a) Vista de la caja AC, Inversores y caja DC, (b) y (c) Ajuste de conexiones electricas en la caja | |
| Figura 91. (a) Perforación de platabanda, (b) Perforación de pared. AC, (d) Vista final de las conexiones internas del armario ... | 177 |
| Figura 92. (a) Perforación de platabanda, (b) Perforación de pared..... | 177 |
| Figura 93. (a) Ensamblaje del armario de las baterias, (b) instalacion de las baterias en el armario, (c) Colocacion del restante de baterias, (d) Vista final del banco de baterias..... | 178 |
| Figura 94. (a) y (b) Interconexión de baterías..... | 178 |
| Figura 95. (a) y (b) Instalación de barra copperweld..... | 179 |
| Figura 96. (a) Acometida eléctrica interna, (b) Acometida eléctrica externa..... | 179 |
| Figura 97. (a) Armario de control, (b) Arreglos fotovoltaicos, (c) Armario de control y planta eléctrica de respaldo, (d) Parámetros de medición reflejados en el regulador..... | 180 |
| Figura 98. (a) Parque de armas, (b) Comedor, (c) Áreas en construcción..... | 181 |
| Figura 99. Personal militar del Comando de la GN..... | 181 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Formato para calcular la demanda eléctrica..... | 70 |
| Tabla 2. Tipo de sistema preliminar por escenario..... | 74 |
| Tabla 3. Técnicas de Recolección de Datos e Instrumentos a utilizar..... | 79 |
| Tabla 4. Promedio mensual de radiación solar..... | 106 |
| Tabla 5. Promedio mensual de insolación de la Estación Tapipa Padrón..... | 107 |
| Tabla 6. Promedio mensual de insolación reportado por la NASA..... | 108 |
| Tabla 7. Promedio mensual de temperatura-111 | |
| Tabla 8. Promedio mensual de precipitación registrado por Taguaza y la NASA..... | 113 |
| Tabla 9. Promedio anual de la velocidad del viento..... | 115 |
| Tabla 10. Unidades Operativas adscritas al Escuadrón Montado Guatopo..... | 128 |
| Tabla 11. Características del generador eléctrico..... | 133 |
| Tabla 12. Consumo de combustible por el generador vs Emisiones generadas..... | 135 |
| Tabla 13. Aparatos eléctricos utilizados en el comando..... | 139 |
| Tabla 14. Demanda eléctrica diaria del puesto militar..... | 141 |
| Tabla 15. Consumo horario actual del puesto militar..... | 142 |
| Tabla 16. Consumo diario de la carga proyectada del puesto militar..... | 143 |
| Tabla 17. Consumo horario de la carga proyectada del puesto militar..... | 144 |
| Tabla 18. Tipo de sistema preliminar por escenario..... | 146 |
| Tabla 19. Componentes de un SFV de 300 Wp..... | 148 |
| Tabla 20. Componentes de un SFV de 600 Wp. con inversor de 750 W..... | 148 |
| Tabla 21. Componentes de un SFV de 600 Wp. con inversor de 1100 W..... | 149 |
| Tabla 22. Componentes de un SFV de 1200 Wp..... | 149 |
| Tabla 23. Componentes de un SFV de 3840 Wp..... | 150 |
| Tabla 24. Mínimos y máximos de insolación a distintos ángulos de inclinación..... | 158 |
| Tabla 25. Consumo de combustible por el generador vs Emisiones generadas..... | 172 |
| Tabla 26. Componentes de un SFV de 1200 Wp..... | |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-------|
| Tabla 1. Formato para calcular la demanda eléctrica..... | 77 |
| Tabla 2. Tipo de sistema preliminar por escenario..... | 82 |
| Tabla 3. Técnicas de Recolección de Datos e Instrumentos a utilizar..... | 87 |
| Tabla 4. Promedio mensual de radiación solar..... | 116 |
| Tabla 5. Promedio mensual de insolación de la Estación Tapipa Padrón..... | 118 |
| Tabla 6. Promedio mensual de insolación reportado por la NASA..... | 119 |
| Tabla 7. Promedio mensual de temperatura..... | 122 |
| Tabla 8. Promedio mensual de precipitación registrado por Taguaza y la NASA..... | 124 |
| Tabla 9. Promedio anual de la velocidad del viento..... | 125 |
| Tabla 10. Unidades Operativas adscritas al Escuadrón Montado Guatopo..... | 141 |
| Tabla 11. Características del generador eléctrico..... | 147 |
| Tabla 12. Consumo de combustible por el generador vs Emisiones generadas..... | 148 |
| Tabla 13. Aparatos eléctricos utilizados en el comando..... | 153 |
| Tabla 14. Demanda eléctrica diaria del puesto militar..... | 155 |
| Tabla 15. Consumo horario actual del puesto militar..... | 156 |
| Tabla 16. Consumo diario de la carga proyectada del puesto militar..... | 157 |
| Tabla 17. Consumo horario de la carga proyectada del puesto militar..... | 158 |
| Tabla 18. Tipo de sistema preliminar por escenario..... | 160 |
| Tabla 19. Componentes de un SFV de 300 Wp..... | 162 |
| Tabla 20. Componentes de un SFV de 600 Wp. con inversor de 750 W..... | 163 |
| Tabla 21. Componentes de un SFV de 600 Wp. con inversor de 1100 W..... | 163 |
| Tabla 22. Componentes de un SFV de 1200 Wp..... | 164 |
| Tabla 23. Componentes de un SFV de 3840 Wp..... | 164 |
| Tabla 24. Mínimos y máximos de insolación a distintos ángulos de inclinación..... | 173 |
| Tabla 25. Consumo de combustible por el generador vs Emisiones generadas..... | 187 |
| Tabla 26. Componentes de un SFV de 1200 Wp..... | |

RESUMEN

La ubicación del Comando de la Guardia Nacional “Escuadrón Montado Guatopo” (Parque Nacional Guatopo-Estado Miranda), dificulta su conexión al Sistema Eléctrica Nacional (SEN), por la existencia y vigencia del *Reglamento que rige la Administración y Manejo de los Parques Nacionales y Monumentos Naturales*, donde se establecen las restricciones de construcción de líneas eléctricas dentro de los parques nacionales. Es en base a estas consideraciones, que se planteó la implementación de un sistema de energización que garantice el suministro de energía eléctrica en este puesto militar, de manera cónsona con el ambiente y en concordancia con lo estipulado en el reglamento, es por ello que la instalación de un sistema de energización con fuentes renovables paso a ser la solución más adecuada e idónea para este requerimiento. La idoneidad de implementar el sistema en función de esta fuente de energía correspondió a estudios preliminares de potencial energético realizados en la zona (existencia de mayor potencial solar que eólico), y en menor escala, la disponibilidad de los sistemas (sistemas de energización fotovoltaica de distintas magnitudes). Como resultado de lo anteriormente expuesto, se planteó en este documento, una metodología para evaluar la factibilidad de usar un sistema de generación con energías renovables, en particular, fuente solar fotovoltaica, para alimentar poblaciones rurales de difícil acceso, adecuado a nuestro caso, basado en la caracterización estadística de los recursos y la evaluación energética de la zona, destacando que cada unidad energética proveniente de este sistema, no genere residuos contaminantes y haga uso de los recursos inagotables.

Palabras Clave: Cargas aisladas, energía renovable, sistemas independientes, caracterización de recursos, sistemas de energía fotovoltaica.

Título: Implementación de un Sistema de Energía Renovable Alternativo para la Electrificación del Comando de la Guardia Nacional “Escuadrón Montado Guatopo”, Ubicado en el Parque Nacional Guatopo del Estado Miranda.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

El consumo acelerado de unos recursos energéticos finitos, el impacto ambiental asociado a la producción y uso de las energías tradicionales, la distribución de las reservas de energía, y los precios de las materias primas energéticas, confieren a las fuentes renovables de energía una importancia creciente en la política energética de la mayoría de los países desarrollados.

Cabe destacar que, Venezuela es uno de los países más desarrollados en electrificación de América Latina y el segundo con el registro más alto de consumo eléctrico por habitante, con una generación neta de 4.179 kilovatios por hora por habitante (Kwh/hab), seguida de Chile (3.393 Kwh/hab), Argentina (2.860 Kwh/hab), Uruguay (2.750 kwh/hab), Brasil (2317 kwh/hab), México (1.999 Kwh/hab), Panamá (1.873 Kwh/ hab) y Costa Rica (1.854 Kwh/hab), según cifras del Banco Mundial, del Instituto Nacional de Estadística (INE), de la Organización Latinoamericana de Energía y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), año 2014.

En este orden de ideas, a pesar de poseer un alto consumo eléctrico por habitante, el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) , según censo 2011, reporta que el 98,2 % de la población se beneficia del servicio eléctrico, mientras que la población restante (comunidades aisladas, indígenas y fronterizas) no ha sido suplida de este servicio a través de las redes convencionales de distribución, debido a que son comunidades de difícil ubicación y acceso, como también las estaciones de Guarda parques y los puestos militares que se encuentran ubicados en los Parques Nacionales del país.

Con respecto a los Parques Nacionales, dada su riqueza de recursos naturales, se debe dar cumplimiento al Reglamento Parcial de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio sobre Administración y Manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales que rige la Administración y Manejo de los Parques Nacionales y Monumentos Naturales. Este decreto regula los usos que están prohibidos, restringidos y permitidos dentro de los parques nacionales y monumentos naturales; lo establece en su Capítulo V, artículo 12 "Son usos prohibidos dentro de los parques nacionales: la construcción de cualquier tipo de planta de generación de electricidad de talla industrial; mientras que el artículo 14 menciona que son usos restringidos dentro de parques nacionales la construcción de líneas eléctricas o ductos para el transporte de materiales industriales".

Cabe destacar que, desde hace aproximadamente cinco años, en el comando se está utilizando una planta eléctrica a Diesel, que proporciona energía eléctrica a las diferentes áreas que conforman el comando, durante todo el día, esto debido a la carga existente en el lugar; lo que implica un mayor consumo de combustible y lubricante, sin tomar en cuenta los daños ocasionados al ambiente y personal que permanece en el lugar. La combustión produce gas carbónico (CO_2), óxido nitroso (NO_x), gases sulfurosos (SO_x), vapor de agua (H_2O) y otros con efectos menores sobre la atmósfera. Entre ellos se ha comprobado que los principales gases de la combustión que producen el efecto invernadero son el vapor de agua (H_2O) y el dióxido de carbono (CO_2), debido a que son los que capturan la mayor cantidad de energía proveniente del sol.

Es entonces, la energía capturada es distinta, siendo la más nociva la del CO_2 , porque captura los rayos infrarrojos y tiene un ciclo de cerca de 200 años. En la actualidad, la acción del aumento del consumo de energía produce un desequilibrio entre la absorción de CO_2 y las emisiones; el 95 por ciento del CO_2 producido es absorbido y el 5 por ciento restante queda en la atmósfera, produciendo, durante su ciclo, la acumulación del contenido de CO_2 en la atmósfera (Rojas, R.; Fernández, M; Orellana, R. 2011, p. 168).

Además de la contaminación atmosférica que produce la planta eléctrica, se genera contaminación sónica, ocasionando incomodidad en el ambiente laboral. Vasco, L. (s.f.) señala que "Los efectos del ruido sobre la salud humana pueden variar dependiendo de la sensibilidad del individuo, duración de exposición al ruido, naturaleza del ruido y si es un ruido constante o interrumpido. Entre los posibles efectos están: disminución de la capacidad auditiva (75 a 80 dB por varias horas), dolor físico (cuando el ruido es de 130 a 140 dB), daño físico permanente al sistema auditivo o pérdida del oído (150 dB y más)".

Es de hacer notar que, muchos investigadores atribuyen al ruido, aumento de irritabilidad, baja productividad, alta presión arterial, aumento de casos de úlceras, migraña, fatiga y reacciones alérgicas a la continua exposición a los altos niveles de ruido en el trabajo o en el ambiente. El corazón, los oídos y el cerebro junto al sistema nervioso son los más afectados a causa de la contaminación por ruido. Esta situación despertó inquietud social por parte del Estado, que le llevó a crear iniciativas para la generación y prestación del servicio eléctrico en localidades y espacios dentro del parque que no disponen del mismo, mediante el aprovechamiento de fuentes renovables de energía, con la creación de la Fundación para el Desarrollo Eléctrico (FUNDELEC), a través del Programa Sembrando Luz.

Por ello, esta iniciativa forma parte de la Misión Revolución Energética que incluye la sustitución de bombillos incandescentes por bombillos ahorradores, instalación de grupos de generación distribuida y el aprovechamiento de las energías alternativas, manteniendo la armonía con la naturaleza y en consonancia con las regulaciones del Protocolo de Kioto. Es aquí entonces, donde los sistemas generadores de energía eléctrica limpia, autónomos de la red convencional de consumo, cobran fuerza y tienen su mejor exponente en los Sistemas Fotovoltaicos, que al ser alimentados con luz solar generan calidad de vida a los diferentes beneficiarios.

En tal sentido, por orden del Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica y mediante la Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico (FUNDELEC), a través de su programa "*Sembrando Luz*" (que inició actividades desde el año 2005), se está aplicando esta alternativa energética en zonas rurales, fronterizas e indígenas, Parques Nacionales, mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos o sistemas híbridos, con el objeto de llevar energía eléctrica a los poblados donde jamás podrá llegar la electrificación convencional por cableado, debido a lo intrincado de las zonas, a los altos costos que implica levantar un proyecto de ampliación de la red eléctrica o el impacto ambiental que esto genera. Bajo estas directrices, se pretende electrificar el Comando de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado", de manera de minimizar el uso de la planta eléctrica o en su defecto evitar su uso, debido a la contaminación sonora y atmosférica que se produce cuando el equipo está en funcionamiento.

Cabe mencionar que, el Comando de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado Guatopo", se encuentra ubicado en el Sector Los Alpes del Parque Nacional Guatopo, Municipio Acevedo del Estado Miranda. Por su ubicación geográfica se encuentra a más de 15 Kilómetros de la última fuente de abastecimiento de la red eléctrica convencional más cercana (Sector Araguaita) y está localizado en la región Área montañosa de la Serranía del Interior del Estado Miranda y Guárico. Se llega al lugar por la carretera que comunica a la población de Santa Teresa del Tuy con Altigracia de Orituco, lo que implica atravesar el parque; así como también la carretera que comunica con Caucagua.

Tomando en cuenta que el comando requiere reducir costos asociados a su operatividad, en lo que respecta a los gastos adosados al suministro de combustible y lubricante (en un área que por sus características propias no permite el manejo, ejecución, implementación de estos compuestos); estos deben ser reorientados en la medida de lo posible, así como tener un suministro de energía eléctrica continuo que permita el uso de refrigeradores y funcionamiento de aparatos electrodomésticos

necesarios para una mejor calidad de vida y cumplimiento de actividades asignadas al personal.

Considerando las condiciones climáticas de la zona y el constante encendido de la planta de generación eléctrica a base de combustibles fósiles, que, dicho sea de paso, producen altos niveles de contaminación ambiental (atmosférica, sónica, calentamiento) se somete a consideración alternativas que permitan la electrificación del Comando de la Guardia Nacional “Escuadrón Montado”, minimizando los costos operativos, para lo cual se tienen las siguientes opciones:

- Sistemas de energía fotovoltaica independientes.
- Sistemas de energía fotovoltaica independientes conectados a una fuente de respaldo.
- Sistema de energía híbrido fotovoltaica–eólico-diesel.

1. 1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La generación diaria de emisiones (CO₂, CH₄, NO₂) y ruido proveniente de la planta eléctrica Diesel, durante su funcionamiento, ocasiona contaminación atmosférica en el Parque Nacional Guatopo, afectando las condiciones naturales del ecosistema en estudio; además de producir en los trabajadores irritación de los ojos, lagrimeo, migraña, fatiga durante la exposición constante al ruido del equipo, deteriorando su salud y creando un ambiente incomodo durante la permanencia de los trabajadores en el puesto militar, situación que ha traído como consecuencia la necesidad de realizar un estudio que permita minimizar o contrarrestar todos estos daños, utilizando tecnologías que funcionan con energías renovables, para de esta manera, dar cumplimiento con las directrices señaladas en el protocolo de Kioto y marco legal de nuestro país, en materia ambiental; así como también cubrir las necesidades energéticas del comando para su buen funcionamiento.

1. 2. OBJETIVOS

1.2.1. GENERAL

Implementar un sistema de energía renovable alternativo para la electrificación del Comando de la Guardia Nacional “Escuadrón Montado Guatopo”, ubicado en el Parque Nacional Guatopo del Estado Miranda.

1.2.2. ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la situación energética en el Comando de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado Guatopo", ubicado en el sector Los Alpes, Parque Nacional Guatopo”.
- Seleccionar el tipo de sistema de energía renovable más apropiado que se adapte a las condiciones climáticas de la zona.
- Diseñar el sistema de energía renovable seleccionado, según los requerimientos energéticos que demanda el comando de la Guardia Nacional.
- Instalar el sistema de energía renovable en el comando de la Guardia Nacional.

1. 3. JUSTIFICACIÓN

El incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero y la elevación del precio de los combustibles ha determinado que en el mundo se busquen otras fuentes energéticas como alternativa para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y evitar los Gases de Efecto Invernadero (GEI). En las últimas dos décadas se han intensificado los estudios y se ha mejorado la tecnología de los proyectos de Energías Renovables, especialmente de aquéllos que pueden conectarse a la red,

como alternativa de modificación de la matriz energética de los diferentes países (Rojas, R.; Fernández, M; Orellana, R. 2011, p. 168).

Las energías renovables se están convirtiendo actualmente en la opción más saludable de obtención de energía para el planeta. Es una estrategia utilizada por países con niveles de cultura ecológica y de calidad de vida más altos que la mayoría de países en vías de desarrollo, por razones conservacionistas y socioeconómicas, ya que en sus decisiones predomina la conciencia del uso inteligente de los recursos naturales no renovables y de lo escaso de sus fuentes convencionales como lo es carbón, petróleo y gas (Cinthia, Z. 2011).

Se cuenta con un respaldo legal completo que exige la práctica de proyectos con un enfoque ambientalista. El capítulo IX de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2000) corresponde a las obligaciones del ciudadano en el área de la protección y conservación de los recursos, específicamente el artículo 127, señala que “Es un deber y un derecho de cada generación el proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro”. Este capítulo de la legislación del estado se apoya altamente con la Ley Orgánica del Ambiente del país.

El aislamiento geográfico de algunas zonas es una buena razón para el desarrollo de nuevas tecnologías basadas en energías renovables, debido a la dificultad de su conexión a la red eléctrica y al transporte de combustible a la zona, entre otros factores. Es por esto, que se piensa en sistemas de energía aislados para alimentar zonas rurales con la generación de energía a partir del aprovechamiento de las corrientes de vientos, de la radiación solar, las corrientes de agua, entre otras.

Estos sistemas pueden ser mixtos, los cuales tienen la ventaja de complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellos. Por ejemplo, la energía solar fotovoltaica puede suministrar electricidad los días despejados, mientras que en los días fríos y ventosos, son los aerogeneradores los que pueden producir mayor energía eléctrica. En algunos casos se consideran soluciones híbridas con el

uso de generadores diesel. En tal sentido, la producción de energía limpia, en la cual se apuesta por las renovables, son objetivos a los que es difícil oponerse, dadas las ventajas que proporcionan el uso de las mismas y que han sido comprobadas y verificadas con el pasar de los años

A tales efectos, se pretende implementar este tipo de tecnología en el Comando de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado Guatopo", ubicado en el Parque Nacional Guatopo del Estado Miranda, con el propósito de reducir las emisiones que se generan por la combustión del Diesel, desde hace aproximadamente cinco años, de forma continua, así como también reducir la contaminación sónica que se genera una vez que se enciende el equipo, puesto que ocasiona un clima organizacional incómodo en sus trabajadores y lo que se pretende es que ellos disfruten del servicio eléctrico, en un ambiente libre de contaminación y sin perturbación.

Con esta investigación se quiere demostrar el hecho de que son proyectos que utilizan energías limpias, las cuales siguen las pautas de los acuerdos internacionales para reducir las concentraciones de gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera por generación de electricidad. Además, Venezuela por su ubicación geográfica y en riqueza en fuentes y recursos naturales, el territorio venezolano cuenta con un valioso potencial para el aprovechamiento de las energías renovables, en especial en los campos solar, hidroeléctrico y eólico, con alto potencial de aprovechamiento. En busca de mejorar el medio ambiente y su entorno, que es uno de los primordiales puntos de esta investigación.

El Gobierno de España, a través del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en el "Plan de las Energías Renovables 2011-2020" expresaron lo siguiente:

“El primer efecto ambiental que ha de considerarse y en definitiva, donde se encuentra uno de los orígenes más relevantes del interés por desarrollar las energías renovables, es la reducción del consumo de combustibles fósiles, causantes de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), y por tanto responsables del cambio climático. En líneas generales, las afecciones más significativas derivadas de la

utilización, transformación y transporte de las energías convencionales están asociados a:

- Las emisiones atmosféricas que provocan el calentamiento global del planeta, la disminución de la capa de ozono, la niebla de invierno, el smog o niebla fotoquímica, la lluvia ácida, etc.
- La contaminación de los medios acuático y terrestre, que producen acidificación y eutrofización.
- La generación de residuos, como sustancias carcinógenas, residuos radiactivos y metales pesados liberados a la atmósfera”

A este respecto, y a hacia el enfoque ambientalista, es de hacer notar que las energías renovables contribuyen decisivamente tanto al incremento de la garantía del suministro energético a largo plazo -por tratarse de fuentes energéticas autóctonas e inagotables-, como a la minimización de los impactos que se producirían por el uso energético alternativo de los combustibles fósiles; además constituye una parte fundamental del paquete de medidas necesarias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para cumplir con el Protocolo de Kioto y otros compromisos internacionales. Asimismo, las energías renovables desempeñan un papel muy importante para fomentar la seguridad de abastecimiento energético, el desarrollo tecnológico, la innovación y para ofrecer oportunidades de empleo y desarrollo regional, especialmente en zonas rurales.

Cabe destacar que Corpoelec ha implantado y desarrollado estrategias para promover el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, en función de optimizar el sector eléctrico y, a su vez, la calidad de vida de los venezolanos y venezolanas. UREE tiene como objetivo fundamental ejecutar políticas y acciones en materia tecnológica, educativa, comunicacional y regulatoria, para promover el hábito del uso racional y eficiente de la energía eléctrica en toda la población venezolana, a fin de preservar el ambiente y resguardar nuestra soberanía energética. Entre el 2013 a 2015 se logro Con el Plan Banda Verde logramos que la demanda interanual bajara de 7,1% entre 2012 y 2013 a 1,7% entre 2013 y 2014.

Se rige bajo la Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico; La Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía; las resoluciones del Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica (MPPEE); la Misión Eléctrica de Venezuela, y el Plan de la Patria 2013-2019, específicamente en el 5to objetivo histórico: “Contribuir con la preservación de la vida en el planeta y la salvación de la especie humana”.

Finalmente, el papel que jugará las energías renovables en el comando, será de gran importancia, dado que no solo se aprovecharan los recursos energéticos locales de la zona para cubrir la demanda energética del lugar, sino que se garantiza el cumplimiento de las políticas en materia de seguridad, ambiente y demás lineamientos establecidos por la Comandancia General.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Para la realización de la presente investigación se hizo la revisión de una serie de trabajos previos, relacionados con el objeto de estudio, los cuales servirán de antecedentes.

El Proyecto de **Instalación de Sistemas de Energías Renovables**, es un proyecto que contribuye a dar soluciones a comunidades rurales, indígenas y fronterizas, que no cuentan con el servicio eléctrico, a través de la instalación de sistemas de energías renovables que aprovechan las fuentes locales de energía y la transforman en energía eléctrica y así garantizar el servicio eléctrico en viviendas, escuelas, ambulatorios, casas comunales y puestos militares, en comunidades rurales, indígenas, fronterizas y áreas protegidas, que estén ubicadas a más de 10 kilómetros del punto eléctrico, del sistema interconectado nacional. Es de resaltar, que desde el año 2005 hasta el año 2013, se han instalado a nivel nacional, 3036 sistemas de energía renovables, beneficiando como consecuencia a 35 puestos militares, (Gerencia de Energía Renovable - FUNDELEC, 2014).

Primeramente se encuentra **Domenech, Bruno (2013)**, elaboró una *Metodología para el diseño de sistemas de electrificación autónomos para comunidades rurales*, trabajo de investigación desarrollado en la Universidad Politécnica de Catalunya, donde señala que los sistemas de electrificación autónomos

basados en el uso de energías renovables son adecuados para electrificar comunidades rurales aisladas, agregando además existen herramientas de apoyo a la toma de decisiones, pero que no abarcan algunas consideraciones técnicas y sociales, y/o no entran en el detalle específico del proyecto. En este contexto, el objetivo de esta tesis doctoral fué desarrollar una metodología para ayudar en el diseño de sistemas de electrificación autónomos basados en las energías eólica y solar, que sea adecuada a las características económicas, técnicas y sociales de comunidades rurales de países en desarrollo, y que considere la opinión de todos los actores involucrados en el proyecto. La metodología de diseño propuesta se divide en 3 etapas principales: La primera etapa consiste en realizar evaluaciones iniciales (socioeconómica, energética y técnica) para recopilar la información característica de la comunidad a electrificar.

La segunda etapa es el propio proceso de diseño en sí y se divide en 3 niveles de decisión, ordenados en función de la importancia de las decisiones a tomar. En concreto se estudia la influencia sobre el coste de modificaciones en la demanda (nivel 1), la gestión del sistema (nivel 2) y la seguridad del suministro (nivel 3). Cada nivel de decisión se estructura en 2 pasos: primero se generan diversas alternativas de electrificación con un modelo de programación lineal, incluyendo consideraciones técnicas y sociales; y segundo se selecciona la alternativa más adecuada en función de criterios económicos, técnicos y sociales, mediante la técnica multicriterio de la programación compromiso.

- La tercera etapa, opcional, permite intentar mejorar el coste de la solución obtenida, manteniendo las decisiones previamente tomadas. En concreto, esta metodología permite personalizar la toma de decisiones de forma clara y estructurada, evaluando una gran cantidad de alternativas de electrificación y obteniendo unos resultados que concuerdan con las preferencias del usuario

Seguidamente esta **Albinyanae, J. et al.** (2011), desarrolló presente investigación titulado "*Proyecto de suministro eléctrico para abastecer una escuela situada en el municipio de Tiana mediante energía eólica*". El objetivo principal fue suplir la demanda eléctrica necesaria para el funcionamiento de un aula verde, (aula

de informática) mediante el suministro de energía eólica. El proyecto planteó suministrar la demanda eléctrica total del aula de sistemas, la cual es de 7.000 Kwh. al año. Para llegar a este punto analizaron aspectos como el potencial eólico disponible en la zona, el consumo eléctrico de la escuela, el horario de demanda eléctrica, la selección del aerogenerador, y todos los principales elementos consumidores, partiendo de la premisa de que la energía ahorrada es la forma más económica y sostenible de aprovechamiento eléctrico. Utilizando un generador Bornay obtuvieron resultados que sobrepasan la contribución eléctrica propuesta inicialmente de 7.000Kwh hasta generar más de 10.000 Kwh. Con la implementación de éste aerogenerador se lograría disminuir el consumo eléctrico de la escuela de 20.533 Kwh. al año a 11.822 Kwh. al año.

Adicionalmente presentaron un plan de optimización del sistema de luminarias, cuyos costos se amortizan en menos de 8 años. Dentro de las recomendaciones generales también se analizó la sustitución de los ordenadores, que de realizarse conjuntamente con el proyecto del aerogenerador permitirían aumentar el ahorro energético hasta 14.982 Kwh. al año, pasando de un consumo energético de 20.533 Kwh a tan solo 5.521 Kwh. Este proyecto está diseñado para una institución comprometida con la sostenibilidad y el medio ambiente, cuyo principal interés es difundir éstas prácticas y acercar a la comunidad a otras formas de obtención de energía limpia. La motivación principal es la conservación de éstos preceptos, sin embargo una motivación igualmente importante son las ventajas financieras para la institución derivadas de estas adecuaciones, dado el ahorro económico que se puede lograr a mediano y largo plazo.

Nos encontramos con **Cinthia, Zambrano (2011)**, realizó un trabajo de investigación titulado *Diseñar un sistema complementario de generación de electricidad a partir de energía solar en la estación “La Aguada” del Sistema Teleférico de Mérida, Estado Mérida*, donde fue necesario estudiar la interacción de todas las variables del sistema fotovoltaico, tal que pudiera cubrir la carga eléctrica demandada con las condiciones del recurso solar establecidas. En este trabajo

utilizaron el software libre HOMER, el cual toma en cuenta los costos del mercado solar actual; las eficiencias, tamaños, tiempo de vida útil, de cada componente, entre otros factor eléctricos; arrojando una lista de combinaciones posibles de dichos elementos, indicando que la mejor opción técnico-factible para “La Aguada” es: Arreglo fotovoltaico de mínimo 50 kW, 1200 baterías de ciclo profundo e inversor de mínimo 20 kW.

Posteriormente, seleccionaron las marcas de los componentes correspondientes para así configurar un arreglo preliminar de los módulos solares, en donde obtuvieron los siguientes resultados: 278 paneles solares dispuestos en aproximadamente 431m², espacio que abarca sin problema parte del techo de la estación, demostrando que desde este punto de vista, el proyecto es factible. Tomándose una demanda eléctrica de menor tamaño correspondiente a un área específica de la estación: el Museo, el requerimiento de potencial por el arreglo fotovoltaico se reduce significativamente, disminuyendo así el área requerida y los costos de inversión (1,322 \$ / kWh), presentando oportunidad de implementación y factibilidad, con las ventajas ambientales señaladas, a pesar de seguir siendo menos rentable económicamente que los métodos convencionales.

Por ultimo esta Bruzual, S. (2010) desarrolló su trabajo de grado sobre un *Estudio de factibilidad técnico – económica para la implementación de energía eólica y solar, en el edificio técnico - administrativo “Leona”, PDVSA PETRORITUPANO, Municipio Freites – Anzoátegui*. El mencionado proyecto estuvo basado en el estudio de factibilidad técnico – económica sobre la implementación de energías renovables (eólica y/o solar) en el área de La Leona, del estado Anzoátegui, con la finalidad de encontrar una solución a la problemática energética que estaba atravesando la empresa Petroritupano S.A. en cuanto a la generación de electricidad.

Como paso principal realizaron un análisis de las condiciones climáticas y ambientales, topografía y vegetación del área específica, pues los factores radiación solar y velocidad del viento, dependen de ello. En las estaciones meteorológicas

cercanas, y con los datos registrados en ellas, cuantificaron la cantidad de radiación solar incidente, mediante métodos de estimación, y utilizaron métodos de correlación para evaluar el recurso eólico, comparando dichos datos con las mediciones de la velocidad y dirección del viento realizado en la zona por un periodo de tres meses. Así establecieron la potencialidad de cada recurso. Luego de analizar la factibilidad ambiental, dimensionaron el sistema eléctrico alternativo, tomando en cuenta la demanda eléctrica a abastecer, y seguidamente evaluaron la rentabilidad y beneficios que tiene su implementación dentro de la empresa.

2.2. Fundamentos teóricos

Energía

La energía es un concepto asociado al movimiento en general y una de las definiciones más complejas que el hombre ha pretendido establecer, está en todas partes, desde el micro-entorno hasta el sistema solar. Para comprender el papel de la energía en la ciencia se puede partir de la definición de trabajo, que representa en física “el movimiento de un objeto por la acción de la fuerza” (Brinkworth, 1981. p.49 citado de Cinthia, Z. 2011). La energía está presente en todas las actividades humanas y su disponibilidad es un requisito indispensable para el desarrollo de los pueblos, la energía eléctrica es uno de los mayores descubrimientos de la humanidad y a su vez el pilar fundamental para el progreso tecnológico y social del siglo XXI (Revista Sembrando Luz, Marzo 2012).

La electricidad es la forma de energía que la mayoría de los equipos utilizan para funcionar. Debido al crecimiento de la población y con ella el aumento de la demanda eléctrica, se ha emprendido la búsqueda de nuevas fuentes de energía, y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados fundamentalmente en el uso de energías renovables, las cuales son las que se derivan de la energía que el sol envía de forma continua a la tierra, se pueden recuperar bajo diferentes formas: radiación solar, viento, movimiento de aguas, etc. Actualmente países pertenecientes a la Unión Europea, y algunos del continente Americano, han llevado a cabo proyectos de

energías limpias, en búsqueda de que el aprovechamiento de éstas, sea factible tanto técnica como económicamente, lo que ha motivado a otros países, incluyendo Venezuela.

A través de la historia de la civilización se puede identificar una evolución constante en el aprovechamiento de la energía. Desde la utilización del fuego para el calentamiento y cocción de alimentos de los primeros habitantes de la Tierra, pasando por el uso de la propia energía muscular del hombre y de los animales, la energía del viento: barcos a vela y molinos de viento; la energía del agua o hidráulica: molinos de trigo y otros cereales, hasta la de la sociedad actual altamente dependiente de los combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón, para su funcionamiento.

Es entonces, la producción, transformación y consumo de energía motorizan el sistema de producción; prácticamente no hay ningún tipo de actividad humana orientada a satisfacer la producción de bienes y servicios que no necesite del impulso de algún tipo de energía. Así el sistema de producción depende de la energía para su funcionamiento, pero además, depende también de otros recursos naturales para poder producir los bienes finales. Obsérvese entonces, que no hay producción que no provenga en última instancia, de alguna fuente de recursos naturales (Revista La Luz del Alba; 2008).



Figura 1. Dinámica de la energía en el planeta tierra (Fuente: Revista La Luz del Alba, 2008)

En consecuencia, la radiación o energía solar incide en toda la dinámica del planeta Tierra, afectando los ciclos naturales, generando la vida de los seres vivos, y promoviendo otras manifestaciones de energías que se obtienen de forma artesanal para la subsistencia, desde la antigüedad; o a través de procesos industriales para atender necesidades sociales y productivas de las civilizaciones contemporáneas (Ver figura 1).

Fuentes para la generación de energía

Existen muchas fuentes de energía, consideradas primarias, que a su vez se transforman en otro tipo de energía para cumplir con funciones específicas mediante tecnologías de transformación. Por ejemplo, la energía hidráulica se puede transformar en eléctrica que más tarde se transforma en energía calórica y luminosa al encender un bombillo. (Posso, 2010 citado de Cinthia, Z. 2011). La figura 2 esquematiza la estructura fundamental de un sistema energético genérico en la actualidad, incluyendo ejemplos para cada uno de sus elementos.

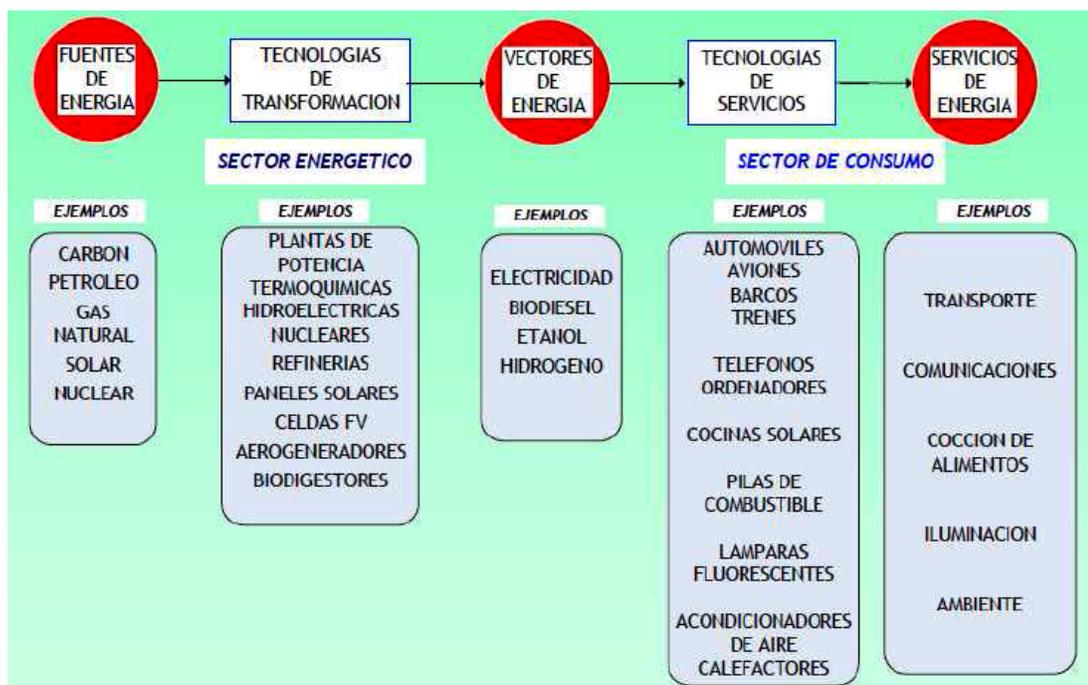


Figura 2. Estructura básica de un sistema energético (Fuente: Posso, 2010).

Las fuentes de energía primaria representan las distintas formas en las que la tierra ha “almacenado” la energía de la que el hombre puede disponer. Básicamente se pueden diferenciar por su naturaleza en dos tipos: Las fuentes de origen fósil, que abarca carbón, petróleo y gas natural y las de origen no fósil, que incluye solar, geotérmica, eólica, nuclear y mareas. ((Posso, 2010 citado de Cinthia, Z. 2011).

Definición de las energías renovables

En la gama de fuentes de energía primaria para la producción de electricidad existen variedad de alternativas para escoger. Sin embargo por razones de economía, eficiencia y facilidad son pocas las más utilizadas. La categoría que agrupa las fuentes de energía y mecanismos de transformación más comunes es denominada Convencional. Posso, 2010 asegura que las energías consideradas No Convencionales o alternativas no son necesariamente innovadoras, son solo muy poco utilizadas actualmente.

Por otro lado, Rubiés, 2004 citado de Cinthia, Z. 2011 mantiene que otra clasificación utilizada comúnmente es: Energías Renovables y No Renovables. Estas categorías van a depender es de la cantidad que existe de la misma a disposición del hombre. El autor explica que las energías renovables son aquellas que se pueden renovar a sí mismas indefinidamente y que la energía eléctrica producida a partir de fuentes renovables incluye instalaciones hidráulicas, eólicas, solar térmica, solar fotovoltaica, biomasa/biogás y mareomotriz.

Las fuentes de energía se clasifican según varios criterios:

Según su capacidad de regeneración:

Energías renovables: Las Fuentes de energía renovables son aquellas que, tras ser utilizadas, se pueden regenerar de manera natural. Algunas de estas fuentes renovables están sometidas a ciclos que se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza. En general, provienen de la energía que llega

ininterrumpidamente a la tierra a través de la radiación solar o de la atracción gravitatoria de otros planetas. Por ejemplo:

Energía mareomotriz (subida y bajada del nivel del mar por mareas).

Energía geotérmica (Calor interno de la tierra).

Energía hidráulica (agua almacenada en embalses y su movimiento en los ríos)

Energía eólica (movimiento del aire debido al viento)

Energía solar (luz y calor de la radiación solar)

Energía de la biomasa (vegetación y restos orgánicos de actividades agrícolas e Industriales, basura, etc.).

Atendiendo a su uso en cada país:

Convencionales: Se trata de las fuentes de energía que tradicionalmente se han usado en los países industrializados para producir energía a gran escala. Principalmente son todos los combustibles fósiles, nucleares y la hidráulica.

No convencionales o alternativas: Se trata de fuentes de energía que no han sido usadas masivamente para producir energía o que están investigando su desarrollo tecnológico para poder sustituir a las convencionales. Son las renovables a excepción de la hidráulica y la nuclear de fusión.

Atendiendo a su impacto ambiental:

Limpias o no contaminantes: Son fuentes de energía cuyo consumo no genera residuos y tienen impacto ambiental mínimo.

Contaminantes: Son fuentes de energía cuyo consumo genera residuos contaminantes y al mismo tiempo tiene un impacto ambiental considerable. Son todos los combustibles.

Evolución de las energías renovables

Valle, J. y Ortega, H. (2012), de la Secretaria de Energía del Gobierno Federal

de México, presentaron en el año 2012 una prospectiva de energías renovables 2012-2026 en el cual ofrece información relevante y actualizada acerca del crecimiento estimado del aprovechamiento de las energías renovables en el mediano y largo plazos, señalando que países como Alemania, Brasil, Dinamarca, España, Canadá y Reino Unido han desarrollado tecnologías que les han permitido utilizar diversas fuentes renovables, fundamentalmente para la generación de energía eléctrica y, aunque su participación en la producción mundial aún es pequeña, estas energías representan una opción para el suministro eléctrico mundial.

El análisis de las experiencias internacionales muestra que las energías renovables son un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en los países industrializados como en las economías en desarrollo, gracias a sus efectos positivos en las esferas ambiental, económica y social. Las energías renovables son precursoras del desarrollo y comercialización de nuevas tecnologías, de la creación de empleo, de la conservación de recursos energéticos no renovables, de la reducción de la dependencia de energéticos importados mediante el aprovechamiento energético de recursos locales, y de la reducción de gases de efecto invernadero y de partículas que pueden dañar el ambiente y la salud pública, entre otros.

Las energías renovables crecieron a una tasa promedio anual de 2.9% de 1990 a 2010, y contribuyeron con 19.4% de la generación de energía eléctrica mundial⁷. El proceso de transición hacia una mayor participación de las energías renovables en el mundo ha sido impulsado por una serie de factores, entre los cuales se destacan las preocupaciones de soberanía y de seguridad en el abasto de energía en países importadores; la alta volatilidad de los precios de los combustibles de origen fósil; las preocupaciones por los impactos ambientales de los sistemas energéticos, en particular el cambio climático; y la caída en precio de las tecnologías renovables como resultado del desarrollo tecnológico.

Desde hace dos décadas, este proceso de transición se ha acelerado en varios países del mundo, debido a importantes inversiones en la explotación y uso de las energías renovables, como el caso de Alemania, España, Dinamarca, Estados Unidos, Brasil, India y China.

Los países que utilizan de manera más intensiva las energías renovables para la generación de electricidad son Islandia, Noruega, Paraguay, Colombia, Brasil y Canadá, que van desde 100% hasta 61% de participación. En contraste, los que presentan la menor participación de estas tecnologías entre 0% y 9% son Arabia Saudita, Israel, Argelia, Sudáfrica, Corea del Sur y Australia.

La participación de las energías renovables depende de varios factores, entre ellos: los tamaños de las economías, el grado de avance de las tecnologías y el estado de sus políticas energéticas. La tendencia, en países de Medio Oriente y África, se inclina a mantener una alta participación de energías fósiles en la generación eléctrica de sus naciones. México se encuentra entre Estados Unidos y Canadá, pero por debajo de las participaciones presentadas por Brasil y Venezuela que cuentan con recursos y desarrollos hidráulicos importantes (véase figura 3).

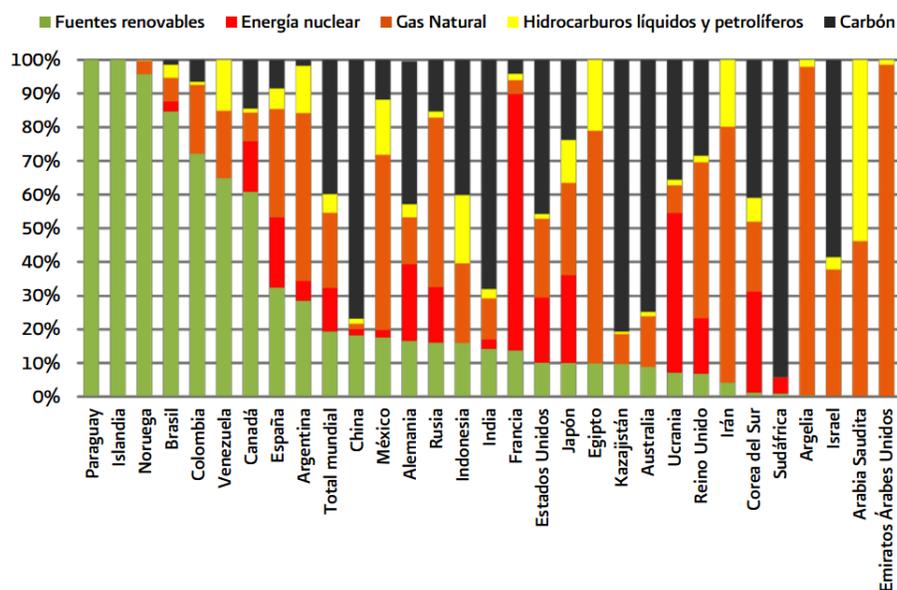


Figura 3. Composición de la generación de electricidad por tipo de energía en algunos países, 2010 (Fuente: Valle, J. y Ortega, H. 2012).

Los cinco países más importantes en capacidad instalada de energía renovable para generación de electricidad, incluyendo a las pequeñas hidroeléctricas son: China (70 GW), Estados Unidos (68 GW), Alemania (61 GW), España (28 GW) e Italia (22 GW). Si se incluyen las grandes hidroeléctricas la lista de países cambia quedando

como líderes China (282 GW), Estados Unidos (147 GW), Brasil (86 GW), Canadá (74GW) y Alemania (65 GW).

Energías renovables en Venezuela

En nuestro país, los sistemas de energías renovables demuestran un grado de madurez bien significativo y de ventajas que hoy posibilitan la electrificación de forma autónoma o integrada, segura y ecológicamente sostenible en zonas y regiones remotas, donde la oscuridad aún mantiene a más de un tercio de la población mundial al margen del bienestar económico y social. El impacto de las energías renovables en aplicaciones como la solar fotovoltaica y la eólica, ha sido de tal magnitud que se ha adoptado como una de las políticas más viables para acortar la brecha de la exclusión e incorporar a las zonas más pobres y vulnerables del disfrute de servicios energéticos básicos, en regiones que históricamente han estado desligadas del progreso y productivo.

El acceso a servicios energéticos como elemento fundamental de la reducción de la pobreza y la mejora de las condiciones de vida de los grupos socialmente más vulnerables, era un tema que hasta finales del siglo XX figuraba como aspecto de poca relevancia en las políticas energéticas del estado venezolano. En la actualidad, uno de los lineamientos en materia energética es promover de manera eficaz la justicia y la inclusión social, a través del suministro del servicio eléctrico de forma universal. Para lograr el abastecimiento en zonas donde el sistema convencional de distribución eléctrica no es viable por razones económicas, financieras y ambientales, la promoción de esquemas alternativos como la generación de electricidad con el uso de fuentes renovables, debe ser el vector de las iniciativas de electrificación en estas comunidades.

Es por el ello que desde el año 2005 el estado venezolano, a través de la Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico (FUNDELEC), ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica, viene poniendo en práctica el Programa Sembrando Luz, iniciativa con la cual se instrumenta la búsqueda de

soluciones de electrificación rural y suministro de agua potable, aprovechando los adelantos que ofrece la ciencia y la tecnología en el campo de la energía solar, eólica e hidroeléctrica. El Programa Sembrando Luz constituye la instancia técnica y social de FUNDELEC responsable de la coordinación y ejecución de proyectos en materia de energías renovables, las cuales están enmarcadas dentro del Convenio Integral de Cooperación Cuba – Venezuela; y persiguen la promoción, desarrollo y aprovechamiento de las energías renovables, en el marco de la política de diversificación y uso racional del acervo energético del país.

Sembrando luz persigue dotar de servicios básicos – electricidad y agua potable – a comunidades ubicadas en zonas aisladas, indígenas y fronterizas, mediante la instalación de tecnologías que aprovechan el acervo local de fuentes renovables disponibles en estas localidades. Asimismo promueve la inserción de esquemas alternativos no contaminantes que contribuyen con la diversificación de la matriz de producción de energía de forma racional y con equilibrio ambiental (Revista FUNDELEC, Marzo 2012)

Entre los objetivos específicos:

- Mejorar integralmente la calidad de vida de las comunidades aisladas.
- Incorporar a las comunidades en el uso y disfrute de los servicios públicos dignos.
- Fortalecer las actividades productivas de las organizaciones en las comunidades.
- Reforzar las misiones (Robinson, Barrio adentro, Ribas).
- Contribuir al éxito de los proyectos de desarrollo endógeno.

En cuanto a los proyectos que viene implementando el Programa Sembrando Luz, se mencionan a continuación:

- Instalación de sistemas fotovoltaicos en zonas aisladas, indígenas y fronterizas.
- Instalación de sistemas de potabilización y desalinización de agua.

- Instalación de sistemas híbridos (Eólicos – Fotovoltaico – Diesel)
- Mantenimiento de sistemas fotovoltaicos, potabilizadoras e híbridos.
- Estudio de factibilidad para el Desarrollo de la Industria Fotovoltaica en Venezuela.
- Proyección de la planta de recuperación de vidrio y mercurio en el reciclaje de desechos de Tecnologías Eléctricas y Electrónicas.

Desde el punto de vista de energético, el estado venezolano busca ampliar y fortalecer el servicio eléctrico, con mecanismos alternativos de electrificación que implican la incorporación de sistemas fotovoltaicos y eólicos al sistema de generación eléctrica. Además, el promedio de horas sol y la ubicación geográfica, son dos cualidades que se unen para brindar al país las condiciones óptimas para el desarrollo de la industria de los paneles solares.

Este Proyecto de FUNDELEC, bajo su programa Sembrando Luz, arrancó a mediados del 2005, cuando expertos cubanos y venezolanos iniciaron recorridos por ocho estados del país, para evaluar el potencial de energía solar y eólica de Venezuela. En esa oportunidad se determinó que cerca de 7 mil comunidades a nivel nacional necesitan del servicio eléctrico y se puso en marcha esta importante labor social con la meta de instalar 812 Sistemas Fotovoltaicos a lo largo del territorio nacional, beneficiando a las comunidades que nunca habían contado con este servicio.

Ventajas y desventajas de las energías renovables

Cinthia, Z. (2011) hace referencia a algunas ventajas en la utilización de energías renovables:

- Son limpias. Mínimo impacto ambiental
- No generan residuos difíciles de tratar, y muy pocos gases contaminantes
- Son inagotables. Utilizan recursos que no se agotan

- Son autóctonas, no hay que importarlas, con lo que disminuye la dependencia energética del país que las aplica
- Generan puestos de trabajo en todas las etapas de su sistema energético: construcción, operación y mantenimiento
- No contribuyen al cambio climático
- Los recursos primarios son gratis (por ejemplo, la radiación solar).

Cinthia, Z. (2011), también señala que existen dos grandes obstáculos en general:

- Intermitencia en la etapa de transformación de energía
- Capacidad de almacenamiento

A estas dos se le pueden agregar los costos de inversión que varían dependiendo de la situación económica y geográfica de los países interesados pero que generalmente son mayores que las energías del tipo convencional.

2.3. La Energía Solar Fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos denominados células o celdas fotovoltaicas. La expresión fotovoltaica está compuesta por dos palabras, la primera de origen griego foto que significa luz, y la segunda voltaica, que significa voltaje. Esto resume la acción de un mecanismo que transforma directamente la energía luminosa proveniente del sol, en energía eléctrica.

El potencial de las células fotovoltaicas está revolucionando la industria y el servicio energético a nivel mundial. Pero los países con mayor potencial de aprovechamiento de la energía solar son aquellos ubicados en las zonas tropicales, pues en éstos es mayor la incidencia de los rayos solares (Caraballo, D. 2010). Entre los años 2001 y 2012 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica, doblándose aproximadamente cada dos años. Si esta

tendencia continúa, la energía fotovoltaica cubriría el 10% del consumo energético mundial en 2018, alcanzando una producción aproximada de 2.200 TWh, y podría llegar a proporcionar el 100% de las necesidades energéticas actuales en torno al año 2027.

A finales de 2012, se habían instalado en todo el mundo más de 100 GW de potencia fotovoltaica. Gracias a ello la energía solar fotovoltaica es actualmente, después de las energías hidroeléctrica y eólica, la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, y supone ya una fracción significativa del mix eléctrico en la Unión Europea, cubriendo de media el 3-5% de la demanda y hasta el 10% en los períodos de mayor producción, en países como Alemania, Italia o España (Fundación Wikimedia, Julio 2013).

Celdas o Células Fotovoltaicas

Las celdas solares fotovoltaicas son dispositivos que convierten la luz solar directamente en electricidad. Las celdas solares están compuestas de 2 delgadas láminas de material semiconductor, principalmente silicio (tipo P y tipo N), están unidas a contactos de metal para completar el circuito eléctrico, y encapsuladas en vidrio o plástico. Los materiales semiconductores, para su utilización en celdas fotovoltaicas, han de ser producidos en purezas muy altas, normalmente con estructura cristalina, con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como materia prima la radiación solar (Caraballo, D. 2010).

El funcionamiento de la celda solar está basado en el fenómeno físico denominado efecto fotovoltaico: “cuando fotones de la radiación solar chocan con los átomos de la superficie del material semiconductor, éstos liberan energía produciendo un desplazamiento de electrones, que es en definitiva una corriente eléctrica”.

Sistemas Fotovoltaicos

Se le llama sistema fotovoltaico al conjunto de elementos, debidamente acoplados (Figura 4.), que permiten utilizar la energía eléctrica obtenida por conversión de la energía solar mediante las células o celdas solares, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga. La carga eléctrica determina el tipo de componentes que deberán utilizarse en el sistema.



Figura 4: Esquema de un Sistema Fotovoltaico (Fuente: Caraballo, D. 2010)

Para efectos de este estudio, se tomará como referencia los Sistemas Fotovoltaicos que son instalados por el programa Sembrando Luz. La potencia suministrada por estos Sistemas Fotovoltaicos es de 1200 Wp de electricidad, lo cual permite garantizar el suministro eléctrico de una carga pequeña que se adaptada a las necesidades básicas de por ejemplo una escuela o un ambulatorio de este tipo de comunidades aisladas, pues, fueron diseñados para soportar cargas de tipo rural. Sin embargo, es factible diseñar un sistema de mayor potencia si el tamaño de la población lo amerita, siempre que sea para su desarrollo endógeno y sustentable.

Estos constan principalmente de los siguientes elementos: Módulos Solares Fotovoltaicos, baterías, regulador, convertidor DC/AC, estructura soporte, cables y accesorios eléctricos.

Módulos Solares Fotovoltaicos

El módulo solar fotovoltaico está compuesto por celdas solares individuales conectadas en serie. Este tipo de conexión permite adicionar tensiones (voltajes). El módulo fotovoltaico (Fv) es el conjunto más básico de celdas Fv, y en general pueden incluir desde menos de una docena hasta cerca de 100 celdas. El panel Fv comprende grupos de módulos, mientras que el arreglo Fv es la combinación de módulos conectados en serie y/o paralelo para fijar valores determinados de corriente y voltaje. Están cubiertos de vidrio templado transparente que permite pasar la radiación solar y ayuda a minimizar la pérdida de calor.

El número de módulos Fv, depende de la energía a acumular para satisfacer la demanda de las cargas, y el tiempo que se requiera para este proceso. Los Sistemas Fotovoltaicos que son instalados por FUNDELEC, generalmente están constituidos por 8 módulos de 150 Wp cada uno, que generan 1200 Wp por hora, con lo que se supe en forma segura y confiable una carga de 750 Wp. sin embargo, actualmente se están instalando equipos para la electrificación de viviendas con arreglos de 4 módulos de 175 Wp. para una salida de 1100 W; así como también equipos de 3840 Wp de generación, para objetivos sociales que posean mayores requerimientos eléctricos.

Baterías

Dado que la incidencia de luz solar no está disponible 24 horas, se requiere de un banco de baterías para almacenar la energía producida por los paneles durante los periodos soleados, las cuales permitirán disponer de corriente eléctrica abastecer las cargas durante la noche o en días de baja insolación.

Además de su capacidad de almacenamiento, las baterías comerciales proveen información acerca de su estado de carga, referido a la relación porcentual entre la capacidad disponible y la total, su profundidad de descarga, que es la relación entre la capacidad útil y la total, y el ciclaje que es la cantidad de procesos cíclicos de carga y

descarga que pueden determinar la vida útil del acumulador. Las baterías deben ubicarse en un lugar cerrado, evitando su exposición al sol.

Regulador

El proceso de carga de las baterías se controla mediante un dispositivo electrónico llamado regulador, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas a éstas, que le producirían daños irreversibles. Además permite asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia, ya que cuando las baterías alcanzan su valor máximo de carga, el regulador interrumpe ese flujo de corriente, (corriente continua).

El sistema de regulación puede estar conectado en serie ó paralelo. Existen estrategias de regulación, que, según Campos (2008) citado de Cinthia, Z. 2011, explican las etapas que integran el proceso de la misma y que dependen del tipo de carga. Los reguladores modernos también posibilitan la selección del tipo de batería, el ajuste de los niveles de tensión, protección contra inversión de la polaridad y secuencia de conexión, duración de las etapas de regulación y la adquisición de datos, es decir, son gestores y supervisores del sistema en general.

Inversor

Es un equipo electrónico que transforma la corriente continua proveniente de las baterías en corriente alterna, esto se debe a que la mayoría de los artefactos eléctricos de uso diario, están diseñados para trabajar con corriente alterna. Según sea el diseño para la conexión, los inversores se pueden emplear con o sin transformador, y con potencia en rangos variados. Existen inversores guiados por red (fiables, de mayor tamaño, económicos) y los inversores auto guiados, que generan por si mismos la frecuencia de red y se sincronizan a la misma.

Estructura Soporte

En vista de los distintos accesos a las comunidades aisladas de la red eléctrica convencional, las estructuras que soportan los elementos de los Sistemas Fotovoltaicos varían su diseño de una comunidad o región a otra, debido a la geografía por la que hay que atravesar. Para darle rigidez y estabilidad a todo el sistema fotovoltaico, se han diseñado estructuras sencillas de aluminio, madera, concreto, incluso hasta en las mismos tejados de las viviendas.

Cables y accesorios eléctricos

El conjunto de todos los elementos nombrados anteriores deben estar conectados mediante un cableado que permita la ejecución limpia del circuito y a su vez los conecte con las cargas a alimentar.

Tipos de sistemas:

Los sistemas fotovoltaicos, sin importar su función específica ni la potencia que alcancen, se pueden clasificar en: aislados, que puede incluir o no baterías; conectados a red, y los híbridos, que combinan el sistema con otro tipo de generación de energía (Alcalde, 2011 citado de Cinthia, Z. 2011).

Los sistemas fotovoltaicos que viene ejecutando el Programa Sembrando Luz en la institución, se tiene:

- **Sistemas Fotovoltaicos de baja capacidad (300 Wp, 600 Wp, 1200 Wp.)**

Los sistemas fotovoltaicos de baja potencia que actualmente se están instalando, son los de 600 Wp. de capacidad; ya que fue un sistema diseñado para cubrir las necesidades energéticas de una vivienda; mientras que los sistemas de 300 Wp. son de menor capacidad y fueron instalados solo para iluminación (Ver figura 5). En cuanto a los sistemas de 1200 wp. fueron instalados inicialmente en

ambulatorios, escuelas, casas comunales y puestos militares, momento en el cual surge el Programa Sembrando Luz.

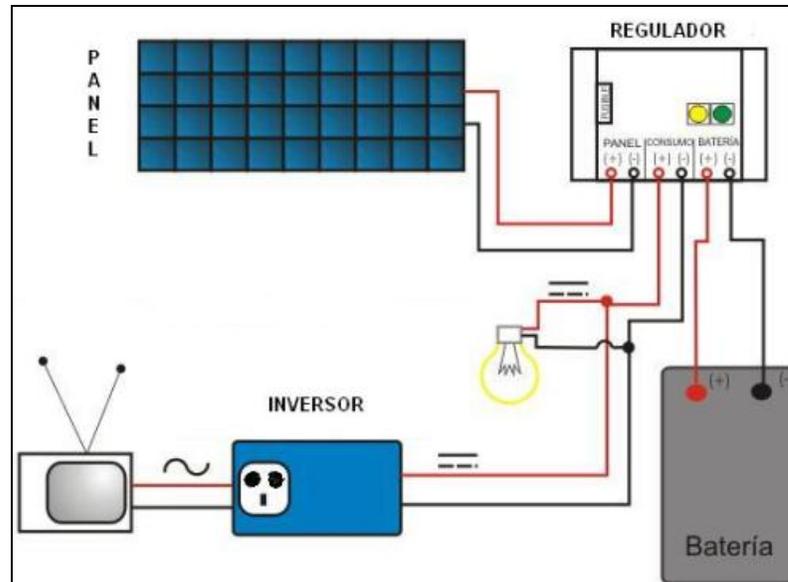


Figura 5. Diseño de un sistema fotovoltaico para una vivienda (Fuente: <http://technologysolar.blogspot.com>, Consulta, Julio 2014).

Sistemas Fotovoltaicos de mediana capacidad (3840 wp).

La ventaja que proporcionan los reguladores del fabricante Outback está relacionada con la posibilidad de trabajar hasta 150 Vdc de Voc, esto nos permite trabajar con distancias mayores entre el arreglo fotovoltaico y el banco de baterías, al mismo tiempo que podemos cargar bancos de baterías de voltajes inferiores. Es importante destacar que toda la gama de equipos de Outback nos permite brindar soluciones mucho más atractivas económicamente en el rango intermedio de potencia y con baja función de desacople solar-carga. Adicionalmente la utilización de sistemas Outback nos permite la integración de los todos los componentes optimizando sus prestaciones (Ver figura 6).

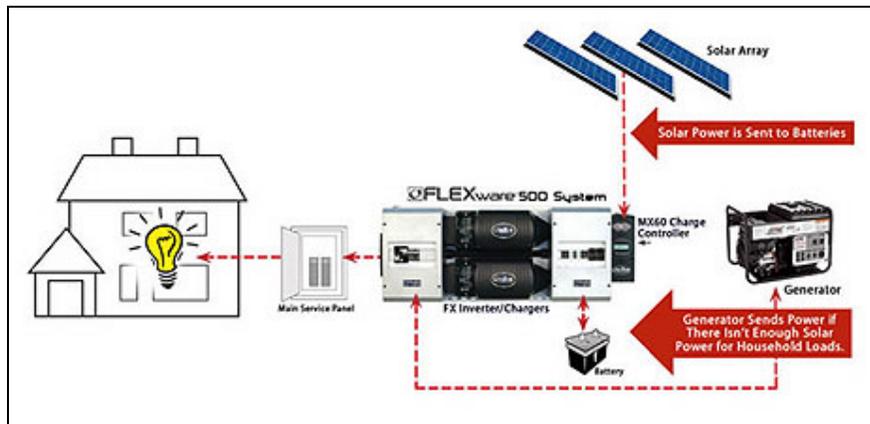


Figura 6. Sistema fotovoltaico utilizando equipos del fabricante Out Back con planta de generación como respaldo. (Fuente: <http://www.outbackpower.com>, Consulta Julio, 2014).

Sistemas Híbridos de alta capacidad (Eólicos –Fotovoltaico -Diesel):

En cuanto a los sistemas híbridos, esta tecnología está integrada por un aerogenerador de 2 y 3 palas, un conjunto de paneles fotovoltaicos y un equipo electrógeno de respaldo (Ver figura 7). Para el control y sincronización de cada uno de los componentes, se dispone de dispositivos electrónicos especiales.



Figura 7. Sistema híbrido instalado en la comunidad Los Arroyos, Estado Falcón (Fuente: Programa Sembrando Luz, Mayo 2012).

Los sistemas híbridos contemplan el uso de dos o más sistemas de generación incluyendo generadores convencionales como un diesel y de fuentes renovables como eólica, solar, hidroeléctrica, etc., con sistemas de almacenamiento, de regulación y control. Actualmente existen sistemas híbridos en los que las fuentes renovables representan un 80–90% de la capacidad, dejando al diesel sólo una función de respaldo (Cinthia, Z. 2011). La forma como está conformada un sistema híbrido por lo general es así:

- Una o más unidades de generación de fuentes renovables
- Una o más unidades de generación convencional
- Sistemas de almacenaje de tipo mecánico, electroquímico o hidráulico
- Sistemas de condicionamiento de potencia
- Sistema de regulación y control.

| SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO DIESEL | | POTENCIA | | |
|---|---|---|--|---|
| | | Aerogenerador | Sistema Fotovoltaico (Sfv) | Grupo Electrógeno (Diesel) |
| Número de Viviendas | Número de Sistemas Programados |  |  |  |
| hasta 10 viviendas | 7 | 3 kW | 3 kWp (20 módulos) | 10 kVA |
| hasta 20 viviendas | 15 | 6 kW | 6 kWp (15 módulos) | 15 kVA |
| hasta 30 viviendas | 14 | 3 kW (*) (2 aerogeneradores) | 9 kWp (20 módulos) | 20 kVA |
| hasta 40 viviendas | 12 | 6 kW (*) (2 aerogeneradores) | 12 kWp (18 módulos) | 25 kVA |

Fuente: Proyecto Sistemas Eólico-Fotovoltaico-Diesel para Venezuela. Iosvany Cabrera Martínez. La Habana, Copextel, 2007. -- (Tarea Técnica); Consulta a Ing. José C. Díaz V., julio 2010).

Figura 8. Especificaciones de un Sistema híbrido (Fuente: Revista FUNDELEC, Marzo 2012)

La potencia máxima a consumir por vivienda no debe exceder los 450 VA, con un consumo de energía diaria que no debe superar los 2 kWh/día (60 kWh/mes).

Los sistemas están diseñados para comunidades y asentamientos que presenten la cantidad de viviendas adecuadas a la capacidad de los mismos. Según la cantidad de viviendas en cada comunidad, se determinará el tipo de arreglo (eólico-fotovoltaico-diesel) a instalar (sistema híbrido). Esta tecnología tiene como ventaja ofrecer mayor seguridad en el suministro de electricidad, por aprovechar dos fuentes renovables, la radiación solar y la fuerza eólica del viento complementado con el respaldo del grupo electrógeno. Asimismo es adecuada para zonas con potencial eólico mínimo como las comunidades aisladas ubicadas al norte de los estados Anzoátegui, Falcón, Sucre y Zulia.

2.4. Aplicaciones de la energía solar

Prácticamente cualquier aplicación que necesite electricidad para funcionar puede alimentarse con un sistema fotovoltaico adecuadamente dimensionado. La única limitación es el costo del equipo y, en algunas ocasiones, el tamaño del campo de paneles. Sin embargo, en lugares remotos alejados de la red de distribución eléctrica, lo más rentable suele ser instalar energía solar fotovoltaica antes que intentar llevar la red eléctrica convencional, ya que el traslado de los paneles solares es más sencillo, y que comparado con las grandes torres de transmisión, el peso de un Sistema Fotovoltaico es mucho menor y mucho más económico que toda la gestión empleada para el desarrollo eléctrico convencional.

Es de hacer notar que, La energía fotovoltaica tiene muchísimas aplicaciones en sectores como las telecomunicaciones, automoción, náuticos, agrícola, etc. También podemos encontrar instalaciones fotovoltaicas en lugares como carreteras, ferrocarriles, plataformas petrolíferas e incluso en puentes, gaseoductos y oleoductos. Tiene tantas aplicaciones como pueda tener la electricidad. Entre las principales aplicaciones se incluyen: Electrificación de viviendas (básicamente electrificación rural), alumbrado público (iluminación de parques, calles, vallas publicitarias), aplicaciones agrícolas y de ganado (bombeo de agua, iluminación de invernaderos y granjas, refrigeración, depuración de aguas, etc), señalización y comunicaciones:

señales de altura, señalización de pistas, faros, boyas, iluminación de carreteras, repetidores de radio y televisión, telefonía móvil, etc.

La energía generada a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza básicamente para cubrir pequeños consumos eléctricos (dependiendo del tipo de sistema que se utilice), en el mismo lugar donde se produce la demanda y al igual que otras energías renovables, constituye una fuente inagotable, limpia, contribuye al autoabastecimiento energético nacional y ayuda a cumplir los compromisos adquiridos por el Protocolo de Kioto y a proteger nuestro planeta del cambio climático. Entre las muchas ventajas que implica el uso de la energía solar fotovoltaica, podemos citar las más resaltantes:

Ambientales:

No requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero o la lluvia ácida.

El Silicio, elemento base para la fabricación de las celdas fotovoltaicas, es muy abundante, no siendo necesario explotar yacimientos de forma intensiva.

El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, solo requiere una extensión de 8 metros cuadrados aproximadamente. Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los tejados de las viviendas.

Los sistemas fotovoltaicos son absolutamente silenciosos.

La repercusión sobre la vegetación es nula, y al no existir los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

Es inagotable

Se evita la realización de zanjas, canalizaciones y derechos de paso.

Socio-económicas:

Su instalación es simple.

Requiere poco mantenimiento.

Tienen una vida útil aproximadamente de 30 años.

Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad. Otro factor importante para este tipo de innovación ecológica es la autonomía proporcionada por los acumuladores de carga que utiliza, pues están diseñados para proveer el servicio hasta tres días consecutivos en donde la radiación solar no haya sido tan intensa. Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como por ejemplo los Parques Nacionales.

2.5. Bases legales

El presente trabajo de investigación se fundamenta bajo el siguiente marco legal:

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.

De acuerdo a la CRBD, en su artículo 112. (De los Derechos Económicos), el Estado garantizara la creación y justa distribución de la riqueza, así como la producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de la población, impulsando el desarrollo integral del país. Por otro lado, las ventajas que tienen los sistemas fotovoltaicos en los efectos sobre el ambiente, permite al Estado el uso y la aplicación de ellos en las comunidades, bajo el marco legal del artículo 127. (De los Derechos Ambientales), el cual señala que “*es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado.*”

Así mismo menciona que es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un

ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

Ley Orgánica del Ambiente

Establece en su artículo 1. (Disposiciones Generales) las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad, para contribuir a la seguridad y al logro del máximo bienestar de la población y al sostenimiento del planeta. De igual forma, establece las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. Así mismo, en su artículo 34. (De la Educación Ambiental), la LOA establece que se debe promover y desarrollar conocimientos en los ciudadanos, sobre educación ambiental que reflejen alternativas de solución a los problemas socio-ambientales, contribuyendo así al bienestar social.

Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico

Por su parte esta ley menciona en el capítulo I, artículo 2. (Aspectos Básicos), que el Estado velará porque todas las actividades que constituyen el servicio eléctrico se realicen bajo los principios de equilibrio económico, confiabilidad, eficiencia, calidad, equidad, solidaridad, no-discriminación y transparencia, a los fines de garantizar un suministro de electricidad al menor costo posible y con la calidad requerida por los usuarios.

Las actividades que constituyen el servicio eléctrico deberán ser realizadas considerando el uso racional y eficiente de los recursos, la utilización de fuentes alternas de energía, la debida ordenación territorial, la preservación del medio ambiente y la protección de los derechos de los usuarios.

Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía

Esta Ley tiene por objeto promover y orientar el uso racional y eficiente de la energía en los procesos de producción, generación, transformación, transporte, distribución, comercialización, así como el uso final de la energía, a fin de preservar los recursos naturales, minimizar el impacto ambiental y social, contribuir con la equidad y bienestar social, así como, con la eficiencia económica del país, mediante el establecimiento de políticas enfocadas en el uso racional y eficiente de la energía, la educación energética, la certificación de eficiencia energética y la promoción e incentivos para el uso racional y eficiente de la energía (Capítulo I, artículo 1).

Ley de Reforma de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.

En lo que respecta a esta ley, el artículo 1 resalta que El objeto de la presente Ley es “Establecer las instituciones, normas y lineamientos de las políticas, y los órganos y entes que permitan garantizar a los trabajadores y trabajadoras, condiciones de seguridad, salud y bienestar en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el ejercicio pleno de sus facultades físicas y mentales, mediante la promoción del trabajo seguro y saludable, la prevención de los accidentes de trabajo y las enfermedades ocupacionales, la reparación integral del daño sufrido y la promoción e incentivo al desarrollo de programas para la recreación, utilización del tiempo libre, descanso y turismo social.

Protocolo de kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

En cuanto al protocolo de Kyoto, el estado ratifica su voluntad de trabajar para disminuir la contaminación ambiental, específicamente la causa por los gases de los combustibles, que cada día destruye más la capa de ozono, es por ello que el uso de

energías alternativas representa una alternativa para contribuir con la no emisión de gases efecto invernadero.

Reglamento sobre Guardería Ambiental

El Reglamento sobre Guardería Ambiental, en su artículo 2, define la Guardería Ambiental como la actividad tendiente a la prevención, vigilancia, examen, control, fiscalización, sanción y represión de las acciones u omisiones que directa o indirectamente sean susceptibles de degradar el ambiente y los recursos naturales renovables, por lo que en el título II, artículo 4, De la Organización y Funciones de la Guardería Ambiental, quedó establecido que el servicio de guardería ambiental también será ejercido por los funcionarios de las Fuerzas Armadas de Cooperación.

Reglamento Parcial de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio sobre Administración y Manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales.

En relación a este reglamento, en el capítulo V, de los usos prohibidos, restringidos y permitidos, el artículo 14, señala que dentro de los parques nacionales, está restringido, la construcción de líneas eléctricas; mientras que en el capítulo VI, de las actividades prohibidas, restringidas y permitidas, en el artículo 20, las actividades restringidas en los parques nacionales y monumentos naturales son aquellas que pueden ser autorizadas siempre que no deterioren el paisaje o los recursos naturales y estén sujetas a la zonificación del área, como lo es la producción de sonidos o ruidos por parte de los visitantes, la cual sólo se podrá permitir en las zonas de recreación y de servicios y no podrá exceder de 57 decibeles (dba) a dos (2) metros de distancia de la fuente sonora, excepto desde las 9:30 pm. hasta las 5 am., lapso durante el cual estarán totalmente prohibidos los ruidos o sonidos y deberá hablarse solamente en voz baja.

Normas sobre el control de la contaminación generada por ruido

Esta norma fija los límites de ruido de inmisión máximos permisibles de una fuente sonora fija, dependiendo del horario y del tipo de zona urbana a que

corresponde el área que recibe las emisiones sonoras de la fuente en evaluación. Las fuentes de ruido de interés en este estudio, tiene que ver con la operación de la planta eléctrica en un área protegida y su afectación al personal que labora en el puesto militar como a la fauna existente en los alrededores del sitio de trabajo.

Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica

En lo que respecta a esta norma, el capítulo III, del control de las fuentes fijas de contaminación atmosférica, sección I sobre la clasificación de las fuentes, en su artículo 9, se menciona que las fuentes fijas que se someterán a la aplicación de este decreto son aquellas que corresponde a las actividades definidas por las Naciones Unidas, donde el sector eléctrico también forma parte de esa clasificación, catalogado dentro del grupo SCD, bajo el título Combustión de carbón, leña, restos vegetales y derivados del petróleo, con fines de obtención de energía. La utilización de la planta eléctrica en estudio, dada su capacidad, no se considera una fuente que requiera evaluación de la calidad del aire; sin embargo, si debe tomarse en cuenta la frecuencia de uso, por la producción de emisiones contaminantes, aunque en menor proporción pudieran modificar la calidad del aire en el área donde se encuentra ubicado el puesto militar (Área protegida).

▪ Lineamientos generales del Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2013 – 2019, Venezuela

Del mismo modo, en los Lineamientos generales en su capítulo VI numeral 3.3, señala que se debe propiciar el uso de fuentes de energías alternas, renovables ambientalmente sostenibles, incentivar la generación de fuentes alternas de energía, incrementar la generación de electricidad con energía no convencional y combustibles no hidrocarburos, aplicar fuentes alternas como complemento a las redes principales y en la electrificación de zonas aisladas.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

1. Tipo de investigación

Esta investigación consistió en implementar un Sistema de Energía Renovable Alternativo capaz de generar energía eléctrica en el puesto militar del Comando de la Guardia Nacional “Escuadrón Montado Guatopo”, ubicado en el Parque Nacional Guatopo. Contempló el desarrollo de una investigación aplicada, donde se elaboró una propuesta de un modelo operativo viable, orientado a la solución de problemas. También atiende a las características de una investigación de campo puesto que se efectuó en el lugar donde ocurrieron los fenómenos objeto de estudio, esto permitió el análisis sistemático del problema en estudio, mediante la recolección de datos para describirlos e interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos.

2. Nivel de la investigación

De acuerdo a Arias (2006), “El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno, y este puede ser exploratorio, descriptivo o explicativo” (p.23). La presente investigación se catalogó como descriptiva; ya que esta describe los fenómenos como aparecen en la actualidad. En este orden de ideas para Arias (2006), indica que la investigación descriptiva consiste en: “la caracterización de un hecho fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su comportamiento. Los resultados se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere” (p.24).

En este estudio se llevó a cabo un diagnóstico sobre las características generales del área en estudio, un análisis del potencial energético del lugar, descripción del procedimiento para la selección del sistema de energía renovable más apropiado a las exigencias energéticas del puesto militar, detalle de los componentes del equipo a utilizar y explicación detallada del procedimiento para la recolección de datos, necesarios para llevar a cabo la elaboración del diseño e instalación del equipo.

3. Diseño de la investigación

En este punto es necesario manifestar que se realizó un diseño de campo, bajo la modalidad de proyecto factible, puesto que consistió en la elaboración de una propuesta o modelo para solucionar un problema, el cual es definido por la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006), en su Manual de Presentación de Trabajos de Grado como "...la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales..." (p.21).

Seguidamente Se realizó un estudio bibliográfico para señalar antecedentes relacionados con este trabajo de investigación; así como también marco teórico, registro de la información de las variables relevantes, descripción de componentes ambientales del objeto en estudio, siendo necesario consultar recursos bibliográficos tanto en formato digital como en forma impresa.

Se trabajó en el ambiente natural en que conviven los funcionarios del puesto militar y las fuentes consultadas, quienes aportaron información relevante para el desarrollo de los distintos objetivos planteados. Se realizó un diagnóstico sobre la situación energética del puesto militar, a través de instrumentos de investigación de aplicación directa en el escenario donde sucedieron los hechos, haciéndose visitas constantes, y comparaciones para facilitar la comprensión del material documentado.

Se utilizó información de la estación climatológica más cercana al Parque Nacional Guatopo, esta última para la recolección de datos climatológicos de interés para el análisis del potencial energético de la zona y selección del sistema de energía

renovable que mejor se adapte a esta zona y que pueda cubrir los requerimientos energéticos del puesto militar.

La presente investigación estuvo orientada bajo un proceso que consistió en la recolección, tratamiento, análisis y presentación de resultados, para lo cual se levantó la información mediante la aplicación de diversas técnicas de recolección de datos que van desde la observación directa hasta la aplicación de entrevistas directas con el personal que labora en este puesto militar, donde se observó la situación energética para la fecha en estudio.

Para responder el problema planteado, la investigación fué dividida por fases, y se aplicó la metodología propuesta por la Unidad de Planificación de Gestión de la Energía de CORPOELEC, elaborada por Gedler, L. y Rangel J. (2013), adaptada a nuestro estudio, por tratarse de un puesto militar y no una comunidad, tal y como muestra en la figura 9:

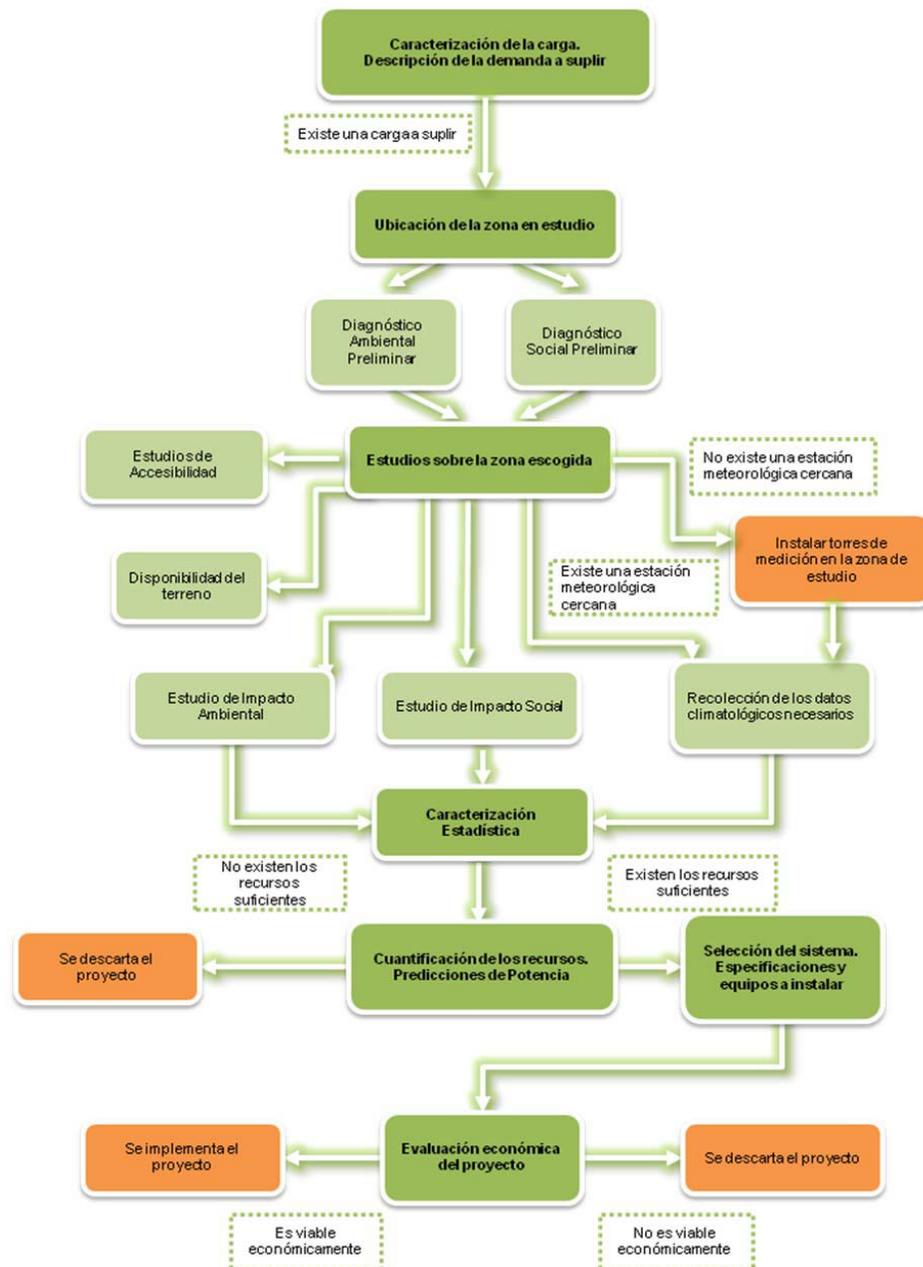


Figura 9. Metodología empleada por Gedler, L. y Rangel J. (2013).

Cabe destacar que Gedler, L. y Rangel J. (2013), consideran que un proyecto se implementa cuando es viable económicamente; no obstante para el Programa Sembrando Luz, este programa se implementa cuando es viable técnicamente, porque más allá del costo lo importante es llevar el beneficio de la energía eléctrica a todo los venezolanos que se encuentran en zonas aisladas y que no cuentan con este servicio,

cuyo objetivo busca elevar su calidad de vida, contribuir con el desarrollo económico, productivo y social de estas comunidades; promoviendo nuevos esquemas de energización que favorecen el aprovechamiento de las fuentes renovables y la protección al medio ambiente.

Este sistema permite al investigador obtener información sobre el sistema y la instalación de un sistema de energía renovable en una comunidad específica está precedida por una serie de actividades de abordaje y diagnóstico del asentamiento poblacional potencialmente beneficiado.

El cumplimiento de una serie de criterios de priorización (distancia mínima del tendido de electricidad, presencia de misiones, potencial productivo y existencia de áreas protegidas) y los resultados del diagnóstico (en el que se analizan variables sociales y técnicas) elaborado por técnicos del Programa Sembrando Luz determinan la factibilidad de implantación de un sistema (fotovoltaico, de potabilización y desalinización, o híbrido); sin embargo, en nuestro caso, la metodología estuvo enfocada en abordar un área específica como lo fue un puesto militar ubicado en un área protegida.

FASE I: Diagnóstico de la situación energética en el Comando de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado Guatopo", Sector Los Alpes, Parque Nacional Guatopo".

Parque Nacional Guatopo

En primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica sobre el Parque Nacional Guatopo, en lo que respecta a ámbito geográfico, medio físico, medio biótico y amenazas a la que se encuentra expuesto el parque. Esta información fue reforzada, a través de la observación directa durante el recorrido realizado dentro del parque, complementada con la información suministrada por el personal que trabaja en el puesto militar .

En segundo lugar se realizó una descripción de los servicios básicos (transporte, vialidad, agua, cloacas, aseo urbano) y la presencia de instituciones que hacen vida dentro del parque, para lo cual se llevó cabo un recorrido por el área en estudio para observar directamente la presencia o no de estos servicios, así como de las instituciones que realizan diversas funciones dentro del parque, se muestran fotografías donde se destaca cada elemento.

En tercer lugar, se evaluó el potencial energético de la zona para estudiar la disponibilidad y variabilidad de recursos energéticos durante un periodo de tiempo, donde se estudió el comportamiento de variables climatológicas determinantes para evaluar el:

- Potencial de energía solar
- Potencial de energía eólico
- Potencial de energía Hidráulica

Uno de los factores más importantes para seleccionar la tecnología, es determinar la abundancia e intensidad con que se dispone de los recursos naturales. Es importante determinar la frecuencia de ocurrencia de cada tipo de recurso, para evaluar la calidad y seguridad con que se dispone de dichas fuentes energéticas. Deben recolectarse registros de velocidad, dirección predominante y frecuencia de los vientos, radiación solar, insolación, caudales de las corrientes de agua, saltos, precipitación, temperatura y presión. Para obtener esta información hidrometeorológica, es necesario realizar las mediciones directamente en el sitio donde se desea implementar el sistema, o ubicar las estaciones meteorológicas que existan en la zona o en un lugar cercano.

Para este caso, se realizó una revisión de la base de datos climáticos de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) más cercanas al sitio de interés, que para este caso correspondió a la estación meteorológica Taguaza – La Corona, ubicada en el Parque Nacional

Guatopo, cuyas coordenadas geográficas son: $10^{\circ}10'N$ y $66^{\circ}28'O$, Altura 137 m.s.n.m, codificada bajo el serial 1588, tipo C2.

Otra estación climatológica que fué consultada fue la estación Tapipa-Padrón (convencional y automática), por estar ubicada en el Campo experimental Padrón, calle El Placer, Caucagua, Municipio Acevedo del Estado Miranda. Su ubicación geográfica queda determinada por las coordenadas: Latitud $10^{\circ}13'14''$ N, Longitud $66^{\circ}17'57''$ W. Altitud 38msnm.

Cabe destacar que, la base de datos de la Agencia de Administración Espacial NASA , fue considerada puesto que establece promedios de distintas variables climatológicas, con registros de 22 años de medición, tomados entre el año 1983 hasta el año 2005, para lo cual se consultaron promedios para una latitud de 10 grados y una longitud de 66 grados, coordenadas correspondiente a la ubicación del puesto militar.

En este orden de ideas, para determinar el potencial de energía solar de la zona, los esfuerzos iniciales se concentraron en identificar los parámetros climatológicos de sol registrados por las estaciones climatológicas antes mencionadas. Este proceso consistió en las siguientes actividades: inventario de registros climatológicos, procesamiento de la información para obtener la media anual, representación gráfica, análisis del comportamiento de las variables, interpretación.

Análisis de los parámetros climatológicos

Para estudiar la factibilidad de instalar sistemas de energías renovables, se recurrió al análisis de los datos de radiación solar, insolación, temperatura y precipitación. Una vez obtenida la información meteorológica se elaboraron las respectivas curvas promediadas. Con estos datos se construyó lo siguiente:

Radiación solar

Curva de radiación solar media.

Curva de insolación promedio mensual (Para la elaboración de estas curvas se utilizaron datos registrados por la estación climatológica Tapipa Padrón y la Agencia de Administración Espacial NASA).

Curvas comparativas de insolación (Estación climatológica de Tapipa Padrón vs Agencia de Administración Espacial (NASA)).

Curva comparativa media de Radiación solar vs Insolación.

Se consultó la revista Sembrando Luz, publicada por FUNDELEC (2012) para observar el mapa donde se define el potencial de Fuentes renovables en Venezuela.

Temperatura

Curva comparativa de temperatura media mensual, registrado por la estación climatológica Taguaza y la NASA.

Comportamiento eléctrico de un módulo al variar la temperatura, según Villanueva, T. (2004).

Precipitación

Curva comparativa de precipitación mensual, registrado por la estación climatológica Taguaza y la NASA.

Viento

Para describir las variaciones del viento, se construyó una curva promedio anual de la velocidad del viento, a partir de los datos obtenidos de la estación meteorológica Taguaza – La Corona, ubicada en el Parque Nacional Guatopo, existiendo un registro del año 1963 hasta el año 1972, medido a 2 metros de altura. Así mismo se pudo construir la curva de variación anual de la velocidad media del

año 1971-1972. Por no contarse con suficiente información disponible en cuanto a intensidad y frecuencia del recurso eólico, no se pudo construir la curva de distribución de frecuencia de las velocidades de viento, distribución de frecuencia de las direcciones de viento, rosa de los vientos, número total de horas con vientos útiles, períodos de calma y representaciones analíticas (Distribución de Weibull).

Se aplicó la escala de Griggs-Putnam para realizar un análisis cualitativo del recurso eólico, observando la vegetación del área, tal como se observa en la siguiente figura 11:

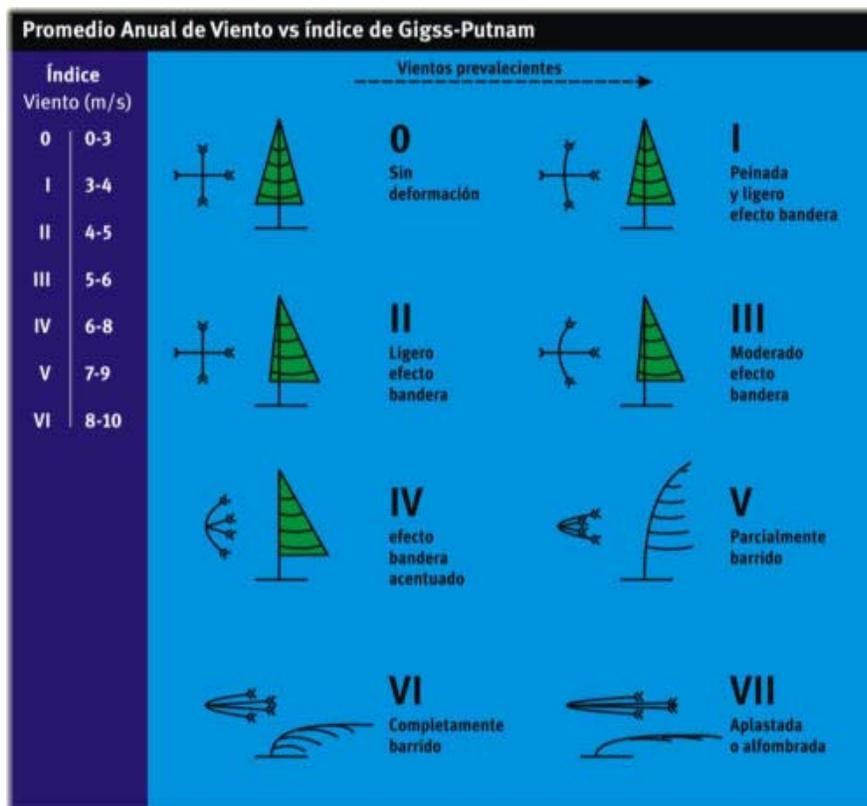


Figura 11. Índice de deformidad (“flagging”) de Griggs-Putnam (Fuente: Bridgewater, Gill y Allan, 2009)

Análisis de los datos de caudal

Para determinar el potencial de energía hidráulico, fue necesario identificar los recursos hídricos disponibles en el lugar y cuantificación del mismo. Se consultó

el Reglamento Parcial de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio sobre Administración y Manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales, así como también registro histórico de mediciones de caudal en los diferentes embalses adyacentes al puesto militar.

Análisis del Sistema Eléctrico Nacional

Se estudió la posibilidad de ampliar el tendido eléctrico de la red convencional hasta el puesto militar y sus implicaciones, partiendo de las tres fuentes de abastecimiento de energía eléctrica cercanos al puesto militar, se midió la distancia entre puntos.

Servicios básicos

Se evidencio la presencia o no de servicios básicos en el puesto militar.

Análisis del impacto medio ambiental

Se realizó un análisis sobre la implicación que tiene ampliar la red de energía eléctrica hasta el puesto militar, así como ejecutar proyectos de energías renovables, específicamente la instalación de sistemas fotovoltaicos o sistemas híbrido.

🚩 Comando de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado Guatopo"

Se realizó una descripción general del puesto militar, en donde se definió:

- Ubicación
- Misión
- Visión
- Actividades que desempeña el personal de trabajo (Funciones)
- Organización actual

- Características de la infraestructura
- Situación energética

Para obtener información de los aspectos antes mencionados se estableció una reunión con el personal de guardia, para la facilitación de la información y su participación en el momento que se realizó la inspección. Se procedió a realizar un recorrido por todas las instalaciones del comando, para identificar los diferentes espacios que conforma el puesto militar; al mismo tiempo se identificaron los artefactos electrodomésticos presente en cada área, observando cantidad y potencial nominal de cada uno. Finalmente, se observaron las fuentes de abastecimiento de energía eléctrica existentes en el comando, procediéndose a tomar fotografías, antes y durante su funcionamiento. Se realizó un análisis económico ambiental.

Para analizar la situación energética, se realizó un estudio de cargas, en donde se levantó un inventario de todos los equipos electrodomésticos que utilizan en cada área del puesto militar, para de esta manera conocer la demanda eléctrica diaria actual y el consumo horario, expresado en kW/hora/día y posteriormente se representó gráficamente, la demanda eléctrica horaria.

Se utilizó un formato diseñado en una hoja d cálculo Excel, donde se especificó lo siguiente:

Tabla 1. Formato para calcular la demanda eléctrica.

| AREA | NOMBRE EQUIPO ELECTRICO | CANTIDAD | POTENCIA (W) | POTENCIAL TOTAL (W) | HORAS USO (Dia) | LAPSO DE TIEMPO | ENERGIA (W/h) | ENERGIA (kw/H/Dia) |
|--------|-------------------------|----------|--------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------------|
| Area 1 | | | | | | | | |
| Area 2 | | | | | | | | |
| Area 3 | | | | | | | | |
| Area 4 | | | | | | | | |
| Area 5 | | | | | | | | |
| Area 6 | | | | | | | | |
| Area 7 | | | | | | | | |
| Area 8 | | | | | | | | |

Con esta información se realizaron cálculos matemáticos para su posterior análisis. Fue necesario realizar cálculos de la demanda eléctrica proyectada, dado que existen otras áreas en el puesto militar que están en construcción y que posteriormente, ese consumo se incorporara a la demanda eléctrica actual. Tienen

proyectado utilizar equipos de comunicación, ventilación, refrigeración e iluminación.

Se observaron evidencias de contaminación en el área donde se encuentra la planta de generación, causada por derrame de aceites, se tomaron fotografías.

El levantamiento de las coordenadas UTM se llevó a cabo, empleando como principal instrumento de investigación, un Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en inglés G.P.S (Global Positioning System).

Se consideró la metodología empleada por el *Programa Sembrando Luz* – FUNDELEC para la ejecución del proyecto, tal y como se muestra en la figura 11.

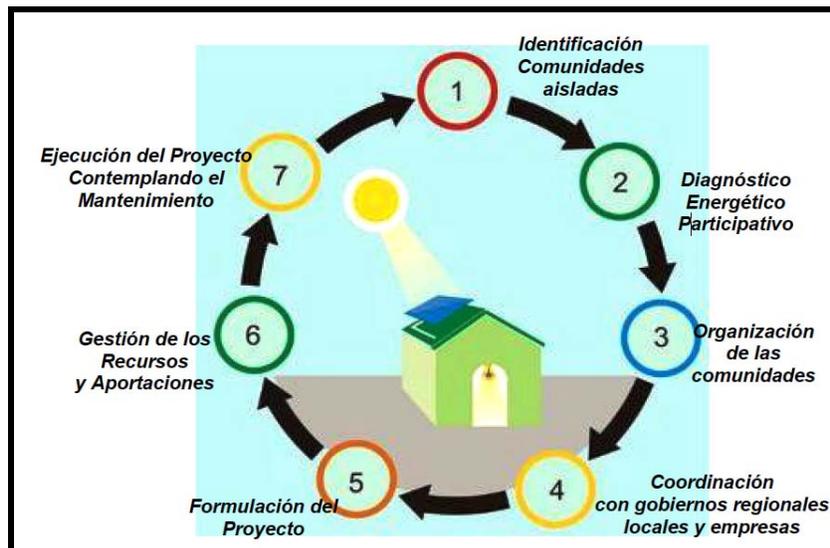


Figura 11. Metodología del Programa Sembrando Luz (Fuente: Presentación en ppt elaborada por el Ing. Jesús Marrero, Sembrando Luz. FUNDELEC. Caracas: 2007).

FASE II: Selección del sistema adecuado para la zona de estudio.

En esta fase, para realizar la selección del tipo de sistema a emplear fue necesario en primer lugar seleccionar el potencial ideal de la zona para luego seleccionar el tipo de sistema de energía renovable que pudiera funcionar

adecuadamente a ese recurso energético disponible, para ello se utilizó la metodología recomendada por Gedler, L. y Rangel J. (2013), el cual proponen una manera de determinar, de forma rápida y preliminar, cual es el sistema a instalar para una región específica, mediante un cuadro de características típicas de la región.

Ahora bien, con el propósito de determinar los escenarios probables de aplicación ellos describen las características principales de cada zona, variando las condiciones de viento, radiación solar y potencial hidráulico, a fin de ser utilizado como una guía rápida. Considerándose como valores referenciales, velocidad de viento mayor a 4 m/s., radiación solar superior a 4kwh/m², caudales sobre los 500 l/s y saltos mayores a 30 m.

Escenario 1

Se utilizó para la el escenario 1 , Zona con buen viento, con velocidades promedio mayores a 4 m/s. durante más del 75% de las horas del año. Radiación solar promedio anual menor a 4 kwh/m². No existen corrientes de agua en las cercanías de la zona. El viento sopla con regularidad la mayor parte del año. La distancia de la zona al punto de conexión a la red más cercana, con capacidad libre suficiente para cubrir esta carga, es un valor L mayor al L_{mín}. Posibles zonas con estas características en el país: Franja central del país, Norte del Estado Zulia, Guárico, Cojedes, Anzoátegui.

Escenario 2

Para el escenario 2 , se utilizó la Zona con vientos de velocidades promedio inferiores a los 4m/s. Radiación solar mayor a 4 kwh/m²*día la mayor parte del año, con ligeras variaciones entre un mes y otro. Corriente de agua cercana de caudal inferior a los 500 l/s y salto menor a 30 m. La distancia de la zona al punto de conexión a la red más cercana, con capacidad libre suficiente para cubrir esta carga, es un valor L mayor al L_{mín}. Posibles zonas con estas características en el país:

Región este del estado Zulia, parte de Cojedes, Portuguesa, Guárico, Monagas, región Sur-Este del Estado Bolívar.

Escenario 3

Para el escenario 3, la Zona con vientos de velocidades mayores a 4m/s. solo unos meses al año, el resto del tiempo velocidades muy bajas. Radiación solar promedio anual baja, mucho menor a 4kwh/m². Cercanía de zona montañosa con corrientes de agua que presentan caudales bastante regulares mayor a 500 l/s, la mayor parte del año y saltos superiores a 30 m. La distancia de la zona al punto de conexión a la red más cercana, con capacidad libre suficiente para cubrir esta carga, es un valor L mayor al L mín. Posibles zonas con estas características en el país: Amazonas, Delta Amacuro, Bolívar y parte del Estado Apure.

Escenario 4

El escenario 4, se tomó una Zona con vientos de velocidades promedio inferiores a los 4m/s. gran parte del año. Radiación anual promedio mayor a 4kwh/m² cerca del 70% del año. Corriente de agua cercana con buen caudal debido a las lluvias que se producen en ciertos meses del año, en los cuales la radiación solar suele ser baja, mayor a 500 l/s y saltos de más de 30m. La distancia de la zona al punto de conexión a la red más cercana, con capacidad libre suficiente para cubrir esta carga, es un valor L mayor al Lmín. Posibles zonas con estas características en el país: Apure, Región central del Estado Bolívar, Monagas.

Escenario 5

Zona con buen viento, fue tomado para el escenario 5 velocidades promedio muy superiores a los 4m/s. el 80% del año aproximadamente. El resto del año vientos muy fuertes, superiores a los 25m/seg. Corriente de agua con buen caudal gran parte del año, más de 500 l/s y saltos de 30 m. Radiación solar anual promedio baja, menor

a 4 kwh/m². La distancia de la zona al punto de conexión a la red más cercana, con capacidad libre suficiente para cubrir esta carga, es un valor L mayor al L_{mín}. Posibles zonas con estas características en el país: la zona con vientos de estas velocidades se encuentra en la región de la Península de Paraguaná, sin embargo, la radiación anual promedio no es tan baja y al parecer no hay grandes corrientes de agua en las cercanías.

Escenario 6

Hacia una Zona con vientos de velocidad promedio superior a los 4m/s. el 60% del año. Fue el escenario 6 Radiación solar anual mayor a 4 kwh/m²*día gran parte del año. No existen corrientes de agua cercanas. La distancia de la zona al punto de conexión a la red más cercana, con capacidad libre suficiente para cubrir esta carga, es un valor L mayor al L_{mín}. Posibles zonas con estas características en el país: Región Insular y Norte- Costera, Sucre, Falcón, Norte de Yaracuy y Maracay.

Todos estos escenarios y sus características se presentan en forma resumida en la Tabla 2:

Tabla 2. Tipo de sistema preliminar por escenario.

| Escenario | Potencia del viento | Radiación Solar | Potencial Hidráulico | Tipo de sistema preliminar |
|-----------|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | Alta | Baja | Bajo | Eólico |
| 2 | Media | Alta | Bajo | Solar |
| 3 | Media | Baja | Alto | Minihidro |
| 4 | Baja | Alta | Alto | Solar – Minihidro |
| 5 | Muy alto | Baja | Alto | Eólico – Minihidro |
| 6 | Alta | Alta | Bajo | Solar – Eólico |

Fuente: Gedler, L. y Rangel J. (2013)

Posteriormente, en base a la oferta de los recursos energéticos existentes en el área geográfica en estudio y a los resultados obtenidos de los cálculos realizados de la demanda de energía actual y proyectada, requerida por el puesto militar para satisfacer sus necesidades energéticas, fueron comparados para conocer la relación oferta-demanda, a través de un análisis técnico del potencial de la energía solar,

eólica e hidroeléctrica, con el propósito de seleccionar el mejor recurso, en función de su estabilidad, cantidad y frecuencia en el año.

Luego de evaluar el potencial del área en estudio se procedió a seleccionar el sistema de energía renovable que mejor se adapte a las características de la zona y satisfaga las necesidades energéticas del puesto militar. Una vez seleccionado el tipo de sistema a utilizar, solar o eólico, se procedió a realizar una reunión con la Coordinación de la Región Central del Programa Sembrando Luz - FUNDELEC (sede Caracas) con el propósito de analizar los resultados obtenidos en la fase I y de esta manera tomar una decisión en consenso para la selección del sistema, en función de los tipos de equipos que maneja la institución, según la clasificación interna de los sistemas de energización por fuentes renovables que maneja la Fundación (Se presentó muestra fotográfica de los tipos de sistemas).

FASE III: Diseñar el sistema de energía renovable seleccionado, a partir del procesamiento de los datos obtenidos en la fase II.

Una vez seleccionado el tipo de sistema de energía renovable más apropiado para la electrificación del puesto militar, se procedió a realizar los respectivos cálculos utilizando en programa **FV – Expert**, por ser una herramienta de gran utilidad para el análisis, el cálculo y el dimensionado básico de instalaciones fotovoltaicas, tanto autónomas como conectadas a red.

El diseño del sistema se realizó teniendo en cuenta las características de la demanda eléctrica que debe ser satisfecha y los otros objetivos perseguidos con la electrificación del puesto militar; así como también consideraciones preliminares que se deben tomar en cuenta al momento de realizar la instalación y puesta en marcha del equipo.

Otro aspecto considerado fueron las directrices que están establecidas en las Norma para Sistemas Solares Domésticos (SHS), el cual es una propuesta de Norma Universal para la instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos, destinados a proveer energía eléctrica a pequeñas cargas, principalmente iluminación,

radio/cassettes y televisión, norma creada por la Dirección General de Energía (DG XVII), a través del programa Thermie-B de la Comisión Europea.

Fase IV. Instalación del Sistema de Energía Renovable Alternativo en el Comando de la Guardia Nacional, puesta en marcha del equipo y monitoreo durante su funcionamiento

Una vez diseñado el sistema de energía renovable, en función del aprovechamiento del recurso energético más predominante en la zona y su capacidad de satisfacer las necesidades energéticas del objeto en estudio, se procedió a canalizar con la coordinación del Programa Sembrando Luz, Región Central y la Coordinación Nacional, Sede Caracas, los trámites administrativos a realizarse para la aprobación del proyecto y movilización de los componentes del equipo, almacenados en el almacén, Morón, hasta el puesto militar.

Se definió con el Comandante responsable del puesto militar la estrategia de ejecución del proyecto, con la participación del personal que trabaja en el puesto militar. Dentro del procedimiento realizado por el equipo encargado de realizar la instalación se procedió con la ejecución de las siguientes actividades:

- Ubicación de un punto estratégico, donde se aproveche al máximo los recursos locales de la zona, sin afectar el ambiente.
- Adquisición de materiales eléctricos, materiales de construcción, herramientas.
- Ensamblaje del sistema de energía renovable alternativo.
- Instalación de estructuras, componentes del equipo, conexiones eléctricas, acometida eléctrica, etc.
- Aterramiento del sistema.
- Puesta en marcha del sistema.
- Programación del equipo.
- Medición de los parámetros de trabajo
- Monitoreo del equipo.

- Identificación y capacitación de los operadores comunitarios.
- Entrega del instructivo de uso.
- Identificación en el panel de control.
- Concientizar a todo el personal sobre los beneficios de este tipo de tecnología (bondades y limitaciones) y la importancia de garantizar su buen funcionamiento en el puesto militar.
- Discusión de la Ley de uso racional y eficiente de la energía.

4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó una serie de instrumentos y técnicas necesarias para la resolución de los objetivos planteados en la investigación. Según Arias (2.006), “Se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información. Son ejemplos de técnica: la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, y el análisis de contenido”. (p.67).

En nuestra investigación se utilizó la observación directa, que de acuerdo a Arias (2006), “Es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetos de investigación preestablecidos”. (p.69). Técnica que permitió tener una clara visión general de las características ambientales, climatológicas y estructurales del área en estudio, funcionamiento de la planta de generación eléctrica antes de la instalación del sistema de energía renovable alternativo, funcionamiento de este una vez implementado y monitoreo del equipo puesta en marcha, y conseguir los datos de campo requeridos para la resolución de la investigación.

Otra técnica que se utilizó en esta investigación, fue la entrevista, que según Arias (2.006), “Se define como una técnica basada en el dialogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado, acerca de un tema previamente

determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida”. (p.73). Dentro de la clasificación de la entrevista, para este trabajo se empleó la entrevista no estructurada, que tal como lo define Sabino (1992), “En modo general, una entrevista no estructurada o no formalizada es aquella en que existe un margen más o menos de libertad para formular preguntas y respuestas”. (p.118).

Esta técnica permitió una interacción pertinente entre el autor y el personal que labora en el puesto militar, donde se obtuvieron datos importantes causas y consecuencias sobre la puesta en marcha de la planta de generación eléctrica, características de los equipos electrodomésticos en uso, distribución de las áreas del comando, información sobre las funciones y áreas estratégicas del puesto militar; así como también la identificación del volumen de trabajadores que en él participan.

La revisión documental, fue otra técnica en la que se apoyó la presente investigación, la cual define Arias (2.006): “Como 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. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos”.

Esta técnica se utilizó para la recolección de información por medio de la revisión de material bibliográfico de interés para el desarrollo del presente proyecto.

A continuación, la tabla 3 presenta las técnicas de recolección de datos utilizados en el presente trabajo de investigación, junto con los instrumentos correspondientes.

Tabla 3. Técnicas de Recolección de Datos e Instrumentos a utilizar.

| TÉCNICAS | INSTRUMENTO |
|-------------------------|--|
| Observación Directa | Lista de chequeo, cámara fotográfica, diario de campo |
| Relaciones Individuales | Entrevista no estructurada distribuida en varias sesiones (Reuniones). |
| Análisis documental y | Cuaderno de notas, fichas, laptop, informes técnicos, |

| | |
|------------------------|---|
| técnicas operacionales | Manual de instalaciones de sistemas fotovoltaicos, Legislación y normativa vigente |
|------------------------|---|

5. Procesamiento e interpretación de datos

Para dar respuesta a los objetivos propuestos en este trabajo de investigación se realizó un análisis de la información recopilada, haciendo énfasis en las características que describen la zona en estudio. Se realizaron cálculos matemáticos, en lo que respecta al determinación de la demanda eléctrica actual y proyectada del puesto militar, representación gráfica de las variables climáticas, del mismo modo se procedió a realizar cálculos utilizando el programa FV- Expert para el diseño del equipo. Con los resultados obtenidos se procedió a su análisis y discusión para dar respuesta a los objetivos planteados en la investigación.

CAPITULO IV

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los resultados de este estudio, se efectuaron a partir del procesamiento de la información aportada por las instituciones involucradas y los informantes claves entrevistados en las diferentes reuniones realizadas en el puesto militar; así como de la consulta realizada a los diferentes trabajos de investigación relacionados con el tema. Se utilizaron instrumentos de recolección de datos diseñados para obtener información significativa, necesaria para cumplir con los objetivos específicos establecidos en este estudio. Se tomó en cuenta la metodología implementada por el Programa Sembrando Luz para la electrificación de comunidades aisladas, adecuándola a los puestos militares, el cual incluyó procesos de identificación, diagnóstico, organización, coordinación con gobiernos locales, formulación del proyecto, gestión de los recursos y ejecución del mismo.

Cabe destacar que el procesamiento de la información obtenida en el estudio de campo, se analizó desde la perspectiva del paradigma cualitativo, principalmente en la fase I, a partir de la cual se logró establecer la caracterización de los recursos naturales y culturales existentes en el área geográfica objeto de estudio, información que sirvió de referencia para conocer las condiciones de la zona en estudio y su potencial energético para ser aprovechado en la electrificación del puesto militar.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las diferentes fases de este trabajo de investigación, con su respectivo análisis:

FASE I: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL ENERGÉTICA EN EL COMANDO DE LA GUARDIA NACIONAL "ESCUADRÓN MONTADO GUATOPO", SECTOR LOS ALPES, PARQUE NACIONAL GUATOPO".

La información obtenida en la visita de campo, y en las entrevistas realizadas a los guarda parques y personal del puesto militar; fué corroborada con la observación de los recursos naturales existentes en esta área, complementada con el trabajo realizado por Rodolfo Castillo y Cesar Aponte en el año 2004 sobre el Parque Nacional Guatopo, y “Estudio General Parque Nacional Guatopo” de José Gregorio Alvarado, disponible on line www.parkswatch.org y en la Dirección General Sectorial de Parques Nacionales (INPARQUES) respectivamente; lográndose identificar los recursos naturales del parque objeto de estudio, los cuales se describen a continuación:

- **Ubicación:**

El Parque Nacional Guatopo se encuentra ubicado en la Serranía del Interior de la Cordillera de la Costa Central, entre los estados Miranda y Guárico al sur de Caracas, tal y como se observa en la figura 11. Limita por el norte con la porción media de la Cordillera de la Costa y con la Llanura de Barlovento, por el sur con el Piedemonte Llanero. Por el este limita con la continuación de la Serranía del Interior y por el oeste con la continuación de la misma Serranía y con los Valles del Tuy. Comprende una superficie de aproximadamente 122.464 ha y presenta un relieve accidentado de pendientes abruptas con alturas que van desde los 200 hasta los 1.430 m en el Cerro Azul, su mayor elevación, estando la mayor parte de sus tierras entre los 200 y 600 m (MARNR 1992, Yerena 1985 citado de Rodolfo C. y Cesar Aponte, 2004).



Figura 12. Mapa de ubicación del Parque Nacional Guatopo (Tomado de http://www.parkswatch.org/parkprofiles/maps/gtnp_eng.gif).

Abarca las cuencas hidrográficas de los ríos Lagartijo, Taguaza, Taguacita y Caura, las cuales son la principal fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Caracas y las poblaciones circunvecinas. El parque protege importantes áreas de bosques húmedos de gran diversidad biológica. Se localiza en los municipios Acevedo, Independencia y Lander del estado Miranda.

- **Descripción del ámbito físico-natural:**

- **Relieve**

Según información aportada, por el Instituto Nacional de Parques, reflejada en la fuente documental de José Gregorio Alvarado (2000), sobre el Parque Nacional Guatopo, disponible en la Dirección General Sectorial de Parques Nacionales (INPARQUES), el parque se asienta sobre la serranía del interior, cuyo relieve es sumamente accidentado, alcanzando alturas de 1560 metros sobre el nivel del mar, siendo esta la fila más alta del parque, como lo es la fila de Mocapra, seguido de la fila verde, fila Cobalongo, fila de Mapurite, fila Apa y fila Aguarrama.

Las menores alturas dentro del parque tienen unos 200 metros sobre el nivel del mar y están situadas cerca de la población de Araguaita y el embalse Taguaza. En cuanto a la ubicación del puesto militar de la Guardia Nacional “Escuadrón Montado Guatopo” este se ubica a una altura de 622 m.s.n.m, información arrojada por el equipo de medición GPS.

El relieve que caracteriza el Parque Nacional Guatopo se ilustra en la siguiente foto:



Figura 13. Relieve del Parque Nacional Guatopo (Fotografía Julio, 2014).

Otro dato importante, reflejado en este documento, está relacionado con el hecho, de que aparte de las grandes depresiones y hondonadas del relieve y de algunas pequeñas llanuras aluviales cercanas a los cursos de agua, no existen zonas llanas o valles extensos.

➤ **El clima**

En el documento realizado por Alvarado (2000) “Estudio General del Parque Nacional Guatopo” disponible en la Dirección General Sectorial de Parques Nacionales (INPARQUES), se indica que el clima de esta área geográfica, es bastante regular donde no se sienten ni muy altas ni bajas temperaturas su máxima temperatura ocurre entre las 12:00 PM y 2:00 PM. Alcanzando temperaturas de 32° centígrados, esta suele ser de muy corta duración debido a la gran vegetación, nubosidad, vientos y topografía que contribuye a su descenso. Las temperaturas mínimas suelen ser de

14° centígrados en horas de la madrugada. La temperatura promedio del parque es de 23° centígrados.

Es importante destacar, que en este documento se señala, que las condiciones de topográficas, exposición y vientos hacen crear diversidad de micro- climas. Asimismo, se afirma en el documento antes identificado, que por otra parte la forma y orientación del relieve que expone los extremos de las montañas a la acción de los vientos y una constante nubosidad influye sobre la cantidad de precipitaciones, ya que son abundantes durante casi todo el año (Ver figura 13).



Figura 14. Clima del Parque Nacional Guatopo (Fotografía Julio, 2014).

El parque comprende superficies cuyas elevaciones sobre el nivel del mar van desde los 200 m. hasta por encima de los 1400 m., las variaciones latitudinales del relieve originan dos principales pisos térmicos: el primero que llegaría hasta los 800 m., es un piso térmico tropical; el segundo, por encima de los 800 m., hasta las alturas mayores de la cordillera, es el piso térmico subtropical. En el primero prevalecen las altas temperaturas, pudiendo marcar el termómetro hasta los 32°C, así mismo, en las proximidades de las cimas de las montañas, la temperatura es mucho más templada y puede bajar a mínimas de 14°C.

Por su parte, Yerena (1985) citado por Rodolfo C. y Cesar A. (2004) señala que el clima predominante del Parque Nacional Guatopo, es lluvioso cálido, con altas

precipitaciones anuales que oscilan entre 1.400 y 2.800 mm. En ciertas zonas del parque como Agua Blanca, Taguacita, La Colonia, El Jobito, Guatopo y Casupito, se presentan dos máximos de precipitación al año: uno entre los meses de julio y agosto, y otro en los meses noviembre y diciembre. La estación seca por lo general es corta, siendo febrero o marzo el mes de menor precipitación (Yerena 1985).

Además menciona que la temperatura media anual varía entre 18 y 32 °C, siendo las mayores temperaturas entre los meses de mayo y septiembre-octubre y las temperaturas mínimas en enero y junio-julio. En los sectores del parque que están por encima de los 1.100 m.s.n.m. se encuentra el clima templado de altura tropical que tiene temperatura media anual por debajo de los 18° C, y en donde se presenta una vegetación tipo bosque nublado.

Flora y Fauna

Con respecto a la información sobre la Vegetación y fauna predominante en la región; así como el tipo de suelo, el turismo y las amenazas que enfrenta el parque; se destaca que la misma se obtuvo de la consulta del trabajo realizado por Castillo, R. y Cesar A. (2004); así como el trabajo de investigación realizado por : Ladines, Víctor en el año 2010, la cual se complementó con la observación directa realizada en el entorno del área geográfica en estudio, donde se tomaron fotografías.

La flora y la fauna de Guatopo son muy diversas y tienen influencia caribeña, andina e incluso amazónica. Para la flora del parque se han reportado un total de 102 familias y más de 400 especies de plantas (Segovia y col. 1996, Yerena 1985). Las abundantes precipitaciones favorecen el desarrollo de bosques montanos siempre verdes por encima de los 800 m.s.n.m. Estos bosques son densos, de 20 a 30 m de alto, con un sotobosque bien desarrollado. Poseen muchas palmas y helechos arborescentes, así como un elevado número de epífitas, enredaderas y trepadoras (MARN 1992, Yerena 1985).

El mulato (*Pentaclethra flamentosa*) es uno de los árboles dominantes por su abundancia, inconfundible copa y por estar floreado la mayor parte del año en amarillo. Otros árboles característicos son el guamo (*Inga* sp.), el roble

(*Platymiscium* sp.), la chiragua (*Pouteria* sp.), el lechero (*Ficus glabrata*), el charo (*Drypetes* sp.) y sangre de drago (*Pterocarpus officinalis*). Un árbol - arbusto muy característico es la rosa de montaña (*Brownea* sp.) de flor roja, y la rosa de montaña de flor blanca (*B. leucantha*). Hay una alta proliferación de lianas o bejucos leñosos, entre los que destaca el bejuco de agua (*Vitis caribaeae*). Las palmas también son elementos muy importantes.

Otra forma de vida característica es la del helecho arborescente (*Cyathea* sp.), así como las numerosas plantas epífitas como las bromelias, además de musgos y líquenes. Existen áreas de bosque que estuvieron sometidas a actividades agrícolas en el pasado, y en ellas se ha desarrollado lo que se denomina vegetación secundaria, en donde predominan árboles como el yagrumo (*Cecropia peltata*), el guácimo (*Guazuma ulmifolia*), y el balsa o balano (*Ochroma lagopus*) (Silva y col. 1993).



Figura 15. Vegetación (a) Helechos ((*Cyathea* sp.), (b) Yagrumo (*Cecropia peltata*) (Fotografías propias, 2014).

Por debajo de los 800 m.s.n.m. dominan los bosques ombrófilos submontanos semidecíduos estacionales, de menor densidad y altura (15 a 20 metros de alto) que el tipo de bosque descrito anteriormente. Estos bosques están integrados por árboles de gran porte como el tiamo y el mulato, además de otros que destacan por la vistosidad de sus flores como los bucares (*Erythrina* sp.), el palo de maría (*Triplaris* sp.), los apamates (*Tabebuia rosae*) y araguaneyes (*Tabebuia crysantha*). La zona donde se

encuentra el puesto militar en estudio presenta vegetación como la descrita anteriormente por encontrarse a una altura de 622 metros sobre el nivel del mar.

La fauna es muy rica en especies de mamíferos, siendo muy probable observar a el mono capuchino (*Cebus nigrivittatus*), el mono araguato (*Alouatta seniculus*), el báquiro de collar (*Tayassu tajacu*), el venado matacán (*Mazama americana*), el cachicamo montañoero (*Dasybus novemcinctus*), la danta (*Tapirus terrestris*), roedores como la lapa (*Agouti paca*), el picure común (*Dasyprocta leporina*), felinos como el jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Puma concolor*), el cunaguaro (*Leopardus pardalis*), el tigrillo manigordo (*Leopardus wiedii*) y la onza (*Herpailurus yagouaroundi*) (Eisenberg y col. 1979, Yerena 1985).

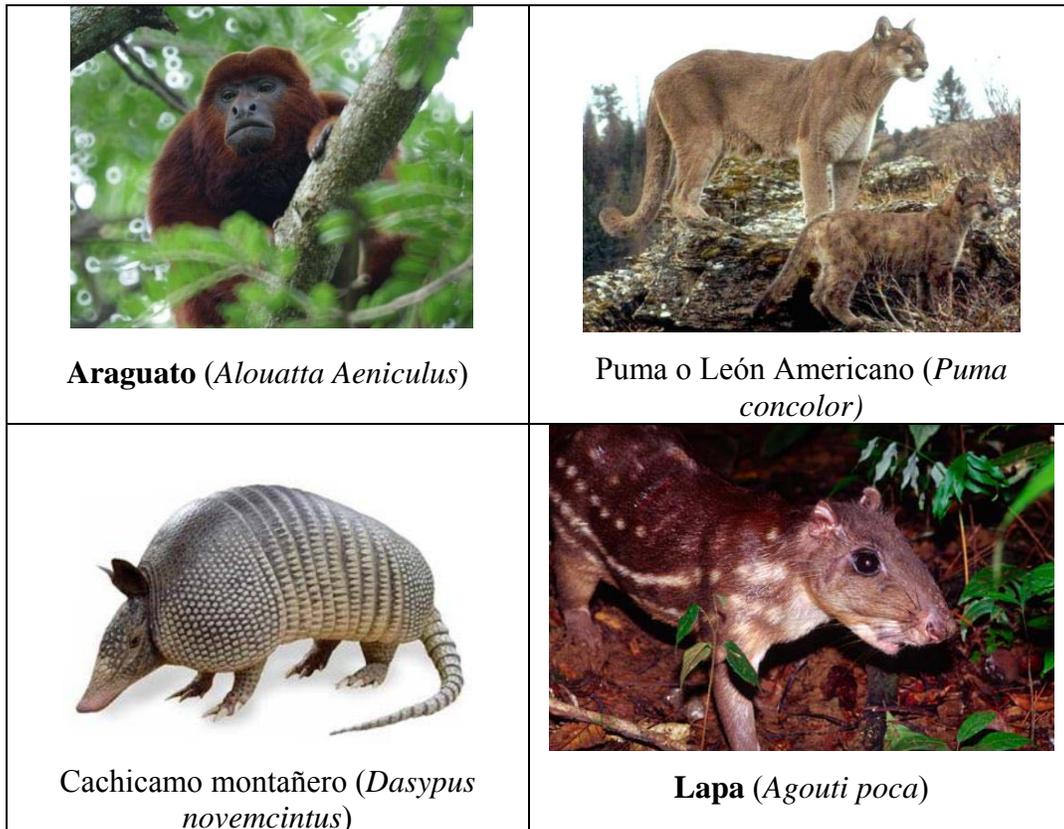


Figura 16. Fauna del Parque Nacional Guatopo (Fuente: Ladines, V. 2010).

En Guatopo se encuentran diversas especies de mamíferos amenazadas, tales como el cuspon (*Priodontes maximus*), el mono araña del norte (*Ateles belzebuth*

hybridus), el tigrillo o gato de monte (*Leopardus tigrinus*), además de los ya nombrados cunaguaro, tigrillo manigordo, jaguar y danta (Rodríguez y Rojas-Suárez 1999).

La avifauna del parque es muy diversa. Hasta el presente se han reconocido 403 especies (Lentino y col. 1993), de las cuales 36 son migratorias. Entre las especies más destacadas que se observan con mayor frecuencia están el gavilán tijereta (*Elanoides forficatus*), el gavilán habado (*Buteo magnirostris*), la guacharaca (*Ortalis ruficauda*), el guacamayo verde (*Ara militaris*), la piscua (*Piaya cayana*), el colibrí pecho canela (*Glaucis hirsuta*), el pico de frasco esmeralda (*Aulacorhynchus sulcatus*) y el conoto negro (*Psarocolius decumanus*). Durante nuestra visita, fue notoria la presencia de bandadas de gavilán tijereta, del perico siete colores (*Touit batavica*), así como la presencia de numerosos nidos de conotos negros en las cercanías del puesto militar.

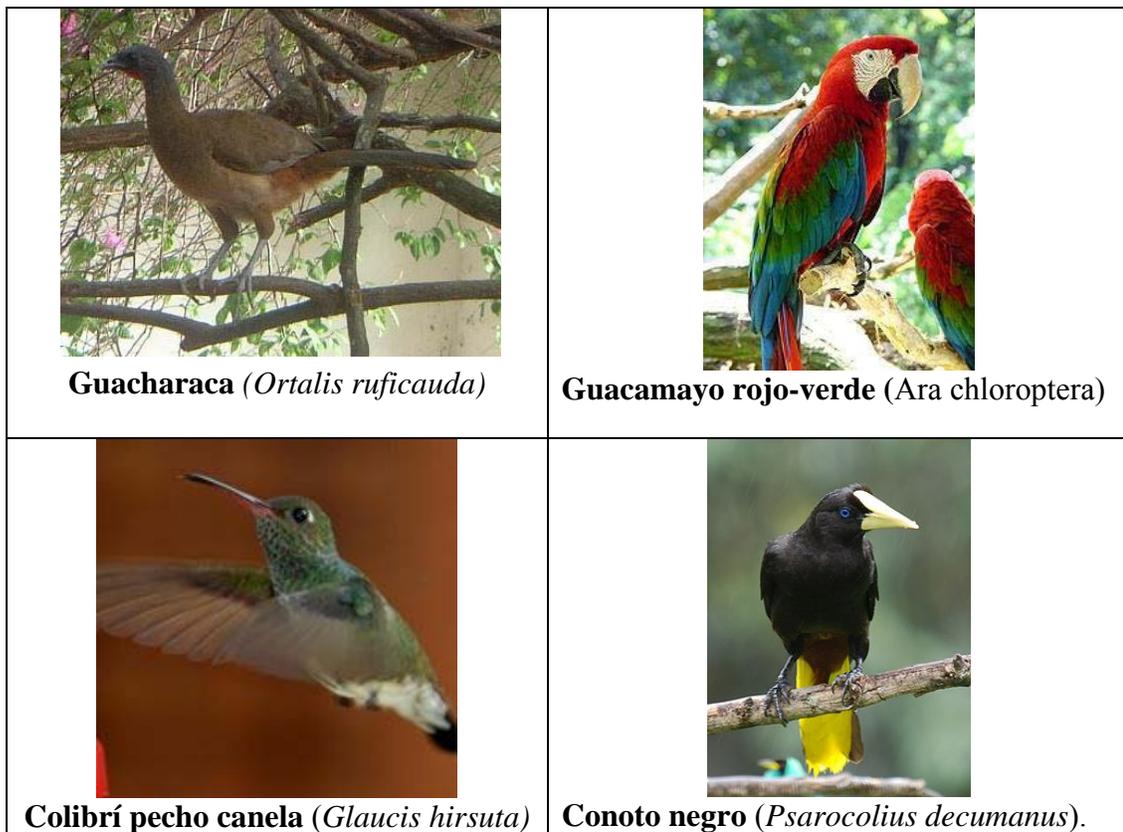


Figura 17. Avifauna (Fuente: Ladines, V. 2010; Disponible en línea: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/Psarocolius_decumanus.jp).

Geología

La geología de la sierra del interior está constituida por materiales muy meteorizados, formados por derivados de la roca subyacente muy alterados. Además contiene rocas clasificadas como conglomerados, cuarcitas, calizas y esquistos calcáreos, demostrando que su origen es sedimentario. La época de su formación puede situarse en el Cretácico.

Turismo

Guatopo es uno de los parques nacionales que cuenta con las mejores instalaciones recreativas, algunas de las cuales se desarrollaron haciendo uso de las edificaciones de las antiguas haciendas. Las áreas recreativas se encuentran en los sectores del Mirador Príncipe Bernardo, Agua Blanca, Santa Crucita, El Lucero, Quebrada Guatopo, La Colonia y Hacienda La Elvira (Castillo, R. y Cesar A. 2004). Durante el recorrido realizado al parque, se pudo observar parte de las áreas recreativas antes mencionadas; así como la estación INPARQUES El Lucero, destacándose la gran biodiversidad paisajística que cautiva a los visitantes, tomándose fotografía del lugar.





Figura 18. Atractivos turísticos del parque (Fuente: Ladines, V. 2010; fotografía Julio, 2014).

Amenazas

Castillo, R. y Cesar A. (2004) señalan que Guatopo es considerado como uno de los parques modelo del sistema administrativo por INPARQUES, y el proceso de desocupación y reubicación de sus habitantes es uno de los ejemplos de una gestión calificada como exitosa. Otros aspectos destacados han sido el desarrollo y mantenimiento de una infraestructura recreativa diversa, que cuenta con centros de información, sitios histórico-culturales, senderos de interpretación, cabañas y kioscos, además de contar con un personal conformado en buena medida por antiguos habitantes del parque. A pesar de las excelentes condiciones en las que se encuentra el parque desde el punto de vista del manejo, existen una serie de amenazas que de no ser controladas, ponen en riesgo la protección de la diversidad biológica en el mediano plazo, siendo las más importantes:

- Cacería ilegal
- Tala y extracción
- Usos agrícolas
- Invasiones humanas
- Carencia y mala distribución del personal
- Carencia de presupuesto

- Carencia de equipos

No obstante, en una entrevista realizada al funcionario Edixon Juárez (Julio, 2014), en el puesto militar Comando de la Guardia Nacional Escuadrón Montado Guatopo, manifestó que la problemática que enfrentan en materia de guardería ambiental en toda la jurisdicción del parque, se describe a continuación:

- **Vertido y acumulación de desechos sólidos (basura) en áreas no permitidas;** originando focos de contaminación y de enfermedades endémicas, los desechos sólidos son generados por las zonas urbanas en cantidades que sobrepasan la capacidad de manejo, ocasionando el colapso del sistema de aseo urbano y los procesos de disposición en los rellenos sanitarios.

- **El otorgamiento de permisos sin el análisis y estudios de las variables ambientales:** para actividades susceptibles de degradar el ambiente por parte de los organismos.

- **Invasión de predios rústicos dentro y fuera de las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial:** con el fin construir viviendas insalubres (ranchos) o efectuar la ampliación de fronteras agrícolas, ocasionando daños a la vegetación y la integridad de los suelos.

- **Incendios forestales;** ocasionados por descuido de excursionistas, delincuentes piromaniacos y actividades agrícolas en las áreas adyacentes, que utilizan el fuego para limpieza de terrenos.

- **Contaminación y daños a las zonas protectoras de los cursos de aguas, en sus cuencas altas y medias;** ocasionado por el vertido de efluentes industriales, granjas criadoras, aguas residuales de los centros poblados, uso de herbicidas y pesticidas, desechos sólidos, daños a la vegetación y arrastre de sedimentos.

- **Explotación, circulación y aprovechamiento de productos y subproductos forestales provenientes de explotaciones ilegales;** especialmente en las áreas rurales del Estado Miranda y en áreas adyacentes a los parques nacionales Guatopo.

- **Cacería furtiva, tráfico, venta y consumo de especies de la fauna silvestre;** actividades iniciadas con la captura de especies dentro del parque nacional Guatopo, con fines de consumo en expendios de comidas, venta en las adyacencias de carreteras, tiendas de mascotas ubicadas en el centro de Caracas y mercados populares, destacando el auge del tráfico internacional de estas especies que por ser canceladas con moneda extranjera producen mayores ingresos.

- **El bajo nivel de conciencia ambientalista en la población;** lo cual se aprecia por el elevado número, con tendencia al aumento, de infracciones y delitos ambientales detectados.

Se puede apreciar que el servicio de Guardería del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables desempeñado por el Escuadrón Montado Guatopo del Comando Regional No. 5, es favorecido por el despliegue operacional existente, el cual distribuye la custodia de las A.B.R.A.E, así como de las áreas críticas fuera de estas bajo la responsabilidad de las Unidades Operativas, permitiéndoles la planeación y ejecución minuciosa de la Guardería Intensiva y Extensiva, lo que redunda en el control satisfactorio de las actividades susceptibles de degradar el ambiente y permite hacer frente a la compleja, amplia y variada problemática de la jurisdicción. Sin embargo, existen deficiencias en las Unidades Operativas con relación al número de efectivos especializados y el apoyo logístico específico requerido para adquirir materiales, equipos y cubrir los gastos que genera la custodia de las A.B.R.A.E. para la realización de campañas ambientalistas.



Vivienda del caserío de Casupito en la cuenca del Cuira



Vista de los Valles del Tuy desde los linderos occidentales de Guatopo. Al fondo, la ciudad de Ocumare del Tuy



Figura 19. Amenazas que enfrenta el Parque Nacional Guatopo (Fuente: Castillo, R. y Cesar A. 2004).

El Comando Regional No. 5 cuenta en su jurisdicción, con la presencia de las máximas autoridades de Organismos Gubernamentales y no Gubernamentales en materia ambiental e importantes y numerosos medios de comunicación social, que alcanzan los diferentes estratos de la sociedad y la geografía Nacional.

Descripción de los servicios Básicos

En cuanto a los servicios que se observaron durante el recorrido realizado al parque, se tiene el Parador turístico Los Alpes, nombre que recibe por encontrarse en el sector Los Alpes, cercano al puesto militar Escuadro Montado Guatopo. Fue fundado en el año 1953 por Don Olivo Schivanato, Esposa e Hijos, con el propósito de fomentar Turismo, recreación, esparcimiento y disfrute de las Bellezas Naturales a todos los visitantes del área de Guatopo (Ladines, V. 2010). Está conformado por un restaurant que ofrece desayunos y almuerzos, refrescos y golosinas.

En la investigación de campo realizada se observó, que la señalización de la vía que conduce al Parque Nacional Guatopo desde Santa Teresa es escasa, solo existe un letrero informativo que se encuentra a 50 metros de la alcabala atravesando la población de Santa Teresa.



Figura 20. Señalización vía Parque Nacional Guatopo (Fotografía, Julio 2014).

Es fácil reconocer cuando se encuentra dentro de los linderos del Parque, ya que cambia significativamente el paisaje, se comienza a ver una exuberante vegetación e inmediatamente se puede observar a simple vista letreros informativos elaborado en madera con el logo de INPARQUES y El Ministerio para el Poder Popular del Ambiente (MINAMB) dando la Bienvenida, así como de puestos de Guardaparques, Paradores, Quebradas, Áreas recreativas, etc.



Figura 21. Letrero informativo de Bienvenida (Fotografía, Julio, 2014).

Los puestos de guarda parques están debidamente identificados con letreros informativos, tal es el caso del puesto La trinidad, La palma, La Macanilla, que se encuentran a cinco (5), veintiséis (26), treinta y cuatro (34) kms respectivamente de la entrada del Parque Nacional, tomando la carretera Santa Teresa-Altigracia de Orituco.



Figura 22. Señalización de los puestos de Guarda parques dentro del Parque Nacional Guatopo (Fuente: Fotografía, Julio, 2014).

El área recreativa de Agua Blanca y El Trapiche cuentan con letreros de información de los servicios que ofrece el parque: baños, estacionamiento, cafetín, pernotar en carpas o casas rodantes, seguridad, balnearios, sitios para realizar parrillas y excursiones.



Figura 23. Señales de información de los servicios que ofrece el Área Recreativa Agua Blanca del Parque Nacional Guatopo (Fuente: Fotografía, Julio 2014).

También existen letreros donde se prohíbe la caza, la ingesta de bebidas alcohólicas, el sacar plantas, etc., así mismo, mensajes de conservación del ambiente

para evitar el deterioro de las instalaciones y contribuir con la preservación de los ecosistemas del Parque Nacional Guatopo.



Figura 24. Letrero con el mensaje “Coloca la basura en su lugar”, en las áreas recreativas del Parque Nacional Guatopo (Fuente: Fotografía, Julio 2014).

Vialidad

La carretera de Santa teresa del Tuy del Estado Miranda hacia Altagracia de Orituco del Estado Guárico atraviesa todo el pulmón vegetal del Parque Nacional Guatopo, es de gran importancia ya que esta vía enlaza a las poblaciones de Santa Teresa del Tuy, Aragüita, Caucagua y Altagracia de Orituco (Estado Guárico) a través de la encrucijada del sector de Los Alpes, lugar donde se encuentra el puesto militar Escuadrón Montado Guatopo. Asimismo constituye una vía alterna a la Autopista Regional del Centro, principalmente en épocas vacacionales y de asueto, además contribuye al establecimiento del eje regional Miranda – Guárico.

El Parque cuenta con una serie de miradores panorámicos a lo largo de esta carretera, entre los Alpes y la oficina de Administración, con unas vistas extraordinarias.

Aparte de estas vías de acceso hay una carretera de tierra por el lindero Sur que enlaza a Ocumare con el Peñón, Curípital, El Samán, Río de Piedra, Las Bestias y Guanapito. También existen varios senderos y caminos que pueden recorrerse todo el

año en bestias o a pie, ofreciendo así al visitante una de las mejores opciones para el recreo al aire libre.



Figura 25. Vía que conduce desde el Sector Los Alpes hacia Altagracia de Orituco (Fuente: Fotografía, Julio 2014).

Al entrar al Parque Nacional Guatopo por Santa Teresa, se visualiza un letrero informativo de Bienvenida; cabe destacar que los primeros dieciocho (18) Kilómetros de esta carretera, se encuentra en una condición regular, debido al tráfico constante de vehículos de carga pesada, que circula desde Santa Teresa hacia Araguaita, Caucagua (ver figura 25, Tramo A –B), lo que ha ocasionado huecos en el pavimento, asociado a las constantes precipitaciones en la zona. En lo que respecta a la vía que conduce desde el sector Los Alpes hacia Altagracia de Orituco (Ver figura 25, Tramo Puesto militar hacia el punto C), existen tramos gravemente afectados por el paso permanente de agua superficial y la crecida de una quebrada, durante el periodo de lluvias, quedando en algunos casos incomunicados. Actualmente pocos vehículos transitan por esta vía, debido al mal estado de esta ruta.

En esto tramos se requiere reparación de las vías y que se rehabilite el sistema de drenaje, con el propósito de canalizar las aguas de lluvias y evitar que las mismas afecten nuevamente la vialidad.

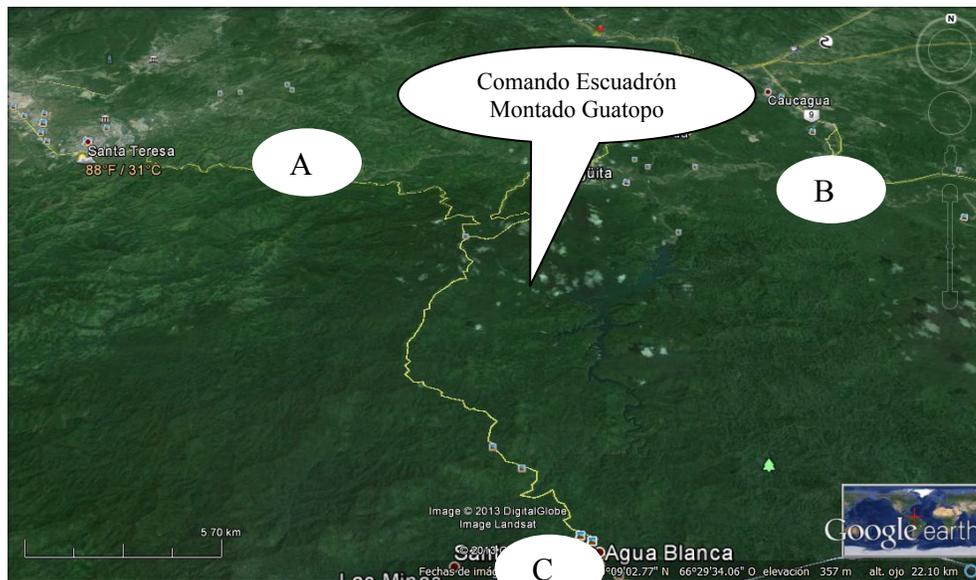


Figura 26. Vista satelital de las tres vías de acceso hacia el Comando Regional N° 5 por la Troncal 12. (Fuente: Google Earth, 2013).

Transporte publico

Existe un servicio de transporte público que cubre la ruta desde Santa Teresa – Caucaagua y viceversa. Utilizan busetas con una capacidad de aproximadamente 20 pasajeros, el cual se toma alrededor de una hora y veinte minutos en realizar el recorrido, debido a la condición actual de la vía.

Instituciones existentes

Instituto Nacional de Parques (INPARQUES)

El centro administrativo El Lucero se encuentra a cargo del Licenciado Vicente Tenerías, Coordinador del Parque Nacional Guatopo, está abierto al público, en horario del Parque, de lunes a viernes, ofrece un centro de información y asesoría al visitante. Se observa en muy buenas condiciones. Otras estaciones guarda parques

que se observa durante el recorrido realizado desde el Sector Los Alpes hasta Altagracia de Orituco, se tiene La Macanilla, Agua Blanca y La Colonia.



Figura 27. Estaciones INPARQUES (Fuente: Fotografía, Julio 2014).

Ministerio del Poder Popular para la Defensa

El Ministerio del Poder Popular para la Defensa es un organismo del Estado venezolano encargado de coordinar, controlar, administrar y supervisar las operaciones y actividades de los 4 componentes de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana como lo es el Ejército, Armada, Aviación y Guardia Nacional, siendo este ultimo componente el que está presente en el Sector Los Alpes del Parque Nacional Guatopo, a través del Comando Regional N 5 de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado Guatopo", el cual cumple con la misión asignada en materia de

Guardería Ambiental, desde el 04 de enero del año 2010, según resolución N°. 013155, publicada el 11 de enero de ese mismo año, en gaceta 374.087



Figura 28. Sede del Comando de la GN "Escuadrón Montado Guatopo" (Fotografía, Julio 2009).

Ministerio del poder popular para el ambiente

Durante el recorrido realizado a las diferentes estaciones guarda parques, se observo al frente del centro administrativo El Lucero, un equipo llamado anemómetro, instalado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) para realizar mediciones de la velocidad del aire. Para la fecha no se encontraba en funcionamiento. El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), es un ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, el cual se encarga de regular la generación de información básica y operación de redes nacionales que conforman el Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología. Su trabajo consiste en estudiar y monitorear todo lo relacionado con el tiempo, el clima y los fenómenos que se producen en la atmósfera, a fin de ofrecer, oportuna y adecuadamente, esta información a la población.

Según información suministrada por la Dra. Maidel Romero, perteneciente a la Gerencia de Servicios Hidrometeorológicos INAMEH, existen estaciones climatológicas distribuidas en todo el Estado Miranda, incluyendo estaciones

Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica

El Programa Sembrando Luz constituye la instancia técnica y operativa de la Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico (FUNDELEC), ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica, el cual es el responsable de la coordinación y ejecución de los proyectos en materia de energías renovables, enmarcadas dentro del Convenio de Cooperación Integral Cuba - Venezuela. Estos proyectos persiguen la promoción, desarrollo y aprovechamiento de las energías renovables dentro de la política de diversificación y uso racional del acervo energético del país.

En el año 2009, el Comando Regional N° 5, Escuadrón Montado Guatopo, fue beneficiado con un sistema de energía renovable de 1200 Wp., con el propósito de generar energía eléctrica y cubrir los requerimientos básicos del puesto militar, en cuanto a iluminación, comunicación, acondicionamiento de las áreas y ventilación, tal y como se observa en la figura 30.



Figura 30. Sistema fotovoltaico de 1200 Wp. Instalado en el puesto militar (Fotografía tomada en Julio 2009).

En tercer lugar, se evaluó el potencial energético de la zona para estudiar la disponibilidad y variabilidad de recursos, con la que se cuenta en el lugar,

procediéndose a realizar un análisis de los datos climatológicos y su posterior determinación:

Análisis de los datos de radiación solar

Se consultó la revista *Sembrando Luz*, publicada por FUNDELEC (2012), en donde señala que *Venezuela por su ubicación geográfica y riqueza en fuentes y recursos naturales, cuenta con un valioso potencial para el aprovechamiento de las energías renovables en especial en los campos solar, hidroeléctrico y eólico con alto potencial de aprovechamiento* (datos de la fuente consultada), tal y como aparece reflejado en la figura 31:

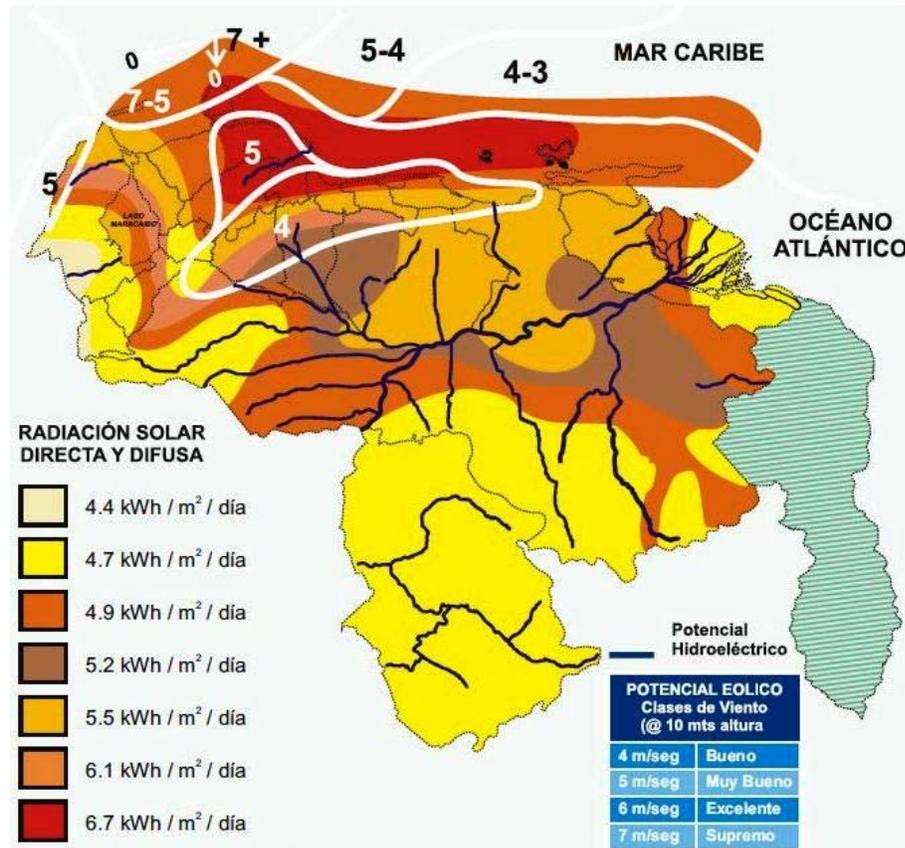


Figura 31. Potencial de Fuentes renovables en Venezuela, Fuente: Revista *Sembrando Luz*, FUNDELEC. Marzo 2012.

La ubicación de Venezuela cerca del Ecuador, provee al país de una incidencia solar constante y fuerte a lo largo del año, cuenta con un período de insolación diaria promedio de 5,5 horas (prom 5,5 HSP aprovechables energéticamente), y una alta continuidad de irradiación en el transcurso del año, sin grandes oscilaciones, debido a la ubicación geográfica nacional.

La figura 30 destaca que en la zona del Estado Miranda, la radiación solar puede ser aprovechable para generación de electricidad, por presentar valores de 5,5 kWh/m²día, estos valores de radiación solar fueron aportados por la base de datos de la Agencia de Administración Espacial (NASA) y corresponden a un promedio de 22 años de medición, tomados desde 1983 hasta el 2005.

Para manejar datos más precisos sobre la condiciones climáticas de la zona en estudio, se realizó una revisión de las bases de datos en las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) más cercanas al punto de interés y con variables climatológicas disponibles, encontrándose información de la estación meteorológica Taguaza – La Corona, ubicada en el Parque Nacional Guatopo, cuyas coordenadas geográficas: 10°10'N y 66°28'O, Altura 137 m.s.n.m, codificada bajo el serial 1588, tipo C2. Se cuenta con un registro de datos del año 1963 hasta 1972; ya que se encuentra bajo el estatus suspendida/eliminada; sin embargo se toma en cuenta esta información, dado que fueron tomadas bajo condiciones muy similares a la zona donde se encuentra el comando. Realizaron mediciones de temperatura, humedad relativa, evaporación, precipitación y velocidad del aire a 2 metros de altura.

No obstante, para obtener información sobre radiación solar e insolación, se consultó la base de datos de la NASA, en donde establece promedios de radiación solar, con ayuda de los registros de 22 años de medición tomados entre el año 1983 hasta 2005, presentando los promedios de radiación solar y mensual en cualquier lugar del mundo. Para una latitud de 10 grados y una longitud de 66 grados, se tiene que la radiación incidente sobre la superficie horizontal en este lugar es la mostrada en la tabla 4.

Radiación solar

En la tabla 4 que se presenta a continuación se muestran los valores de radiación solar directa reportado por la Agencia de Administración Espacial (NASA) para el periodo comprendido desde 1983 hasta el 2005 (estos valores no contemplan perdidas producto de factores climatológicos locales, como viento, nubosidad, vegetación, aunado al hecho de que la plataforma consultada de la nasa tiene un rango para la ubicación geográfica de 0 decimales).

Tabla 4. Promedio mensual de radiación solar.

| Lat 10 Lon 66 | Ene | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Promedio Anual |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|
| Promedio de 22 años | 7.18 | 7.96 | 8.14 | 8.09 | 6.62 | 5.13 | 6.14 | 6.61 | 6.59 | 6.51 | 6.23 | 6.40 | 6.79 |

Fuente: Agencia de Administración Espacial (NASA), Consulta Julio_2013.

Con estos datos se construyó la curva de radiación solar media para la zona en estudio:

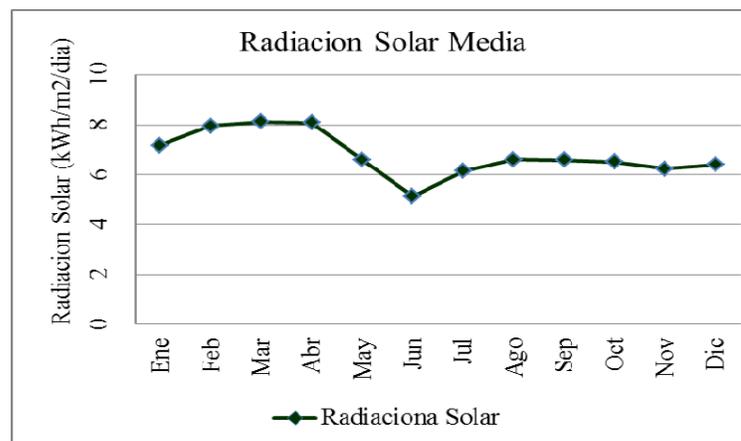


Figura 32. Curva de radiación solar media.

Se puede observar en la figura 32, que el mes con menos radiación solar corresponde para el mes de junio, el cual es el mes más desfavorable para la generación de energía eléctrica, por lo que debe ser considerado al momento de

diseñar el equipo; no obstante en el trabajo realizado por Suarez (2008), se tiene que para valores de radiación solar de 5,2 a 5,5 kWh/m² día, se considera excelente para el aprovechamiento fotovoltaico, así como se describe en la figura 33.

| Potencial Fotovoltaico | |
|--|---------------|
| Radiación Solar en kWh/m ² /Día | Clasificación |
| < 4,7 | Marginal |
| 4,7 a 4,9 | Regular |
| 4,9 a 5,2 | Bueno |
| 5,2 a 5,5 | Excelente |
| 5,5 a 6,1 | Premium |
| > 6,1 | Supremo |

Figura 33. Clasificación del potencial fotovoltaico (Fuente: Suarez, 2008)

- **Insolación**

Para observar el comportamiento de la insolación de la zona, fue necesario consultar los datos climatológicos reportados por la estación climatológica de Tapipa Padrón, ubicada en el Campo experimental Padrón, calle El Placer, Municipio Acevedo, Cauca. Su ubicación geográfica queda determinada por las coordenadas: Latitud 10°13'14'' N, Longitud 66°17'57'' W. Altitud 38msnm. Se utilizó un registro de datos del periodo comprendido desde el año 1998 al 2008, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 5. Promedio mensual de insolación de la Estación Climatológica de Tapipa Padrón

| Lat 10 Lon 66 | Ene | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Promedio Anual |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------------|
| Tapipa padron 1998-2008 | 5,98 | 6,29 | 6,66 | 6,03 | 5,73 | 5,03 | 4,79 | 6,14 | 6,34 | 6,28 | 5,9 | 5,58 | 5,90 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------------|

Fuente: Estación Climatológica INIA, Tapipa Padrón, Consulta Julio_2013.

En la figura 33 se observa una disminución de las horas de insolación en los meses de Junio y Julio aumentando moderadamente para el mes de agosto y septiembre, con una tendencia a disminuir hacia noviembre y diciembre; sin embargo la variación es muy leve, alrededor de una hora.

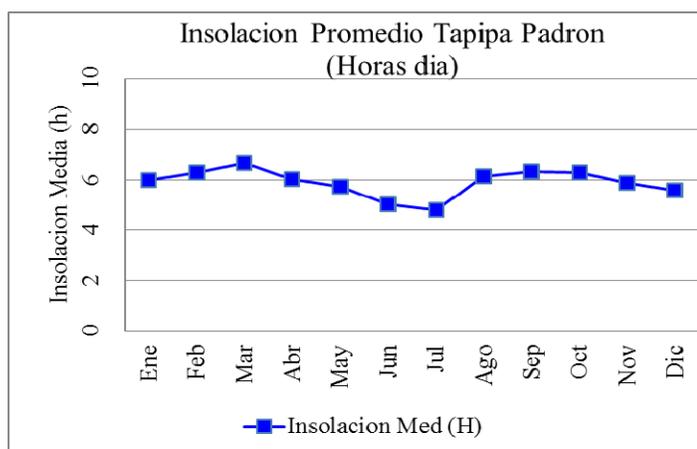


Figura 34. Insolación promedio mensual con data registrada por la estación climatológica Tapipa Padrón.

También fueron analizados los datos de insolación reportados por NASA, donde se maneja un promedio anual de insolación de 6,24 horas, con una diferencia de 0,34 horas en comparación con el promedio anual de insolación reportado por la estación climatológica Tapipa Padrón, por lo que este parámetro presenta un comportamiento casi similar durante todo el año, en ambas estaciones.

Tabla 6. Promedio mensual de insolación reportado por la NASA

| Lat 10 Lon 66 | Ene | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Promedio Anual |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|----------------|
| Promedio de 22 años | 5,75 | 6,59 | 7,15 | 7,37 | 6,52 | 5,62 | 6,2 | 6,57 | 6,48 | 6,06 | 5,45 | 5,26 | 6,24 |

Fuente: Agencia de Administración Espacial (NASA), Consulta Julio_2013.

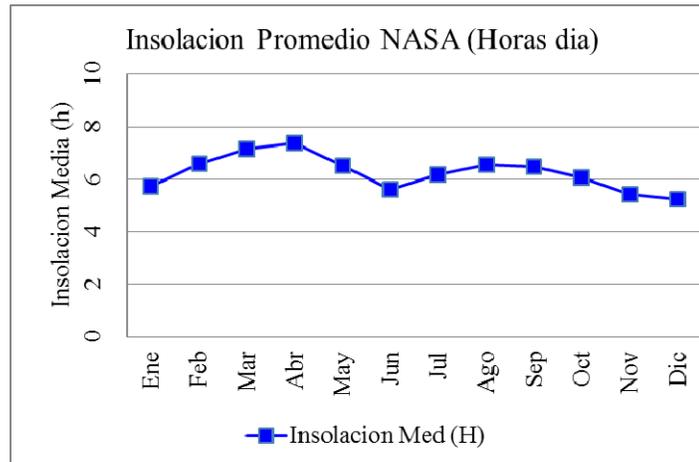


Figura 35. Insolación promedio mensual con data registrada por la NASA.

Se realizó una gráfica con curvas comparativas de insolación con datos registrados tanto en la estación climatológica de Tapipa Padrón como la Agencia de Administración Espacial (NASA), observándose un comportamiento similar durante todo el año.

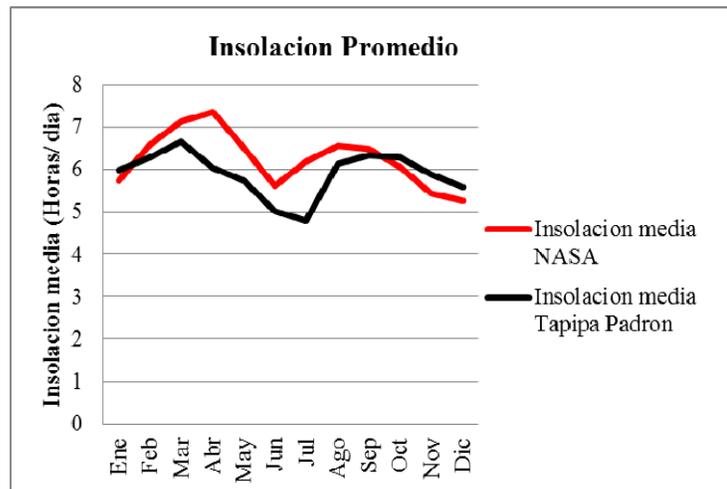


Figura 36. Curvas comparativas de insolación con datos de la estación climatológica de Tapipa Padrón y la Agencia de Administración Espacial (NASA).

Finalmente, se estableció una comparación entre la curva de Radiación solar y la curva de Insolación, con los datos reportados por la Agencia de Administración Espacial (NASA), observándose que para ese mismo periodo de medición la cantidad de energía emitida por el sol, mediante ondas electromagnéticas, tiene una relación directamente proporcional con la cantidad de energía acumulada, puesto que el mes que recibió menos radiación solar fue el mes que menos horas de luz solar acumuló, siendo este el mes de junio.

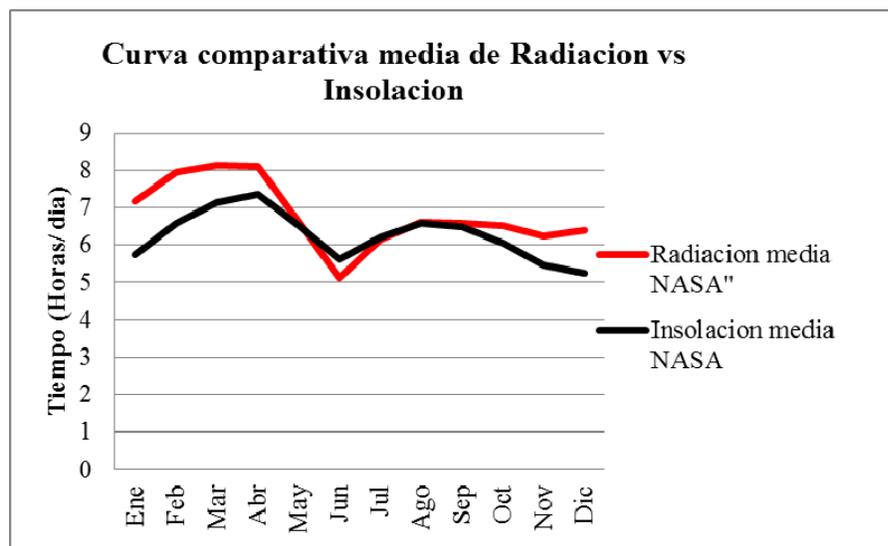


Figura 37. Curva comparativa media de Radiación solar vs Insolación.

- **Temperatura**

Se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados. La temperatura de la atmósfera es función de la mayor o menor insolación o radiación solar. Esta insolación depende de los factores planetarios como lo es el movimiento de rotación terrestre y el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol y en cuanto a los factores geográficos, estos dependen de las condiciones específicas del lugar con respecto a las características térmicas del aire en dicho lugar, tales como la latitud, la altitud, la mayor o menor distancia al mar que

afecta la mayor o menor oscilación o amplitud térmica del aire, respectivamente; la orientación del relieve de acuerdo a la insolación y las corrientes marinas. (Wikipedia, Disponible on line, consulta Marzo 2014).

A continuación se presentan una tabla con registros de datos de la estación climatológico Tapipa Padrón, ubicada a una altura de 38 m.s.n.m. y la estación climatológica Taguaza, ubicada a 137 m.s.n.m., esta última se encuentra instalada dentro del área geográfica del Parque Nacional Guatopo, el cual presenta un promedio anual de temperatura de 24, 7°C, el cual se considera como piso térmico tipo macro térmico, el cual comprende una temperatura que varía entre los 20 °C y 27° al nivel del mar, para altitudes menores a un kilómetro.

Tabla 7. Promedio mensual de temperatura

| Lat 10 Lon 66 | Ene | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dic | Promedio Anual |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|
| Taguaza 1963 - 1972 | 23,7 | 24,0 | 24,7 | 25,2 | 25 | 24,4 | 24,5 | 24,8 | 25,3 | 25,1 | 25,1 | 24,6 | 24,7 |
| Tapipa Padron 1998 - 2008 | 26,9 | 26,3 | 26,7 | 28,2 | 28,6 | 27,7 | 28,1 | 28,4 | 28,6 | 28,4 | 27,6 | 26,3 | 27,65 |

Fuente: Estación climatológica Taguaza y la Agencia de Administración Espacial (NASA).

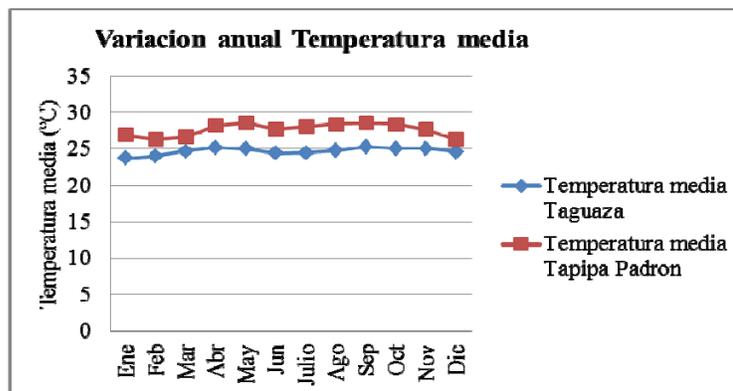


Figura 38. Curva comparativa de temperatura media mensual, registrado por la estación climatológica Taguaza y la NASA

Analizando la figura 38, sobre el comportamiento de la temperatura reportada por la estación climatológica Taguaza, se puede observar que la tendencia de la curva es casi lineal, por lo que no se observa diferencias significativas en este registro, mientras que al compararlos con los datos reportados por la estación climatológica Tapipa Padron hay una diferencia de tres grados aproximadamente, por encima del promedio de Taguaza y se debe principalmente a la diferencia de latitudes del lugar de medición, ya que a menor latitud las masas de aire cercanas a la tierra se encuentran más caliente que cuando nos alejamos de ella.

Para la mayoría de los paneles fotovoltaicos, cuando la temperatura de trabajo aumenta, el valor de la potencia de salida disminuye. A mayor temperatura en la celda solar se produce mayor dispersión electrónica y menos aprovechamiento energético de la oblea.

Según Villanueva, T. (2004) señala que el comportamiento eléctrico de un módulo varía con las siguientes condiciones:

- Aumento de la temperatura ambiente producen disminuciones de la tensión a circuito abierto, y por tanto, disminuciones de la potencia. La potencia del panel puede llegar a disminuir, aproximadamente, un 0,5% por cada grado por encima de 25° C que aumente la temperatura del módulo.
- Aumentos de la irradiancia solar producen aumentos de la intensidad de cortocircuito y, por tanto, aumentos de la potencia.

Es de resaltar que los datos obtenidos de vientos, permiten deducir que se reducen la temperatura incidente sobre el panel, mejorando el aprovechamiento de la energía generada por cada celda solar.

Precipitación

El viento es la circulación del aire de un lugar a otro, con más o menos fuerza. Su principal efecto es el de mezclar distintas capas o bolsas de aire. Cuando se concentra la humedad en una zona y esta asciende hasta una capa de aire más fría, se producen las precipitaciones.

Tabla 8. Promedio mensual de precipitación registrado por la estación climatológica Taguaza y la NASA.

| Lat 10 Lon 66 | Ene | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dic | Promedio Anual |
|------------------------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| Taguaza 1963 – 1972 | 192,4 | 98,0 | 63,6 | 111,4 | 144,6 | 255,6 | 302,8 | 277,4 | 179,3 | 195,7 | 171,4 | 235,1 | 185,61 |
| Tapipa Padron 1998 – 2008 | 137,4 | 94,3 | 72,7 | 71,4 | 186,7 | 288,6 | 312 | 290,10 | 169 | 213,1 | 298,7 | 307,2 | 203,43 |

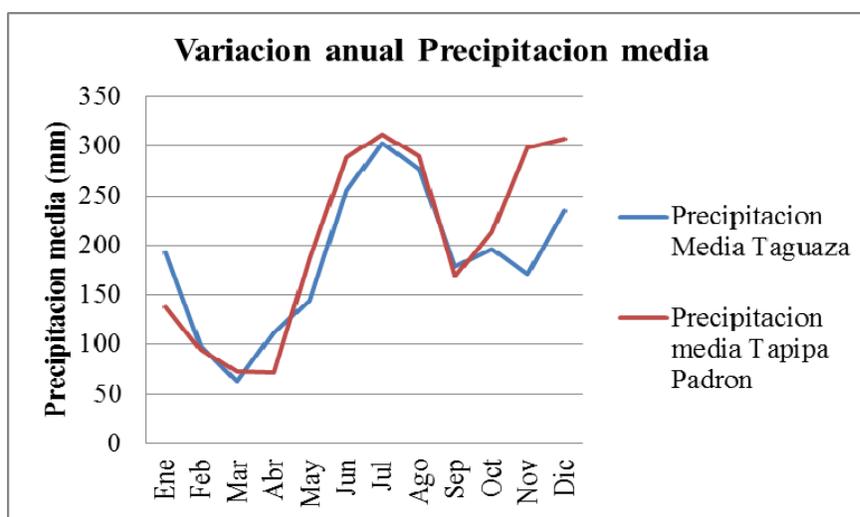


Figura 39. Curva comparativa de precipitación media anual, registrado por la Estación Climatológica Taguaza y Tapipa Padrón.

Se puede observar en la figura 39 que la precipitación se encuentra en constante fluctuación durante todo el año, aparece un patrón que parece cumplirse en las mismas épocas del año, cuando se comparan los registros obtenidos en la estación climatológica Tapipa Padrón con la estación climatológica de Taguaza (INAMEH) para periodos distintos. Aumenta en los meses de Mayo a Julio y disminuye de agosto a septiembre, observándose un comportamiento variable a partir del mes de noviembre, normalizándose para el mes de diciembre.

Por su parte Alvarado (2000), señala que los meses más lluviosos son Octubre, Noviembre y Diciembre y los más secos Marzo y Abril, este último comportamiento del clima se corresponde con el registro climatológico reportado por las estaciones climatológicas antes mencionadas.

Análisis de los datos de viento

Para describir las variaciones del viento, se realizó unas representaciones grafica de la variación anual de la velocidad media del viento a 2 metros de altura, a partir de los datos obtenidos de la estación meteorológica Taguaza – La Corona, ubicadas en el Parque Nacional Guatopo.

Tabla 9. Promedio anual de la velocidad del viento

| Lat 10 Lon 66 | Ene | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Promedio Anual |
|------------------------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|----------------|
| Taguaza 1963 – 1972 | 0,25 | 0,70 | 1,45 | 1,5 | 0,95 | 1,05 | 0,6 | 0,65 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,8 |



Figura 40. Velocidad media del viento.

La figura 40 muestra el comportamiento del viento en promedios mensuales de varios años, en la cual se observa que el promedio mensual de la velocidad del viento para la zona en estudio se encuentra por el orden de 0,8 m/s durante todo el año, siendo los valores más altos para los meses de marzo a junio, por lo que se concluye que el potencial eólico de la zona geográfica en estudio es muy pobre, puesto que para velocidades de viento por debajo de 5 metros sobre segundo, la densidad de potencia del aire es menor a 300 W/m^2 , según el Mapa Eólico de Cuba (Citado de Mesegué, R, S/A), siendo excelente en un rango comprendido entre 7,5 y 8,2 m/s ($800 - 1000 \text{ W/m}^2$); mientras que para Venezuela el potencial eólico es excelente a partir de 6 m/s.

Por otra parte, se aplicó la escala de Griggs-Putnam para realizar un análisis cualitativo del recurso eólico, tomando en cuenta que el puesto militar se encuentra en una zona por debajo de los 800 m.s.n.m., en este caso predominan los bosques ombrófilos submontanos semi deciduos estacionales, cuyas alturas comprenden entre 15 a 20 metros, siendo este un obstáculo al libre flujo del viento; no se observó evidencias del efecto de la acción mecánica del viento sobre la vegetación (Índice 0, Velocidad 0 – 3 m/s, sin deformación).

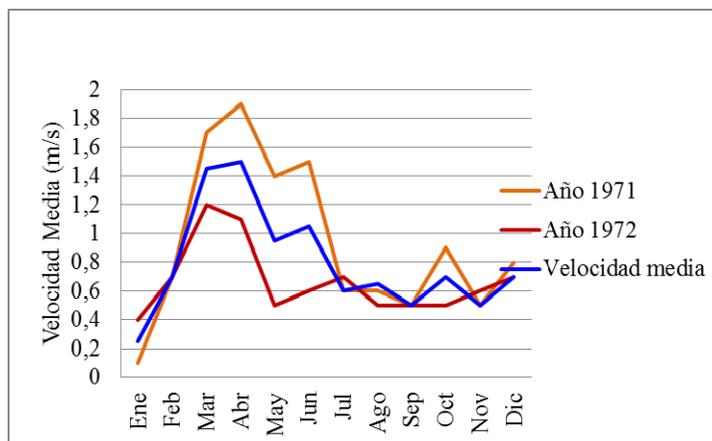


Figura 41. Variación anual de la velocidad media 1971-1972

Se puede observar en la Figura 41 que para el año 1971 y 1972, la velocidad media presenta un comportamiento similar, aumenta y disminuye aproximadamente en los mismos meses del año. Este patrón se cumple para todos los años, con un período de vientos suaves (junio-diciembre) y otro de vientos con mayor magnitud (enero-mayo). El viento alcanza su velocidad promedio mensual máxima entre los meses abril y mayo.

Análisis de los datos de caudal

En la determinación del potencial hidroeléctrico del lugar, se procedió a identificar los recursos hídricos disponibles en las áreas adyacentes a la zona en estudio, para lo cual se llevó a cabo un recorrido hacia el centro poblado de Santa Teresa, observándose el embalse Taguacita, el cual se encuentra a 16 kilómetros del puesto militar. Este embalse compensatorio forma parte del Sistema Tuy II, el cual capta el volumen de agua producido por el embalse de Taguaza, con la finalidad de incrementar el suministro de agua en este sistema para el abastecimiento de agua en el área metropolitana y Caracas, tiene una capacidad máxima de 120 millones de metros cúbicos.

Este recurso hídrico es enviado a la planta de tratamiento para su potabilización, mediante un sistema de bombeo, que utiliza como fuente de

alimentación, la energía proveniente de la red eléctrica de Santa Teresa, siendo este el último punto de abastecimiento por la troncal 12 (Ver figura 41).



Figura 42. Ubicación de los embalses en el Parque Nacional Guatopo.

Los recursos hídricos de Guatopo, representan una importante red de drenaje aprovechada en embalses que abastecen de agua a Caracas y los Valles del Tuy como lo es el río Lagartijo, Taguaza, Taguacita y Cuira de la cuenca del mar caribe, tal como se observa en la figura antes mencionada.

En lo que respecta al embalse de Taguaza, este tiene una capacidad para almacenar 184 millones de m³ de agua y una superficie de 649 hectáreas, mientras que el embalse de Lagartijo tiene una capacidad para almacenar alrededor de 80 millones de m³ de agua, en una superficie aproximada de 451 hectáreas.

Como puede observarse, estos embalses manejan grandes volúmenes de agua para el suministro de agua potable a la Región capital, tal como lo establece el *"Reglamento Parcial de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio sobre*

Administración y Manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales”, en el capítulo XVI sobre Disposiciones finales y transitorias, artículo 79, destaca que **el aprovechamiento de aguas dentro de un parque o monumento sólo podrá ser permitido para cubrir las demandas de agua del área o por justificadas razones de interés público**, caso en el cual el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables autorizará el aprovechamiento, en un todo de acuerdo con las normas técnicas y legales vigentes. Antes la situación planteada, es evidente que existe un marco legal que limita la posibilidad de instalar centrales hidroeléctricas en el Parque Nacional Guatopo, para la obtención de energía eléctrica a partir de la energía potencial contenida en esos recursos hídricos.

Bajo estas consideraciones, podemos afirmar que existe un alto potencial hidroeléctrico en estos embalses; ya que almacenan grandes volúmenes de agua (Caudal medio) y por ende energía potencial acumulada, eso implica que estas infraestructuras sean modificadas con la instalación de hidroturbinas, si el propósito es la producción de energía eléctrica. No se pudo obtener graficas del caudal medio a lo largo de los años, puesto que no fue posible acceder a los registros de este parámetro.

Análisis del Servicio Eléctrico Nacional dentro del Parque Nacional Guatopo

La existencia y ampliación de tres fuentes de abastecimiento de energía eléctrica, ubicadas en áreas específicas del Parque Nacional Guatopo, representan tres (03) soluciones energéticas para la electrificación del puesto militar, puesto que esta energía es generada en la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar, Estado Bolívar.

Se estudió la posibilidad de ampliar el tendido de la red de energía eléctrica para la electrificación del puesto militar, encontrándose que la electrificación del área de estudio está condicionada por la ubicación de los puntos de llegada de la línea eléctrica objeto de este estudio, que en este caso corresponde a las fuentes de abastecimiento de energía eléctrica del embalse Taguacita, ubicado en Santa Teresa

(Municipio Independencia), otra línea eléctrica ubicada en la comunidad Araguaita, Municipio Acevedo del Estado Miranda y por último una línea eléctrica ubicada en la comunidad Banco de Guanape, Estado Guárico, tal y como se observa en la figura 42.

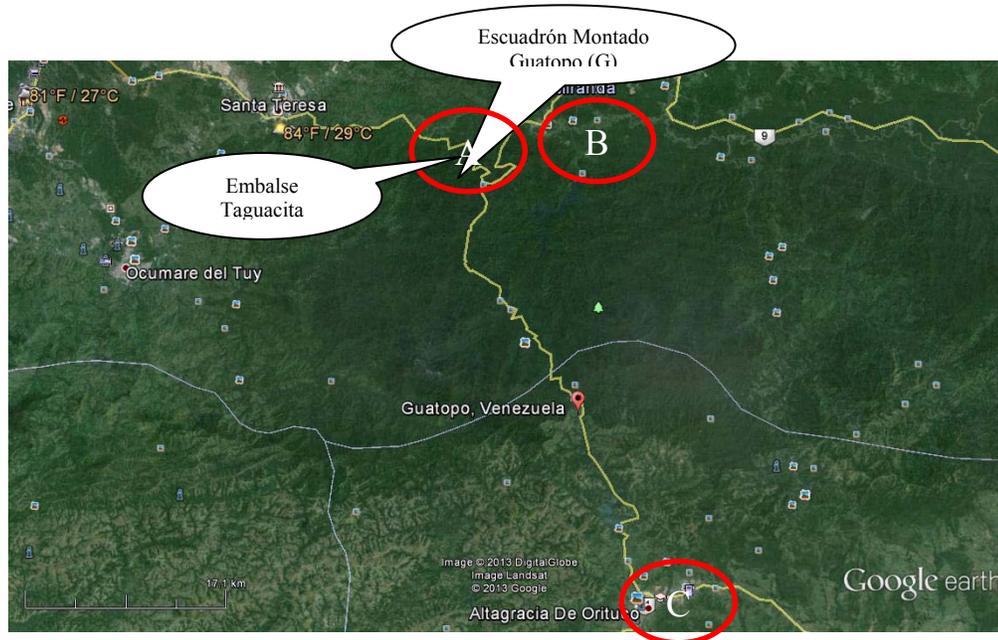


Figura 43. Representación satelital de las posibles fuentes de abastecimiento de la red de energía eléctrica hasta el comando.

Leyenda:

Tramo A – G: Corresponde al trayecto desde el último punto de abastecimiento de energía eléctrica del embalse Taguacita hasta el puesto militar.

Tramo B – G: Corresponde al trayecto desde el último punto de abastecimiento de energía eléctrica de la comunidad Araguaita, Municipio Acevedo (Estado Miranda) hasta el puesto militar.

Tramo C – G: Corresponde al trayecto desde el último punto de abastecimiento de energía eléctrica de la comunidad Banco de Guanape, Municipio Jose Tadeo Monagas (Estado Guárico) hasta el puesto militar.

Analizando las posibles fuentes de abastecimiento de energía eléctrica, que están presentes dentro del Parque Nacional Guatopo, se observa que el área

involucrada en este estudio, representa extensas masas forestales y espacios protegidos de elevado valor natural, puesto que existe una gran biodiversidad de especies tanto de fauna como de flora.

Por tratarse de un Área Bajo Régimen Especial (ABRAE), la ejecución de un proyecto de ampliación de la red de energía eléctrica, no resulta factible puesto que los daños ocasionados al ambiente, durante la etapa de preparación del sitio, etapa de instalación de la línea y la etapa de operación y mantenimiento, requieren de la afectación del ecosistema a intervenir, puesto que implica deforestar el área que ocuparía el tendido eléctrico desde la fuente de suministro hacia el puesto militar.

ENATREL, 2009, señala que los impactos ambientales negativos de las líneas de transmisión son causados por la construcción, operación, mantenimiento de las mismas y posteriormente su desmantelamiento y abandono ordenado del derecho de vía o en su defecto por las labores que implican incrementar la potencia instalada. Asimismo, resalta que la construcción de la franja de servidumbre puede provocar la pérdida o fragmentación del hábitat, o la vegetación que encuentra en su camino. El alcance y la intensidad de estos efectos dependerán en gran medida de las condiciones físicas y de la correcta planificación de los mismos.

Durante el recorrido se observó que el tramo más cercano al puesto de la guardia, es el tramo A - G y B - G, tal como se observa en la figura 42, que para efectos de ampliación de la red de energía eléctrica, se debe considerar la continuidad del tendido eléctrico por la carretera para generar el menor impacto posible, construir canalizaciones para el drenaje de las aguas superficiales y aplicar medidas preventivas y mitigadoras que tienen como fin la minimización de los posibles impactos ambientales generados por las actividades del proyecto, desde su etapa de diseño hasta su etapa de operación y mantenimiento.

A diferencia del tramo C - G, es la distancia donde se encuentra el punto de abastecimiento de energía eléctrica, cuya distancia es de 45 Km., mucho más lejos que los otros dos tramos. En cuanto a las vías de acceso, esta se encuentra en pésimo estado, encontrándose fallas de borde durante el recorrido realizado, así como

también desbordamiento de una quebrada, llegando muchas veces a quedar incomunicado este tramo, por los daños causado en la carretera. Esta situación se presenta con regularidad durante el año producto de las precipitaciones en la zona.

Es evidente entonces, que para la ejecución de un proyecto de esta naturaleza se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental, en el cual se puedan identificar las actividades o acciones del proyecto que puedan resultar en impactos negativos o positivos al medio ambiente; así como también predecir de cómo estas acciones afectarán los diversos componentes ambientales (físico, bióticos o sociales) y evaluar la magnitud e intensidad de cada impacto, todo esto para definir un programa de gestión ambiental que este en sintonía con la legislación ambiental que regula los Parques Nacionales.

Descripción de servicios básicos

Para conocer la existencia o no de servicios básicos disponibles en el puesto militar, se llevó a cabo un recorrido por sus instalaciones, recorrido en las vías de acceso, presencia o no de agua potable, manejo de residuos sólidos, aguas residuales. En donde se observó:

- Ausencia de energía eléctrica proveniente de la red eléctrica convencional.
- Ausencia de suministro de agua potable proveniente de HIDROCAPITAL (Se abastecen de un manantial, almacenando el agua en un tanque).
- Presencia de un pozo séptico para el manejo de aguas residuales).
- Presencia de transporte público que cubre la ruta Caucagua – Santa Teresa.
- Ausencia del servicio de aseo urbano.
- Recolección de desechos y residuos sólidos, para su posterior traslado a los centros de recolección urbano.



Figura 44. Almacenamiento de agua en tanque.

Análisis del impacto medio ambiental

- **Tendido eléctrico convencional**

La ejecución de un proyecto de ampliación de la red de energía eléctrica convencional en el Parque Nacional Guatopo, está restringido por el marco legal que prohíbe la construcción y operación de las instalaciones de transmisión de energía dentro de los parques nacionales; ya que estas producen impactos ambientales directos e indirectos en todo ecosistema.

El alcance y la intensidad de estos efectos dependen en gran medida de las condiciones físicas existentes en el terreno y de la correcta planificación de los mismos, y para nuestro caso el medio físico natural representa un alto valor biológico por la biodiversidad de especies existentes, tal y como se mencionó en el ítem anterior.

- **Sistema fotovoltaico**

Dentro de las fases de instalación y operación de un sistema fotovoltaico se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones, las cuales son capaces de afectar el ambiente sino se maneja adecuadamente:

Cuando se utilizan fuente de respaldo en estos sistemas, se debe manejar adecuadamente el lubricante y combustible, porque de lo contrario puede contaminar el área donde se encuentre el equipo.

El sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso; sin embargo cuando se utilizan fuentes de respaldo, la generación de ruido va a depender de las horas uso del equipo y por ende de la demanda energética del lugar.

El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto; sin embargo, se pueden integrar en los tejados de las viviendas, para aprovechar al máximo la radiación solar y para evitar que represente un obstáculo en el área donde se encuentre la vivienda.

Sistemas eólicos

Dentro de la construcción y operación de un sistema eólico se presentan ciertas acciones asociadas al proyecto, las cuales son capaces de afectar el ambiente, entre las que se destacan las siguientes:

Tala y deforestación: Consiste en realizar la remoción parcial o total de la vegetación en el terreno donde se instalara el sistema híbrido y donde se colocaran los postes. En este caso la deforestación sería mayor debido a que la vegetación dentro del parque es de porte alto y se requeriría un área bastante descubierto para que no interfiera en la velocidad del viento.

Movimiento de tierra: Los movimientos de tierra consisten en las excavaciones, acondicionamiento y relleno del terreno, con el fin de establecer las bases para las estructuras de los paneles fotovoltaicos y las torres para los aerogeneradores, además de los sobre pisos para la colocación de las casetas

prefabricadas, que se instalaran en el sitio, las acometidas subterráneas para la interconexión y las excavaciones para los postes.

Movilización de maquinaria, equipos y materiales: La movilización de la maquinaria, equipos y materiales sería vía terrestre, con apoyo del encargado del puesto militar. Algunos impactos ambientales del aprovechamiento de la energía eólica son los factores visuales y paisajista, ruido e interferencia electromagnética. Efecto sobre la ecología, principalmente sobre los pájaros, los cuales colisionan sobre las estructuras de los aerogeneradores, postes y líneas de altas tensión.

Comando de la Guardia Nacional "Escuadrón Montado Guatopo"

Para obtener información sobre la descripción general del puesto militar, en cuanto a su ubicación geográfica, visión, misión, actividades que desempeña el personal de trabajo, organización actual y situación energética, se llevo a cabo una reunión con el Teniente Edixon Juárez y Jonathan Saldivia, ambos personal de guardia que se encontraba trabajando al momento de la inspección.

▪ Ubicación

Se presenta un mapa donde se identifica la ubicación del puesto militar en estudio, cuyas coordenadas geográficas corresponde a latitud Norte 1126014 y longitud Este 0773417.



Figura 45. Ubicación del puesto militar (Fuente: Google, 2013).

- **Superficie:**

El Escuadrón Montado Guatopo Comando Regional No.5 posee un área jurisdiccional de 122.464 Hectáreas del Parque Nacional Guatopo.

- **Límites:**

Norte: Con la porción media de la Cordillera de la Costa y con la Llanura de Barlovento del Estado Miranda.

Sur: Con el Piedemonte Llanero del Estado Guárico.

Este: Con la continuación de la Serranía del Interior.

Oeste: Con la continuación de la misma Serranía y con los Valles del Tuy.

- **Misión**

El Escuadrón Montado Guatopo del Comando Regional Nro. 5, de la Guardia Nacional Bolivariana, tiene como misión vigilar, fiscalizar y prevenir las actividades que directa o indirectamente puedan causar daños al Parque Nacional Guatopo; así como velar por el cumplimiento de las disposiciones legales relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del mismo, además de las operaciones exigidas para el mantenimiento del orden interno; ejerciendo las actividades de policía administrativa y de investigación penal que le atribuyan las leyes.

- **Actividades que desempeña el personal de trabajo (Funciones)**

La Guardia Nacional de Venezuela es responsable de las funciones de guardería ambiental para garantizar el cumplimiento de la normativa establecida para la protección y explotación racional de los recursos naturales, según lo especificado en el Decreto N° 1221 del 02.11.90, Gaceta Oficial N° 34678 del 19.03.91.

En este contexto, se dedica a proteger al ambiente y contribuir a la conservación, fomento y aprovechamiento racional de los recursos naturales en Parques Nacionales, Reservas Forestales, Monumentos Naturales, Zonas Protectoras, Reservas Hidráulicas, Refugios de Fauna Silvestre, Santuarios de Fauna, Pesca Fluvial y Marina. Actúa contra toda actividad contaminante de la atmósfera, aguas, suelos, bosques y vela por el cumplimiento de las normas anticontaminantes en establecimientos comerciales, empresas de construcción, empresas de aserrío, zonas cafetaleras y ganaderas, así como también la custodia de aquellas especies animales en peligro de extinción como la protección y control de incendios forestales (Ver figura 45).

En el Reglamento Parcial de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio sobre Administración y Manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales, en el capítulo XV de la guardería ambiental, artículo 65 señala que la

guardería ambiental está orientada básicamente a hacer cumplir las leyes y reglamentos en el sentido de la comprobación, vigilancia, fiscalización, prevención y paralización de las actividades que directa o indirectamente puedan causar riesgos o daños al ambiente de los parques nacionales y monumentos naturales.

Por su parte el artículo 69, menciona que son funciones comunes al Presidente del Instituto Nacional de Parques, a los miembros de la Junta Directiva del Instituto, a los demás funcionarios indicados en el artículo 59 de este Reglamento, a los oficiales y efectivos de la Guardia Nacional asignados a la protección de los parques nacionales y monumentos naturales, así como a los particulares a quienes se les haya atribuido funciones de guardería:

Orientar sobre las prioridades de vigilancia y prevención a los órganos de comando y efectivos especializados de la Guardia Nacional y demás funcionarios subalternos asignados a la guardería ambiental de los parques nacionales y monumentos naturales de acuerdo a las directrices del respectivo plan de ordenación y manejo y el correspondiente reglamento de uso.

- Ejercer la vigilancia y prevención de riesgos y daños ambientales a los parques nacionales y monumentos naturales.
- Realizar la fiscalización de las actividades de los particulares en los parques nacionales y monumentos naturales y verificar su conformidad con las normas técnicas y legales aplicables, con el fin de dejar constancia del hecho que se averigua y de la participación de los presuntos responsables.
- Solicitar los refuerzos de vigilancia y prevención necesarios y la ejecución de los procedimientos de urgencia según el caso así lo requiera.

El personal que maneja actualmente el puesto militar “Escuadrón Montado Guatopo” es de 72 funcionarios, el cual ejecutan acciones enmarcadas dentro de lo establecido en la Normativa Legal Vigente, Actas Convenio Interministeriales, Directivas de la fuerza y en coordinación con las autoridades competentes y expertas en la materia ambiental. Igualmente recibe asesoramiento técnico de la Comandancia General de la Fuerza a través de la Dirección de Guardería Ambiental y de los

Departamentos de coordinación Ministerio de Ambiente y Guardia Nacional del Distrito Capital y Estado Miranda.

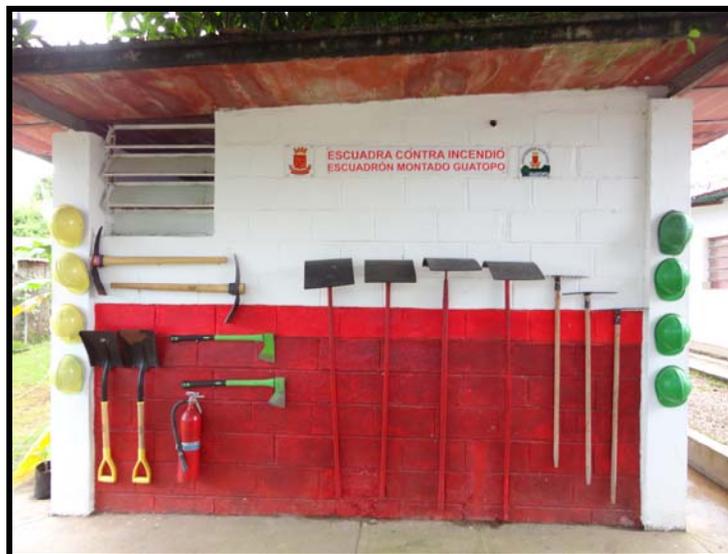


Figura 46. Implementos utilizados por la Escuadra Contra Incendio (Fuente: Fotografía Enero, 2014).

Para dar cumplimiento a las tareas prescritas y deducidas en materia de Guardería Ambiental, las Unidades Operativas adscritas al Escuadrón Montado Guatopo del Comando Regional No.5, cumplen con el servicio de manera intensiva, en sitios estratégicos dentro del parque, tal como se describe en la tabla 10 y en la figura 46:

Tabla 10. Unidades Operativas adscritas al Escuadrón Montado Guatopo.

| Unidad Operativa | Compañía | Puesto |
|------------------------------------|---|---|
| “Escuadrón Montado Guatopo” | Escuadrón Montado Parque Nacional Guatopo | Los Alpes. Peñón de Panaquire Peñón de Ocumare La Colonia. |

Fuente: Edixón Juárez y Jonathan Saldivia, comunicación personal, Agosto 2014.

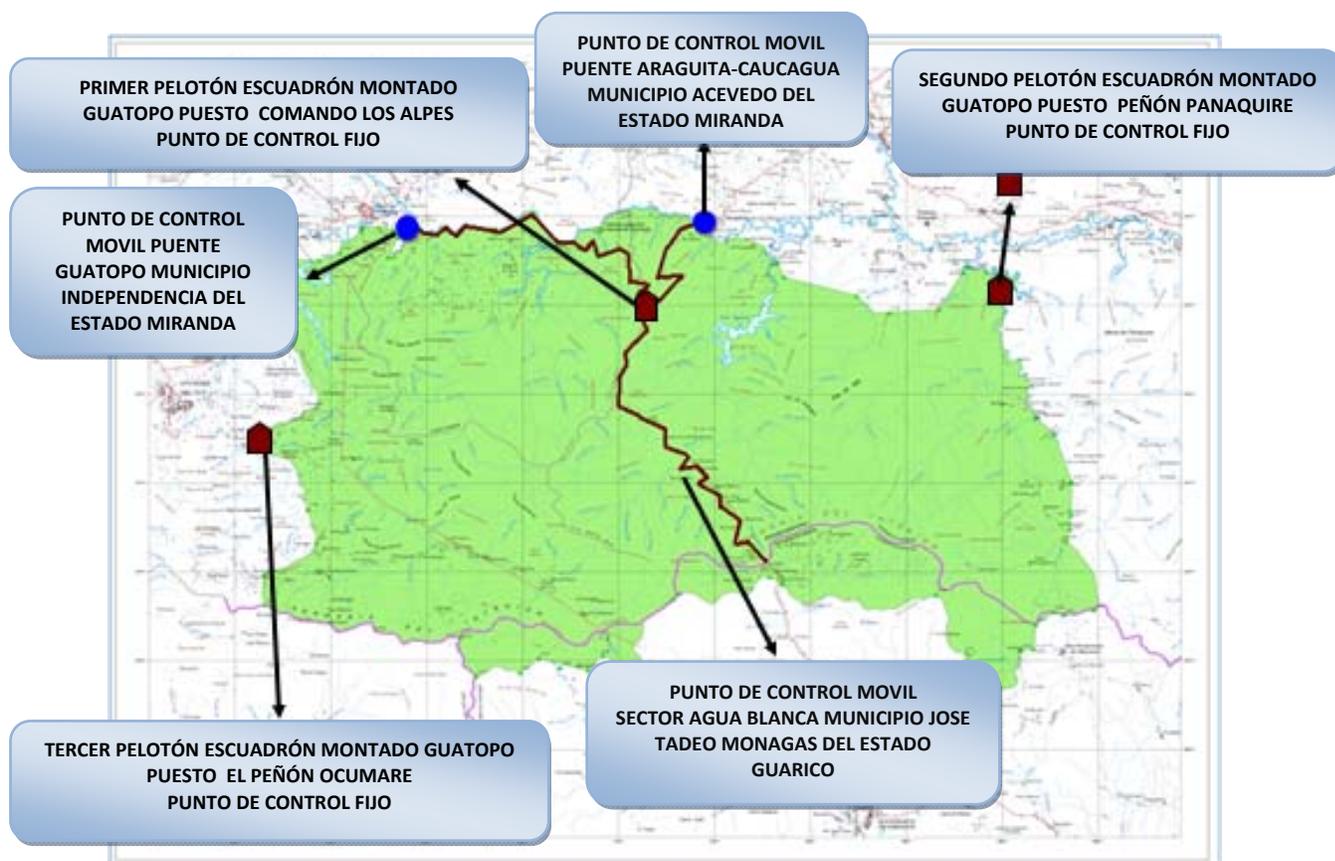


Figura 47. Representación grafica de las unidades operativas.

El Escuadrón Montado Guatopo del Comando Regional Nro. 5 realiza actividades concernientes al servicio, con la utilización de las partidas correspondientes a los gastos de funcionamiento, ya que no cuentan con apoyo logístico específico de la Comandancia General de la Guardia Nacional (COGEGUARNAC) o de los organismos con competencia ambiental. El Escuadrón Montado, percibe mensualmente una prima para cada efectivo, con un monto de acuerdo al Grado sufragada por INPARQUES.

- **Organización actual**

Se consultó la conferencia realizada por el Teniente Edixon Juárez, en donde aparece especificado el organigrama con los diferentes niveles de organización, tal y como aparece reflejado en la figura 48.

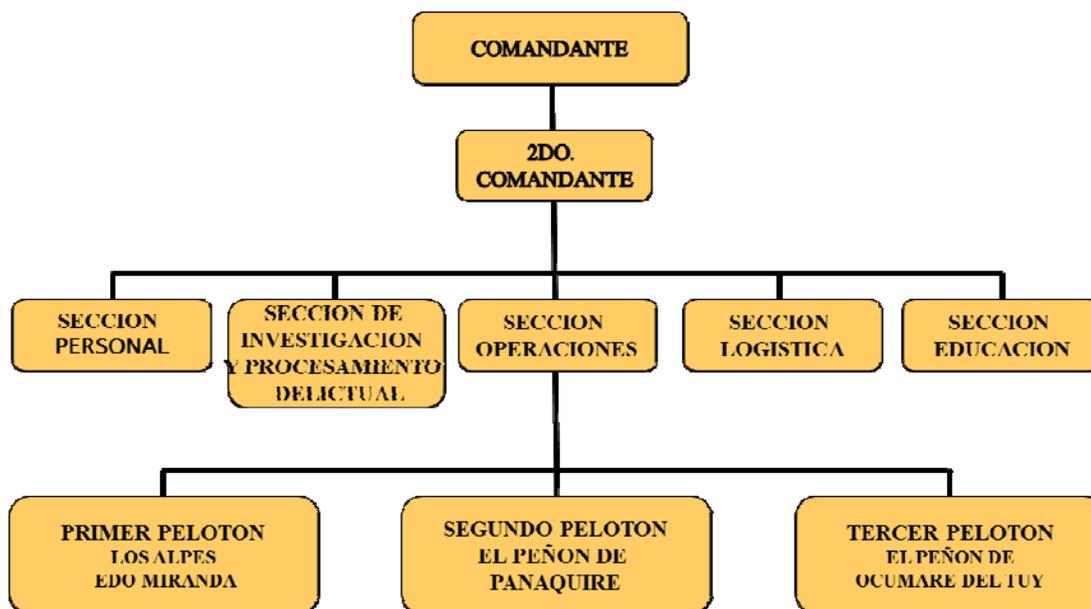


Figura 48. Organigrama del Comando (Fuente: Escuadrón Montado Guatopo, material realizado por Edixón Juárez, 2014).

Entre los organismos que prestan colaboración al puesto militar, se tienen las autoridades con competencia en la materia ambiental, organismos no gubernamentales y otros señalados en el Reglamento de Guardería Ambiental; ubicados dentro de la jurisdicción del Distrito Capital, Estados Miranda y Vargas. Se menciona a continuación:

- Comisión Permanente del Ambiente de la Asamblea Nacional.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente; Sede Central Centro Simón Bolívar; División de Gerencia Territorial del Distrito Capital; Unidad de Gerencia Territorial del Estado Miranda.
- INPARQUES; Dirección de Parques Nacionales (Parque Nacional Guatopo).
- Fiscalía del Ministerio Público en materia ambiental.
- Gobernaciones y Alcaldías del Estados Miranda y Guárico.

- Protección Civil, Cuerpo de Bomberos de los Estado Miranda y Guárico y Juntas Comunales.

- **Características de la infraestructura**

Se procedió a realizar un recorrido por todas las instalaciones del comando, para identificar las diferentes áreas que existen en el puesto militar, tal y como se refleja en la figura 49 y en las fotografías tomadas en los diferentes espacios.

El Escuadrón Montado Guatopo cuenta con infraestructuras donadas por el Instituto Nacional de Parques (INPARQUES), en las cuales se han realizado una serie de modificaciones para el acondicionamiento de las mismas.



Figura 49. Distribución de las áreas que conforman el Comando (Fuente: Tte. Edixón Juárez, 2014).

Actualmente el Comandante que está al frente del comando, está construyendo un dormitorio con su respectivo baño para recibir una tropa de 50 personas, tres habitaciones para los oficiales, un comedor, sala de evidencias, deposito intendencia, enfermería y un área llamado archivo, representado en color amarillo en la figura antes descrita.

- **Situación energética**

Fuente de abastecimiento de energía eléctrica

Para conocer la situación energética del puesto militar, se procedió a realizar un recorrido en los alrededores del área en estudio, observándose recursos energéticos disponibles, principalmente solar, vientos con poca frecuencia y tres fuentes de abastecimiento de energía eléctrica de la red eléctrica convencional, ubicadas en distancias que oscilan entre 18 y 45 kilómetros. Sin embargo a pesar que existen estos recursos energéticos, el encargado de este puesto militar, se vió obligado a adquirir una planta de generación eléctrica hace aproximadamente cinco años (25 KVA), con el propósito de cubrir los requerimientos energéticos de equipos, tales como refrigeración, comunicación, acondicionamiento de áreas para ventilación e iluminación, situación que implicó el uso de combustible Diesel y lubricante, todo esto para mejorar las condiciones de trabajo de los funcionarios y cumplir con las funciones asignadas (Ver figura 50).

Se muestra fotografías de la fuente de generación eléctrica:



Figura 50. Fuente de generación eléctrica.

Las características del equipo son las siguientes:

Tabla 11. Características del generador eléctrico.

| Item | Descripción |
|-----------------|-------------|
| Capacidad | 25 KVa |
| Ciclos | 60 Hertz |
| Marca generador | N/D |
| Observación | Operativa |

El área donde se encuentra el generador corresponde a una construcción de paredes de bloques, techo de platabanda y piso de concreto, posee ventilación en las cuatros paredes. Externamente, al lateral de una de las paredes está ubicado el tanque de gasoil con una capacidad de 400 litros.

En cuanto al comportamiento del generador, durante su funcionamiento, se establece que las emisiones hacia la atmósfera provienen directamente de la combustión del diesel.

Análisis económico-ambiental

Para realizar un análisis ambiental por el uso de esta fuente de generación, se utilizaron datos de la Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), elaborada por la Oficina de Catalana del Cambio Climático (2011), con el propósito de calcular las emisiones asociadas al consumo de energía, tanto en instalaciones fijas como de transporte.

Por otro lado, en esta guía se destaca que cuando se habla de gases de efecto invernadero (GEI) se refieren al CO₂ equivalente (CO₂ eq), que incluye los seis gases

de efecto invernadero recogidos en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Para calcular las emisiones asociadas, se aplicó un factor de emisión de CO₂ atribuible al suministro eléctrico –también conocido como mix eléctrico (g de CO₂/kWh)– que representa las emisiones asociadas a la generación eléctrica. Los factores de conversión para transformar las unidades de masa o volumen en unidades de energía, según el tipo de combustible, que representan el valor calorífico de los combustibles, se tiene que para el caso del gasoil (Litros) corresponde a 11,78 kWh/kg de gasoil, siendo el factor de emisión 2,79 kg CO₂/l de gasoil.

Según la información suministrada por el operador de la planta eléctrica, Jonathan Saldivia, este señaló que la planta de energía eléctrica, consumía aproximadamente 20 litros de combustible y un litro de aceite por día, operando el equipo 20 horas diarias.

Realizando los respectivos cálculos, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 12. Consumo de combustible por el generador vs Emisiones generadas

| Parámetro | Valor |
|---|----------------------------------|
| Consumo de gasoil (Día) | 20 litros |
| Consumo energético (Anual) | 7300 litros |
| Emisiones de CO ₂ (1825 l/año x 2,79 kg/l) | 20,4 Ton de CO ₂ /año |
| Emisiones de NO _x (Kg) | 266,73 Kg |

Se muestra evidencias de derrame de aceite en el piso, donde se encuentra el equipo, situación que debe ser corregido:



Figura 51. Aceite derramado por el generador (Fotografía tomada en Agosto, 2014).

Otro aspecto considerado es el económico, puesto que para adquirir un litro de gasoil esta por el orden de Bs. 0,50; asociado al costo del lubricante, que oscila en Bs. 130,00, para un total de gastos diarios de Bs. 140, 00 por día, aproximadamente Bs. 1000, 00 semanal; esto se traduce en un costo adicional a los costos de operación y mantenimiento del puesto militar. Esta situación llevó a la directiva del comando a plantearle a la coordinación de la Región 5, del Programa Sembrando Luz, la posibilidad de reducir las horas uso de la planta eléctrica, con la instalación de un sistema fotovoltaico de mayor capacidad, para satisfacer los requerimientos energéticos, mejorar las condiciones de trabajo y la reducción de gastos asociados por combustibles y lubricantes.

Es en respuesta a esta situación que en el año 2009, el Programa Sembrando Luz, llevado por FUNDELEC – MPPEE entregó en comodato un SFV 1200 Wp. con el propósito de cubrir los requerimientos básicos en cuanto a iluminación, comunicación, acondicionamiento de las áreas – Ventilación -).

Cabe destacar que para esa fecha el Programa Sembrando Luz contaba únicamente con este tipo de sistema fotovoltaico por lo que no se pudo suplir el resto de las necesidades eléctricas. El mencionado sistema fue instalado el 29 de Julio del año 2009 con la colaboración del personal del comando, se tomaron fotografías del equipo.

En la figura 51, se muestra el procedimiento realizado en la instalación del sistema fotovoltaico de 1200 Wp., en donde se realizaron diversas actividades que

comprende la construcción de la losa (a), instalación de la estructura de soporte (b, c), instalación de los módulos fotovoltaicos (d), instalación del banco de baterías (e, f), ajuste de conexiones eléctricas (g), puesta en marcha del equipo (h).



Figura 52. Procedimiento realizado en la instalación del SFV 1200 Wp.
(Fuente: Elaboración propia, año 2009).

Cabe destacar que el equipo instalado, pasado dos años, comenzó a presentar fallas a nivel de inversor, producto a sobre-exigencias en la conexión de carga al sistema, ocasionando interrupción del servicio de energía eléctrica hacia el comando, lo que obligaba al operario de la planta eléctrica, encenderla nuevamente y como consecuencia se incrementaban las horas usos del equipo, perturbando y contaminando el ambiente de trabajo.

En vista de esta situación presentada en el año 2013, el Comandante encargado, manifiesta la situación al Coordinador de la Región Central del Programa Sembrando - FUNDELEC, Carlos Araque, para solucionar el problema; sin embargo, dada las recurrentes fallas del equipo instalado, la cantidad de personal presente en el comando, cada vez mayor, y los diversos equipos electrodomésticos presentes en cada área, fue necesario realizar un estudio técnico, utilizando una metodología que permitiera evaluar los recursos de la zona y en su defecto utilizar un sistema de energía renovable apropiado que satisficiera las necesidades eléctricas reales del comando, tomando en cuenta los sistemas estándar que maneja el Programa Sembrando Luz - FUNDELEC.

No obstante, también se evaluó la posibilidad de ampliar la red de energía eléctrica de la fuente de abastecimiento más cercano al puesto militar; encontrándose que la ubicación del comando de la Guardia Nacional, estaba definida como una zona protegida, bajo el decreto 276 denominado “Reglamento Parcial de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio sobre Administración y Manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales”, esto limitó las diferentes posibilidades para energizar este comando a partir del último punto de abastecimiento de energía eléctrica ubicado en la comunidad Araguita por el Municipio Acevedo, Embalse de Taguacita por la vía Santa Teresa) y la Comunidad Banco de Guanape, por Altigracia de Orituco (Estado Guárico), quedando descartada esta opción.

Cabe destacar que la zona necesariamente requiere la presencia de este cuerpo militar dado que es un punto estratégico por ser zona limítrofe estatal, en donde se requiere garantizar la integridad de la seguridad imperante en el área y la integridad ambiental de la zona protegida que resguarda (Biodiversidad).

Sobre la base de las consideraciones anteriores, es que se planteó la posibilidad de implementar un sistema de energía renovable de mayor capacidad, bien sea eólico, fotovoltaico o híbrido, de los sistemas estándares que maneja actualmente el Programa Sembrando Luz. Fue necesario realizar un estudio más detallado de las variables involucradas. Se procedió posteriormente a realizar una caracterización de la carga por área, en donde se describieron los equipos electrodomésticos, señalando cantidad y potencial nominal de cada uno, obteniéndose el siguiente resultado:

Caracterización de la carga:

En segundo lugar se procedió a determinar la demanda de energía eléctrica, mediante un inventario realizado a todos los artefactos eléctricos, tomando en cuenta el área donde se encontraban, la cantidad y la potencia nominal de cada uno. Los resultados del inventario están explícitos en la tabla 13.

Tabla 13. Aparatos eléctricos utilizados en el comando.

| Aparato (Carga) | Descripción (CA) | Imagen |
|-----------------|--|---|
| Computadora | Sistema de computación básico: Monitor, CPU, teclado, mouse. Marca: Marca HP |  |
| Laptop | Marca: Lenovo |  |

| | | |
|--------------------|-----------------------|---|
| Nevera | Marca: LG |  |
| Congelador | Marca: Pixys |  |
| Bombillos | Ahorradores, 18 W |  |
| Televisor | Marca: Haier |  |
| Ventilador | Marca: FM |  |
| Licuadora | Modelo: Oster 6800 13 |  |
| Decodificador | Marca: Directv |  |
| Aire acondicionado | Marca: Samsung |  |
| Radio | Marca: Motorola |  |

Cada aparato tiene definida una potencia nominal, que al multiplicarse por el número de unidades del mismo, se obtiene su potencia total en el área donde está ubicado. En la tabla 14, se presentan dichas potencias totales y la cantidad de horas de funcionamiento, tomando en cuenta que los aparatos de alto consumo, a pesar de

estar conectados las 24 horas del día, el tiempo en el que realmente requieren su potencia nominal es menor (Nevera, congelador).

Tabla 14. Demanda eléctrica diaria del puesto militar.

| CONSUMO DIARIO ACTUAL | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|----------|--------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| Area | Nombre | Cantidad | Potencia (W) | Potencia Total (W) | Horas Funcionamiento /Dia | Lapso de tiempo | Energia (W/h) | Energia kWh (Dia) |
| Sala de recibo | Lámpara fluorescente compacta | 1 | 18 | 18 | 12 | 6 pm - 6 am | 216 | 0,22 |
| | Aire acondicionado | 1 | 1900 | 1900 | 4 | 8 pm- 10pm, 2pm-4pm | 7600 | 7,60 |
| Oficina del Cmdte, Habitación, Baño | Decodificador | 1 | 20 | 20 | 4 | 12m-2pm; 6-8pm | 80 | 0,08 |
| | Computadora Portatil | 1 | 90 | 90 | 4 | 8-10am; 2-4pm | 360 | 0,36 |
| | Lámpara fluorescente compacta | 3 | 18 | 54 | 4 | 8-10am; 2-4pm | 216 | 0,22 |
| | Televisor 21" | 1 | 85 | 85 | 4 | 10 -12m-2-4pm | 340 | 0,34 |
| Oficina S1, S2, S3, S4 | Lámpara fluorescente compacta | 4 | 18 | 72 | 4 | 8-10am; 2-4pm | 288 | 0,29 |
| | Computadora de Escritorio | 2 | 120 | 240 | 4 | 8-10am; 2-4pm | 960 | 0,96 |
| | Radio Transmisor (Fuente de poder) | 1 | 20 | 20 | 10 | 6-10am; 12-4pm; 8-10pm | 200 | 0,20 |
| | Aire acondicionado | 1 | 1900 | 1900 | 4 | 10am- 12m, 2pm-4pm | 7600 | 7,60 |
| Parque de armas | Lámpara fluorescente compacta | 3 | 18 | 54 | 4 | 8-10am; 2-4pm | 216 | 0,22 |
| | Ventilador | 1 | 65 | 65 | 4 | 8-10am; 5-7pm | 260 | 0,26 |
| Baños | Lámpara fluorescente compacta | 2 | 18 | 36 | 8 | 5-7am; 11am-1pm; 6-10pm | 288 | 0,29 |
| | Aire acondicionado | 1 | 1900 | 1900 | 6 | 8-10am, 2-4pm; 6-8pm | 11400 | 11,40 |
| Dormitorio | Lámpara fluorescente compacta | 4 | 18 | 72 | 8 | 7-9am; 12-4pm; 8-10pm | 576 | 0,58 |
| | Televisor 21" | 1 | 85 | 85 | 8 | 7-9am; 12-4pm; 8-10pm | 680 | 0,68 |
| | Decodificador | 1 | 20 | 20 | 8 | 7-9am; 12-4pm; 8-10pm | 160 | 0,16 |
| | Ventilador | 2 | 65 | 130 | 4 | 8-10am; 5-7pm | 520 | 0,52 |
| Cocina | Congelador | 1 | 250 | 250 | 8 | 7-9am; 10am-12m; 2-6pm | 2000 | 2,00 |
| | Lámpara fluorescente compacta | 2 | 18 | 36 | 6 | 7-9am; 12m-2pm; 6-8pm | 216 | 0,22 |
| | Licudadora | 1 | 450 | 450 | 0,42 | 12m | 189 | 0,19 |
| Pasillos | Lámpara fluorescente compacta | 8 | 18 | 144 | 12 | 6 pm - 6 am | 1728 | 1,72 |
| Planta electrica | Lámpara fluorescente compacta | 1 | 18 | 18 | 12 | 6 pm - 6 am | 216 | 0,22 |
| Total | | | | 7.659,00 | | | 36.309,00 | 36,30 |

En la tabla 15, se presenta el cálculo del consumo horario de la carga que actualmente existe en el puesto militar:

Tabla 15. Consumo horario actual del puesto militar.

| Horario | | KW/h |
|---------------|---------------|---------------|
| AM | 00:00 - 01:00 | 0,179 |
| | 01:00 - 02:00 | 0,179 |
| | 02:00 - 03:00 | 0,179 |
| | 03:00 - 04:00 | 0,179 |
| | 04:00 - 05:00 | 0,179 |
| | 05:00 - 06:00 | 0,215 |
| | 06:00 - 07:00 | 0,056 |
| | 07:00 - 08:00 | 0,483 |
| | 08:00 - 09:00 | 3,088 |
| | 09:00 - 10:00 | 2,625 |
| | 10:00 - 11:00 | 2,235 |
| PM | 11:00 - 12:00 | 2,460 |
| | 12:00 - 01:00 | 0,289 |
| | 01:00 - 02:00 | 0,253 |
| | 02:00 - 03:00 | 6,742 |
| | 03:00 - 04:00 | 6,742 |
| | 04:00 - 05:00 | 0,250 |
| | 05:00 - 06:00 | 0,445 |
| | 06:00 - 07:00 | 2,366 |
| | 07:00 - 08:00 | 2,171 |
| | 08:00 - 09:00 | 2,312 |
| | 09:00 - 10:00 | 2,312 |
| 10:00 - 11:00 | 0,179 | |
| 11:00 - 12:00 | 0,179 | |
| Sub -Total | | 36,297 |
| Kw/h | | 1,610 |

Una vez realizado los cálculos matemáticos para determinar la demanda eléctrica actual del puesto militar, se procedió a calcular la demanda eléctrica proyectada, dado que existen otras áreas en el comando que están en construcción y por lo tanto serán utilizados ciertos equipos de comunicación, refrigeración, ventilación e iluminación, los cuales serán tomados en cuenta, ver tabla 16.

Tabla 16. Consumo diario de la carga proyectada del puesto militar.

| CONSUMO DIARIO DE LA CARGA PROYECTADA | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------|--------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|
| Area | Nombre | Cantidad | Potencia (W) | Potencia Total (W) | Horas Funcionamiento /Dia | Lapso de tiempo | Energia (W/h) | Energia kWh (Dia) |
| Dormitorio oficial | Ventilador | 1 | 65 | 65 | 8 | 10 pm - 6 am | 520 | 0,52 |
| | Decodificador | 1 | 20 | 20 | 8 | 7-9am; 12-4pm; 8-10pm | 160 | 0,16 |
| | Lámpara fluorescente compacta | 1 | 18 | 18 | 8 | 7-9am; 12-4pm; 8-10pm | 144 | 0,144 |
| | Televisor 21" | 1 | 85 | 85 | 8 | 7-9am; 12-4pm; 8-10pm | 680 | 0,68 |
| Dormitorio oficial | Lámpara fluorescente compacta | 1 | 18 | 18 | 8 | 7-9am; 12-4pm; 8-10pm | 144 | 0,144 |
| | Ventilador | 1 | 65 | 65 | 8 | 10 pm - 6 am | 520 | 0,52 |
| Baño | Lámpara fluorescente compacta | 1 | 18 | 18 | 8 | 5-7am; 11am-1pm; 6-10pm | 144 | 0,144 |
| Dormitorio de Tropa | Lámpara fluorescente compacta | 6 | 18 | 108 | 8 | 7-9am; 12-4pm; 8-10pm | 864 | 0,864 |
| | Televisor 21" | 2 | 85 | 170 | 8 | 7-9am; 12-4pm; 8-10pm | 1360 | 1,36 |
| | Decodificador | 2 | 20 | 40 | 8 | 7-9am; 12-4pm; 8-10pm | 320 | 0,32 |
| | Ventilador | 2 | 65 | 130 | 8 | 10 pm - 6 am | 1040 | 1,04 |
| Archivo pasivo | Lámpara fluorescente compacta | 1 | 18 | 18 | 6 | 7-9am; 12m-2pm; 6-8pm | 108 | 0,108 |
| Sala de Evidencias | Lámpara fluorescente compacta | 1 | 18 | 18 | 6 | 7-9am; 12m-2pm; 6-8pm | 108 | 0,108 |
| Deposito Intendencia | Lámpara fluorescente compacta | 1 | 18 | 18 | 6 | 7-9am; 12m-2pm; 6-8pm | 108 | 0,108 |
| Enfermería | Nevera | 1 | 300 | 300 | 8 | 7-9am; 10am-12m; 2-6pm | 2400 | 2,4 |
| | Lámpara fluorescente compacta | 2 | 18 | 36 | 8 | 8-12m; 2-6pm | 288 | 0,288 |
| Dpto. de Comunicación | Lámpara fluorescente compacta | 1 | 18 | 18 | 8 | 8-12m; 2-6pm | 144 | 0,144 |
| | Radio Transmisor (Fuente de poder) | 1 | 20 | 20 | 10 | 6-10am; 12-4pm; 8-10pm | 200 | 0,2 |
| Oficina del 2do Cmdte. | Lámpara fluorescente compacta | 1 | 18 | 18 | 4 | 8-10am; 2-4pm | 72 | 0,072 |
| | Ventilador | 1 | 65 | 65 | 8 | 10 pm - 6 am | 520 | 0,52 |
| | Computadora de Escritorio | 2 | 120 | 240 | 4 | 8-10am; 2-4pm | 960 | 0,96 |
| Prevencion | Lámpara fluorescente compacta | 2 | 18 | 36 | 12 | 6 pm - 6 am | 432 | 0,432 |
| Total = | | | | 1524 | | | 11236 | 11,236 |

Tabla 17. Consumo horario de la carga proyectada del puesto militar.

| Horario | | KW |
|------------|---------------|--------------|
| AM | 00:00 - 01:00 | 0,361 |
| | 01:00 - 02:00 | 0,361 |
| | 02:00 - 03:00 | 0,361 |
| | 03:00 - 04:00 | 0,361 |
| | 04:00 - 05:00 | 0,361 |
| | 05:00 - 06:00 | 0,379 |
| | 06:00 - 07:00 | 0,038 |
| | 07:00 - 08:00 | 0,833 |
| | 08:00 - 09:00 | 1,145 |
| | 09:00 - 10:00 | 0,33 |
| | 10:00 - 11:00 | 0,35 |
| | 11:00 - 12:00 | 0,37 |
| PM | 12:00 - 01:00 | 0,55 |
| | 01:00 - 02:00 | 0,53 |
| | 02:00 - 03:00 | 1,11 |
| | 03:00 - 04:00 | 1,11 |
| | 04:00 - 05:00 | 0,32 |
| | 05:00 - 06:00 | 0,32 |
| | 06:00 - 07:00 | 0,11 |
| | 07:00 - 08:00 | 0,11 |
| | 08:00 - 09:00 | 0,53 |
| | 09:00 - 10:00 | 0,53 |
| | 10:00 - 11:00 | 0,38 |
| | 11:00 - 12:00 | 0,38 |
| Sub -Total | | 11,24 |
| Kw/h | | 0,468 |

En la figura 53, se puede observar el comportamiento de la curva demanda eléctrica diaria y la curva de la demanda eléctrica proyectada, donde se puede ver que ambas curvas tienen la misma tendencia, siendo el pico máximo en el horario comprendido

de 01:00 a 04: pm, por lo que se harán las respectivas recomendaciones optimizar el uso de la energía eléctrica.

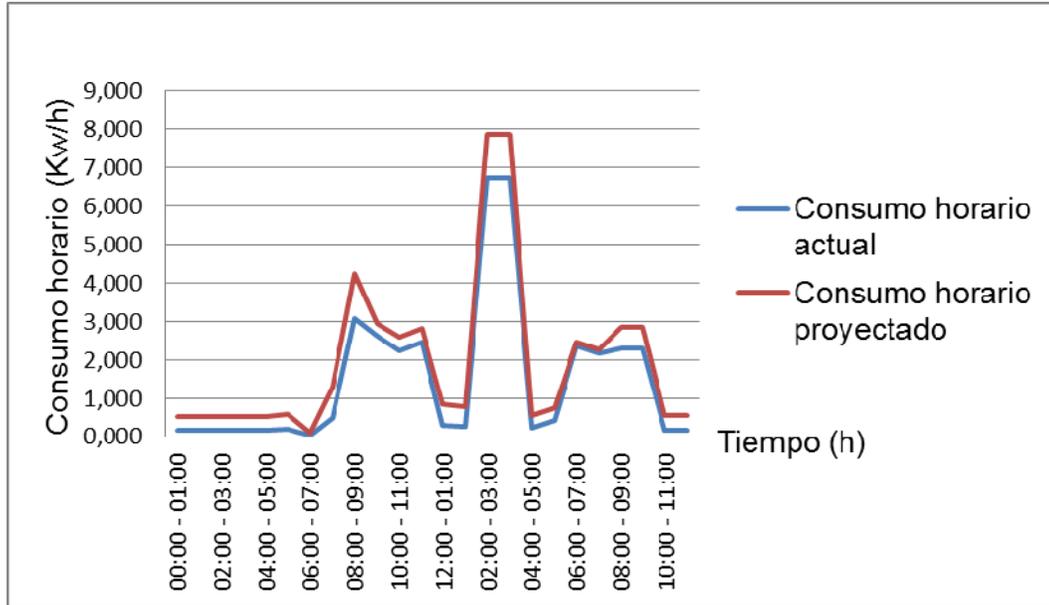


Figura 53. Representación grafica de la demanda eléctrica horaria en un día.

FASE II: SELECCIÓN DEL SISTEMA ADECUADO PARA LA ZONA DE ESTUDIO.

Para la selección del sistema más adecuado para el puesto militar, se empleó la metodología diseñada por Gedler, L. y Rangel J. (2013), el cual proponen una manera de determinar de forma rápida y preliminar cual es el sistema a instalar para una región específica, mediante un cuadro de características típicas de la región, para lo cual se pudo observar que la zona en estudio se encuentra en el escenario tipo 4, destacando que se podría instalar un sistema solar o una minihidro, tal y como se observa en la tabla 18:

Tabla 18. Tipo de sistema preliminar por escenario.

| Escenario | Potencia del viento | Radiación Solar | Potencial Hidráulico | Tipo de sistema preliminar |
|-----------|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | Alta | Baja | Bajo | Eólico |
| 2 | Media | Alta | Bajo | Solar |
| 3 | Media | Baja | Alto | Minihidro |
| 4 | Baja | Alta | Alto | Solar – Minihidro |
| 5 | Muy alto | Baja | Alto | Eólico – Minihidro |
| 6 | Alta | Alta | Bajo | Solar – Eólico |

Fuente: Gedler, L. y Rangel J. (2013)

El escenario 4 presenta las siguientes características:

- Zona con vientos de velocidades promedio inferiores a los 4m/s. gran parte del año.
- Radiación anual promedio mayor a 4kwh/m² cerca del 70% del año.
- Corriente de agua cercana con buen caudal debido a las lluvias que se producen en ciertos meses del año, mayor a 500 l/s y saltos de más de 30m.

Analizando los resultados obtenidos con esta metodología y al compararlos con la oferta de los recursos energéticos de la zona, se concluye que el sistema que mejor se adapta a la zona es un *Sistema fotovoltaico*, puesto que la zona posee un excelente potencial solar con valores de 5,5 kWh/m² día, que puede ser aprovechado para la generación de energía eléctrica, por ser un recurso presente en todos los meses de año, siendo el mes con menor radiación entre junio y julio. En ese mismo sentido, fue necesario considerar la incidencias de precipitaciones en la zona, debido a que el puesto militar se encuentra ubicado en un zona clasificada como bosque húmedo tropical, en donde es evidente la presencia de humedad en la zona, y esto influye en la llegada de la radiación solar a la superficie, por la presencia de nubes y vegetación en el lugar, es por ello que se recomendó acoplar el generador eléctrico, como fuente de respaldo, para garantizar el suministro de energía eléctrica a la demanda actual del puesto militar (36,30 kW/h/día), bajo estas condiciones.

El análisis de los datos de viento nos indicó, que éste recurso en la zona en estudio, no es suficiente para garantizar el funcionamiento constante de un sistema eólico, por lo tanto se descarto esta opción. Además se tomó en cuenta, la deficiente información sobre el histórico de datos acerca del comportamiento del régimen de vientos, en relación a la dirección predominante y frecuencia de ocurrencia.

En cuanto al potencial hidráulico, pese a que en la zona su existencia, frecuencia y explotabilidad están garantizados, este fue descartado por ser considerado una zona protegida, regulada por un marco jurídico –legal especial (los diversos cursos de agua represados y embalsados existentes, son destinados únicamente para el consumo humano de bajo impacto, y fauna local).

Partiendo de esta información, se procedió a realizar una reunión con la Coordinación de la Región Central del Programa Sembrando Luz - FUNDELEC, con el propósito de analizar los resultados obtenidos en la fase I y de esta manera tomar una decisión en consenso para la selección del sistema, en función de los tipos de equipos que maneja la institución, llegándose a la conclusión que el sistema que mejor se adapta a la zona es un **Sistema Fotovoltaico de mediana capacidad de generación (Sistema Outback de 3840 Wp.)**, con la posibilidad de utilizar una planta de respaldo, tomando en cuenta la demanda eléctrica del puesto militar y la oferta de los recursos climáticos de la zona.

Este equipo requiere de solo energía solar para la generación eléctrica. Posee un banco de batería con mayor capacidad de almacenamiento, en comparación con los equipos de menor capacidad, así como la posibilidad de entregar corriente en 110 y 220 v y satisfacer una demanda de energía cercana a 12 Kw en el pico máximo de arranque.

Dentro de los sistemas de energías renovables que maneja el Programa Sembrando Luz – FUNDELEC (clasificación interna de los sistemas de energización por fuentes renovables que maneja la Fundación) se tiene:

1. Sistemas de menor capacidad: Denominación que se le asigna a los equipos que generan 300, 600 y 1200 Wp.

Tabla 19. Componentes de un SFV de 300 Wp.

| Potencia | Módulos | Baterías | Inversores | Reguladores | Protecciones | Aterramiento |
|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------------|----------------------|
| 300 W/p | 2 de 170 W/p | 2 de 150 A/h | Uno de 350 W | Uno de 20 A | Breque de 25 A | Una barra copperweld |

Fuente: Gerencia de Energía Renovable FUNDELEC, 2014.



(a) Armario de control y baterías. (b) Estructura y módulos.

Figura 54. Vista del SFV 300 Wp. instalado en una vivienda.

Tabla 20. Componentes de un SFV de 600 Wp. con inversor de 750 W.

| Potencia | Módulos | Baterías | Inversores | Reguladores | Protecciones | Aterramiento |
|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------------|----------------------|
| 600 W/p | 4 de 160 W/P | 4 de 300 A/h | Uno de 750 W | Uno de 40 A | Breque de 30 A | Una barra copperweld |

Fuente: Gerencia de Energía Renovable FUNDELEC, 2014.



Figura 55. Vista de los componentes del SFV 600 Wp. instalado en una vivienda.

Tabla 21. Componentes de un SFV de 600 Wp. con inversor de 1100 W.

| Potencia | Módulos | Baterías | Inversores | Reguladores | Protecciones | Aterramiento |
|----------|--------------|--------------|---------------|-------------|----------------|----------------------|
| 600 W/p | 4 de 170 W/p | 4 de 300 A/h | Uno de 1100 W | Uno de 30 A | Breque de 30 A | Una barra copperweld |

Fuente: Gerencia de Energía Renovable FUNDELEC, 2014.



Figura 56. Vista del SFV 600 Wp. instalado en una vivienda.

Tabla 22. Componentes de un SFV de 1200 Wp.

| Potencia | Módulos | Baterías | Inversores | Reguladores | Protecciones | Aterramiento |
|----------|--------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|
| 1200 W/p | 8 de 150 W/p | 12 de 490 A/h | Uno de 750W | Dos de 20 A | Fusiblera dos de 25 A y una de 50 A | Una barra copperweld |

Fuente: Gerencia de Energía Renovable FUNDELEC, 2014.



Figura 57. Vista del SFV 1200 Wp. instalado en una estación guarda parques.

2. Sistemas de mediana capacidad: Denominación que se le asigna a los equipos que generan 3840 Wp.

Tabla 23. Componentes de un SFV de 3840 Wp.

| Potencia | Módulos | Baterías | Inversores | Reguladores | Protecciones | Aterramiento |
|----------|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------------|----------------------|
| 3840 W | 24 de 170 W | 24 de 800 A/h (Plomo ácido - Gel) | 2 de 3000 W | Uno de 80 A | Contratrasientes, breque de 60 y 80 A | Una barra Copperweld |

Fuente: Gerencia de Energía Renovable FUNDELEC, 2014.

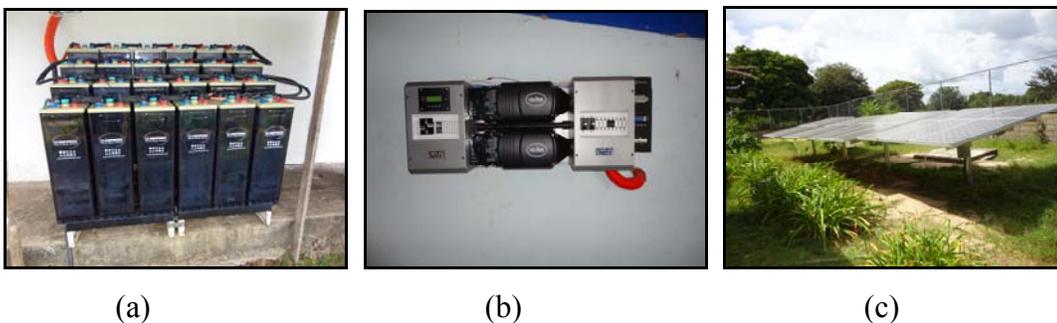


Figura 58. Vista del SFV 3840 Wp. instalado en un ambulatorio del Estado Apure (a) Banco de baterías plomo-acido (b) Panel de control (c) Arreglos fotovoltaicos.



Figura 59. Vista del SFV 3840 Wp. instalado en el CENIT, Base Sucre en el Estado Aragua (a) Panel de control y banco de baterías de gel (b) Arreglos fotovoltaicos.

- **Sistemas de alta capacidad:** Denominación que se le asigna a los sistemas híbridos por tener capacidades de generación entre 6 kWp y 18 kWp. Estos equipos

ofrecen mayor seguridad en el suministro de energía eléctrica, por aprovechar dos fuentes renovables, la radiación solar y la fuerza eólica del viento, complementado con el respaldo del grupo electrógeno.



Figura 60. Sistema híbrido instalado en la comunidad Los Arroyos, Estado Falcón.

FASE III: DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE SELECCIONADO, A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA FASE I Y II.

1. Consideraciones preliminares:

Dentro de los aspectos que se debe considerar para el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo, que arroje el cálculo óptimo de la instalación (dimensionamiento), se tienen los enunciados a continuación:

- Estudio previo de la zona
- Cálculo de la radiación disponible
- Determinación de la carga
- Determinación de los parámetros de energización (potencia suministrada, corriente de carga de las baterías, número de paneles solares y su potencia nominal, tensión de operación en corriente continua, número de baterías, potencia de salida, pérdidas por transmisión y dimensiones del conductor)
- Diseño o elección de componentes

- Normas de seguridad
- Análisis económico (si aplica)
- Normas de operación y mantenimiento.

Los factores que afectan principalmente al diseño de los sistemas fotovoltaicos son: la radiación solar disponible, el perfil de consumo, las características eléctricas de las cargas y las características técnicas de cada uno de los componentes elegidos (UNIA, 2010).

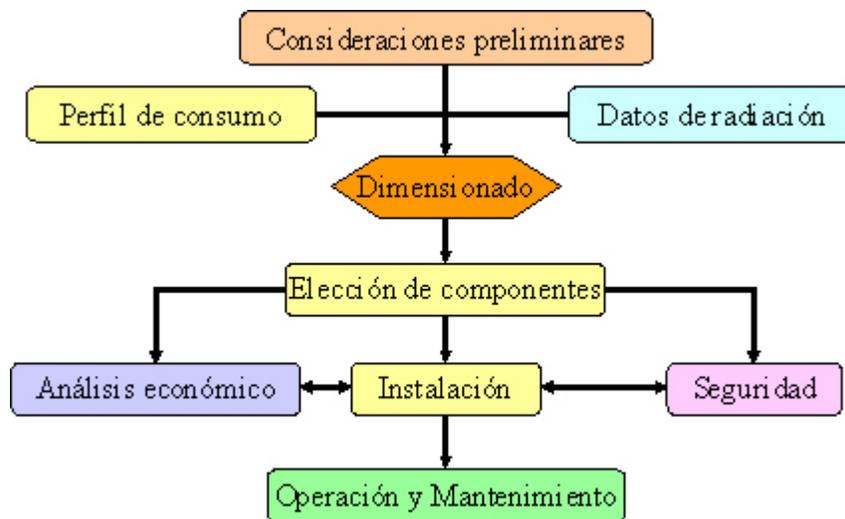


Figura 61. El diseño y dimensionado de un sistema fotovoltaico (UNIA, 2010).

En **consideraciones preliminares**, el diseñador de sistemas debe plantearse cuestiones de carácter general. Éstas pasan por contestar cuestiones básicas del tipo siguiente: ¿Dónde colocar la estructura y los paneles?, ¿Dónde instalar los equipos electrónicos?, ¿Cómo realizar el transporte de los materiales?, ¿Qué disponibilidad de personal hay en la zona?, ¿Dónde colocar las baterías?, ¿Cuál es la necesidad de obra civil? y ¿Cuál es la distancia a la red eléctrica?

También se deben considerar cuestiones relativas a la propia instalación, como son: determinar el voltaje de trabajo, si la instalación de consumo es en

continua y/o alterna, si el sistema va a ser autónomo o si por el contrario se va a disponer de un equipo auxiliar y cuantos días de autonomía va a tener el sistema. Este trabajo previo de campo debe hacerse en estrecha colaboración con el usuario final, con el fin de estudiar todas las alternativas posibles y evaluar su incidencia en el coste final de la instalación.

Abella, M. (s/a), señala que el propósito del dimensionado del sistema FV es el cálculo del número de módulos y baterías necesarias para suministrar de modo fiable un determinado consumo durante un año típico. Esto involucra el balance entre dos objetivos, normalmente opuestos, máxima fiabilidad y mínimo coste.

Existen métodos simples hasta complejos modelos matemáticos. Dentro del método simple se tiene el “método amperios-hora”, ya que esencialmente calcula cuantos amperios hora por día son necesarios del generador FV, de acuerdo con la carga de diseño y las condiciones climáticas.

Este método está basado en simples principios:

- Se dimensiona para que la producción del generador fotovoltaico sea igual al consumo (en valores promedio)
- Se dimensiona para que la batería pueda abastecer el consumo cuando no hay sol durante un determinado número de días consecutivos.

Este mismo autor agrega que este método se basa en el cálculo del consumo diario en amperios-hora, teniendo en cuenta las pérdidas entre la batería y las cargas y el rendimiento de carga de la batería. La batería se dimensiona teniendo en cuenta el “número de días de autonomía”. Para dimensionar el generador FV son necesarios los datos de irradiación del lugar de la instalación. En el caso más normal se supone un consumo estacionario durante el año, en cuyo caso se necesitan los valores diarios medios en el plano del generador para el peor mes del año y el ángulo óptimo de inclinación.

De manera complementaria a lo antes mencionado, se desglosan los aspectos a tomar en consideración:

Cálculo de los consumos diarios

- Se trata de obtener el consumo medio diario, en amperios-hora por día, en la batería. Si este no es constante durante todo el año, se ha de calcular para cada mes. Se puede utilizar el voltaje de la batería, pero se ha de tener en cuenta que el voltaje al que operan los equipos incluyen las caídas de tensión, lo cual aumenta el consumo.
- Se trata de confeccionar un listado de los diversos aparatos conectados al sistema, el número de horas de uso diario y el voltaje nominal de operación de cada uno. En principio la determinación del consumo resulta claro y directo: únicamente se necesita calcular el consumo de energía de todos los dispositivos que se incluirán en el sistema fotovoltaico.
- La tensión (voltaje) nominal del sistema es normalmente la necesaria para las cargas más elevadas. Si predominan cargas AC, debe elegirse una tensión DC que sea compatible con la entrada del inversor.
- Normalmente el rendimiento de los inversores es mejor para los aparatos que funcionan a tensiones más altas, como 48 y 120V. La selección del inversor es importante e influye tanto en el coste como en el funcionamiento y la fiabilidad del sistema. En general se recomiendan tensiones de 12V para potencias menores de 1.5 kW, 24 o 48V para potencias entre 1.5 y 5 kW y 48 o 120 V para potencias mayores de 5 kW.

Cálculo de la potencia pico y de la corriente

Este paso es necesario para el dimensionado del regulador de carga, inversor, cableado, fusibles, etc..., de modo que puedan soportar la potencia pico. Consiste en sumar las potencias AC y DC del consumo y dividirlo por el voltaje de la batería para obtener la corriente pico, o corriente máxima de consumo.

Corrección del consumo

Se utiliza un factor que toma en consideración el rendimiento de carga de la batería, y por tanto el consumo en amperios-hora obtenidos en el paso anterior se incrementan por este factor para dar un consumo corregido. El rendimiento de la batería depende del tipo de batería y de cuan de profundo es el ciclado diario. También se incluye un factor que tiene en cuenta el rendimiento del cableado del sistema (normalmente en torno al 0.98).

Corriente y ángulo de inclinación

Con este procedimiento de dimensionado existe un mes determinante para el diseño del sistema, que es el mes en que baja al mínimo la proporción de energía solar disponible y el consumo. Con este criterio, el sistema FV se dimensiona para satisfacer dicho consumo en el peor mes del un año promedio. El ángulo de inclinación óptimo es aquel que da la mayor radiación para el mes peor.

Dimensionado de la batería

La fórmula básica para calcular el tamaño de batería se obtiene multiplicando el número de días de autonomía por el consumo diario y dividido por la máxima profundidad de descarga.

El aumento de la fiabilidad se obtiene aumentando tanto el tamaño de generador como el de batería. Una de las limitaciones del presente método de dimensionado es que no proporciona un método para calcular cuánto generador ha de ser sobredimensionado, y trata la fiabilidad del sistema únicamente en función de la capacidad de batería.

Está fórmula básica para el cálculo de la capacidad de batería ha de ser modificada por factores que afecten la capacidad de batería y la máxima profundidad de descarga. Un primer factor que se ha de tener en cuenta es el hecho de que las baterías pierden capacidad cuando las temperaturas son muy bajas. Este factor de corrección por temperatura depende del régimen de descarga. A su vez la capacidad de la batería también varía con el régimen de descarga (la capacidad de la batería es mayor a corrientes de descarga muy bajas). El régimen de descarga medio se puede obtener como:

El número de baterías conectadas en serie viene determinado por el cociente entre el voltaje nominal de las cargas del consumo y el voltaje nominal de la batería. El número de baterías conectadas en paralelo viene determinado por el cociente entre la capacidad necesaria de batería y la capacidad nominal de una sola batería.

Otro factor que también se ha de tener en cuenta es el ajuste de la máxima profundidad de descarga para prevenir la congelación del electrolito en climas muy fríos. Cuando la batería está completamente cargada el punto de congelación del electrolito es muy bajo. A medida que la batería se descarga, la densidad del electrolito se acerca a la del agua y su punto de congelación tiende a 0°C.

Los criterios de selección de una batería se pueden resumir en:

- Voltaje nominal del sistema
- Necesidades de regulación de carga

- Necesidades de capacidad y autonomía
- Capacidad en Amperios-hora al régimen de descarga
- Profundidad de descarga diaria y máxima
- Autodescarga
- Características de gaseo
- Rendimiento
- Efectos de la temperatura
- Dimensiones, peso y características estructurales
- Posibilidad de congelación
- Posibilidad de sulfatación y estratificación
- Concentración y tipo de electrolito
- Necesidades de mantenimiento
- Tiempo de vida (número de ciclos carga/descarga)
- Coste y garantías.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se procedió a realizar los respectivos cálculos para conocer las características del equipo apropiado para el suministro seguro de energía eléctrica en el puesto militar, así como también conocer si el sistema seleccionado por el Programa Sembrando Luz, cubre los requerimientos energéticos del mismo.

CALCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para determinar el ángulo de inclinación óptimo, se procedió aplicar el programa NSOL – DB (PV Insolation Database por Orion Energy Corporation, USA), para conocer los el comportamiento de la variable insolación a distintos ángulos de inclinación, en esta caso para la localidad de Santa Teresa, Municipio Independencia del Estado Miranda, puesto que el Parque Nacional Guatopo abarca parte de ese Municipio, obteniéndose el siguiente resultado:

Tabla 24. Mínimos y máximos de insolación a distintos ángulos de inclinación.

| Latitud | Mínimo | Máximo |
|---------|--------|--------|
| 0 | 3,94 | 4,80 |
| 1 | 3,93 | 4,81 |
| 2 | 3,92 | 4,82 |
| 3 | 3,91 | 4,83 |
| 4 | 3,89 | 4,83 |
| 5 | 3,88 | 4,84 |
| 6 | 3,86 | 4,84 |
| 7 | 3,84 | 4,85 |
| 8 | 3,83 | 4,85 |
| 9 | 3,81 | 4,85 |
| 10 | 3,79 | 4,85 |
| 11 | 3,77 | 4,85 |
| 12 | 3,75 | 4,85 |
| 13 | 3,73 | 4,85 |
| 14 | 3,71 | 4,85 |
| 15 | 3,69 | 4,85 |
| 16 | 3,67 | 4,84 |
| 17 | 3,64 | 4,83 |
| 18 | 3,62 | 4,83 |
| 19 | 3,60 | 4,82 |
| 20 | 3,57 | 4,81 |

En la tabla 24, se puede observar que la mejor relación promediada de insolación se obtiene entre 14° y 15° de inclinación, permitiendo de esta manera obtener el máximo rendimiento del panel solar con la radiación solar incidente, motivo por el cual se utilizará este valor para los siguientes cálculos.

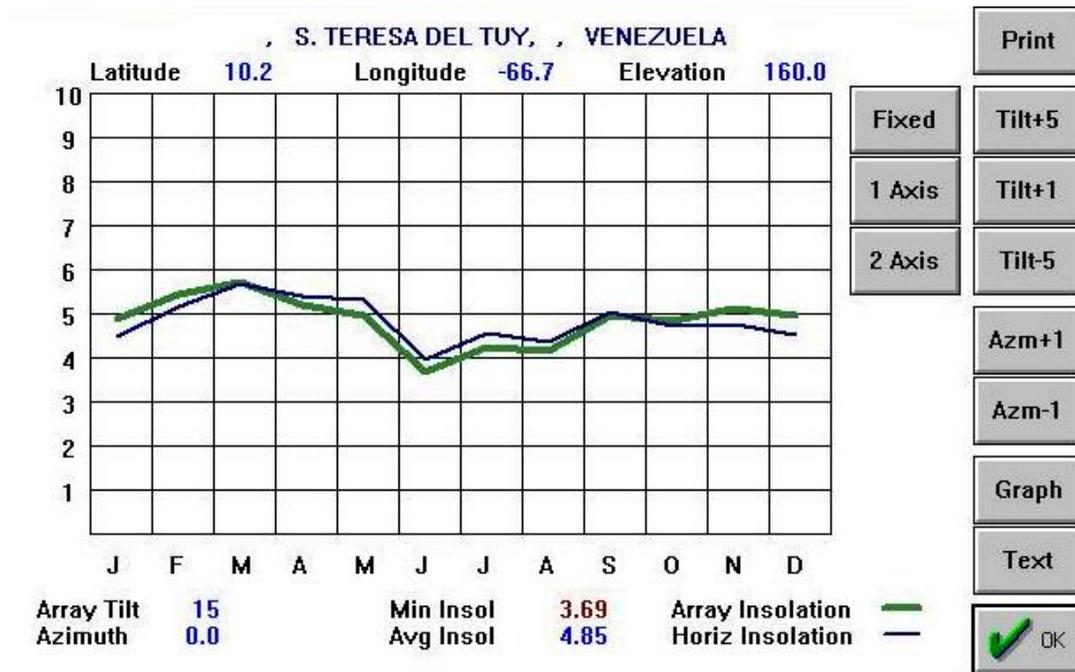


Figura 62. Curva de insolación.

En la figura 62, se muestra el comportamiento de la curva de insolación para una inclinación de 15°, siendo el mes de junio el mes más desfavorable.

Se utilizó en programa FV – Expert, por ser una herramienta de gran utilidad para el análisis, el cálculo y el dimensionado básico de instalaciones fotovoltaicas, tanto autónomas como conectadas a red.

En primer lugar se ingresaron al programa, los equipos con menor consumo de energía, como requerimientos mínimos para el funcionamiento del puesto militar, definiendo el tipo de corriente de cada elemento.

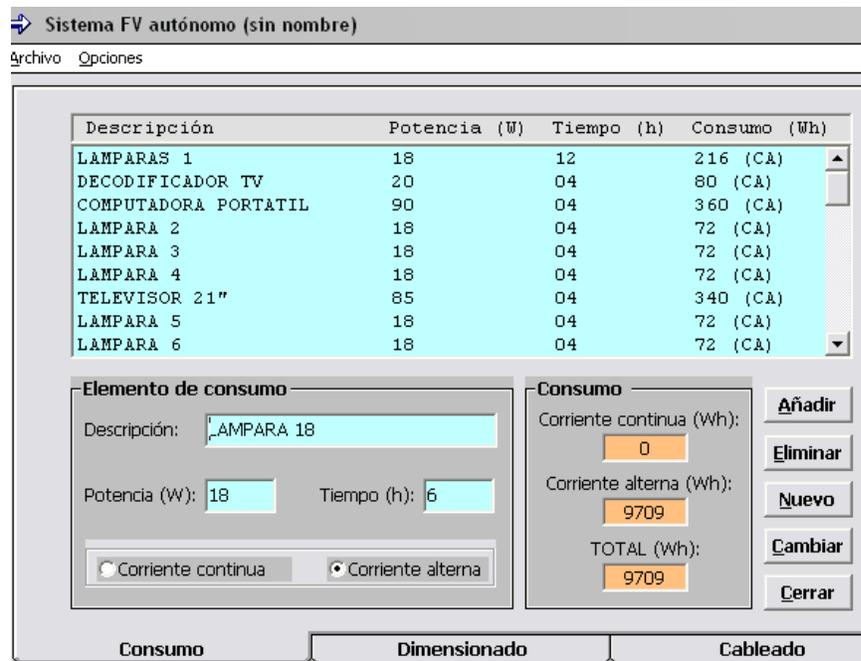


Figura 63. Estudio de carga de los requerimientos mínimos del puesto militar.

Posteriormente, en la hoja de dimensionado se introdujeron datos de ubicación del puesto militar, características de los módulos fotovoltaico y baterías que maneja la institución; así como también parámetros de diseño del sistema, luego se procedió a pulsar el botón calcular para mostrar los resultados, tal y como se observa en la figura 63. Cabe destacar que el programa nos permite ver la base de irradiación (valores medios mensuales de radiación solar incidente sobre superficies inclinadas, en ciudades de todo el mundo), Geometría solar (Trayectoria solar en cualquier latitud y cualquier día del año) y seguimiento solar (posicionamiento de paneles con seguimiento en un eje horizontal, vertical o inclinado, en cualquier latitud y cualquier día del año).

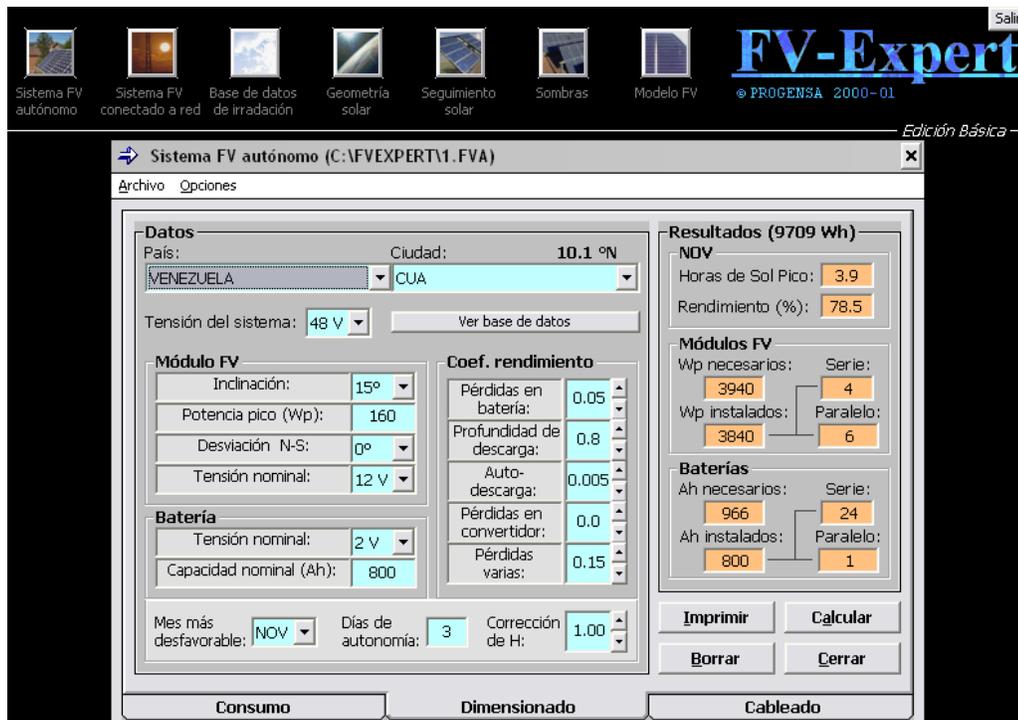


Figura 64. Datos de ubicación y parametros de diseño del sistema.

Finalmente, se realizó el caculo de las secciones del cableado tomando en cuenta las características del regulador y su relación con respecto a los paneles y batería, distancia en metros y caídas de tensión, como se observa en la figura 64.

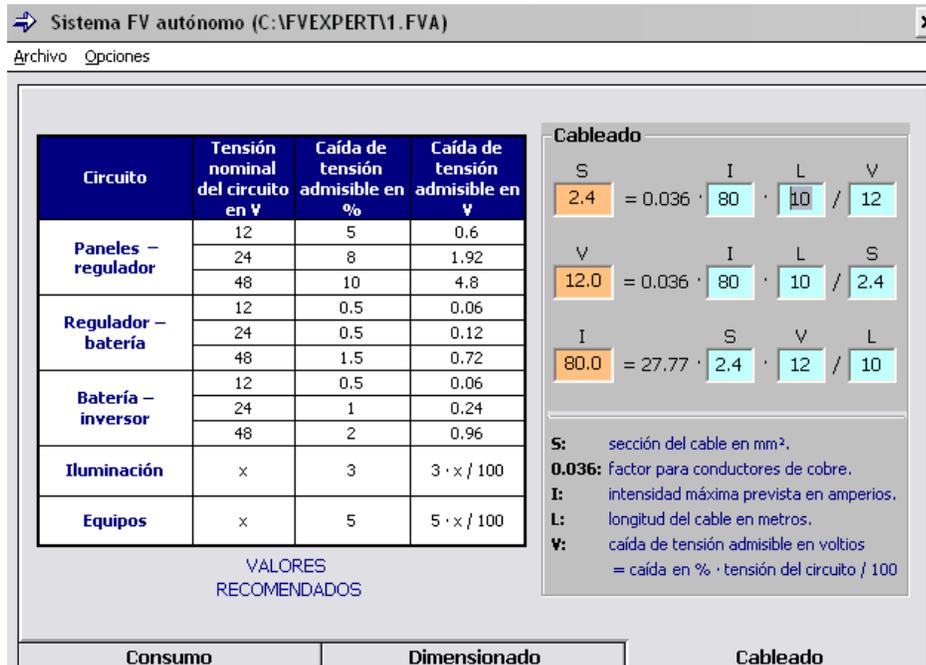


Figura 65. Calculo del cableado del sistema.

Una vez realizado los diferentes cálculos, el programa nos permitió obtener los resultados con las características ideales del sistema fotovoltaico para cubrir la demanda energética del puesto militar (Ver figura 66 y 67).

FV-Expert (Edición Básica), © PROGENSA 2000-

Fecha: 27-08-14
 Aplicación: RESULTADO
 Situación: CUA (VENEZUELA)
 Latitud: 10.1 °N

| <u>DATOS</u> | <u>RESULTADOS</u> |
|---------------------------|-----------------------------|
| Mes más desfavorable: NOV | Rendimiento: 78.5 % |
| Días de autonomía: 3 | Horas de sol pico: 3.9 |
| Vn del sistema: 48 V | Módulos en serie: 4 |
| Vn del módulo: 12 V | Módulos en paralelo: 6 |
| Vn de la batería: 2 V | Potencia instalada: 3840 Wp |
| Cn de la batería: 800 Ah | Potencia necesaria: 3940 Wp |
| Pp de cada módulo: 160 Wp | Baterías en serie: 24 |
| Corrección de H: 1.00 | Baterías en paralelo: 1 |
| Inclinación: 15° | Capacidad instalada: 800 Ah |
| Desviación N-S: 0° | Capacidad necesaria: 966 Ah |
| kb (acumulador): 0.05 | |
| ka (autodescarga): 0.005 | |
| pd (prof. descarga): 0.8 | |
| kc (convertidor): 0.0 | |
| kv (varias): 0.15 | |
| Consumo total: 9709 Wh | |

Figura 66. Resultados obtenidos.

CONSUMOS

| Descripción | Potencia (W) | Tiempo (h) | Consumo (Wh) |
|---------------------------|--------------|------------|--------------|
| LAMPARAS 1 | 18 | 12 | 216 (CA) |
| DECODIFICADOR TV | 20 | 04 | 80 (CA) |
| COMPUTADORA PORTATIL | 90 | 04 | 360 (CA) |
| LAMPARA 2 | 18 | 04 | 72 (CA) |
| LAMPARA 3 | 18 | 04 | 72 (CA) |
| LAMPARA 4 | 18 | 04 | 72 (CA) |
| TELEVISOR 21" | 85 | 04 | 340 (CA) |
| LAMPARA 5 | 18 | 04 | 72 (CA) |
| LAMPARA 6 | 18 | 04 | 72 (CA) |
| LAMPARA 7 | 18 | 04 | 72 (CA) |
| LAMPARA 8 | 18 | 04 | 72 (CA) |
| COMPUTADORA DE ESCRITORIO | 120 | 04 | 480 (CA) |
| COMPUTADORA DE ESCRITORIO | 120 | 04 | 480 (CA) |
| RADIO TRANSMISOR | 20 | 10 | 200 (CA) |
| LAMPARA 9 | 18 | 4 | 72 (CA) |
| LAMPARA 10 | 18 | 4 | 72 (CA) |
| LAMPARA 11 | 18 | 4 | 72 (CA) |
| VENTILADOR | 65 | 4 | 260 (CA) |
| LAMPARA12 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA13 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 14 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 15 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 16 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 17 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| TELEVISOR 21 " | 85 | 8 | 680 (CA) |
| DECODIFICADOR TV | 20 | 8 | 160 (CA) |
| VENTILADOR | 65 | 4 | 260 (CA) |
| VENTILADOR 3 | 65 | 4 | 260 (CA) |
| CONGELADOR | 250 | 8 | 2000 (CA) |
| LAMPARA 18 | 18 | 6 | 108 (CA) |
| LAMPARA 19 | 18 | 6 | 108 (CA) |
| LICUADORA | 450 | 0.42 | 189 (CA) |
| LAMPARA 20 | 18 | 12 | 216 (CA) |
| LAMPARA 21 | 18 | 12 | 216 (CA) |
| LAMPARA 22 | 18 | 12 | 216 (CA) |
| LAMPARA 23 | 18 | 12 | 216 (CA) |
| LAMPARA 24 | 18 | 12 | 216 (CA) |
| LAMPARA 25 | 18 | 12 | 216 (CA) |
| LAMPARA 26 | 18 | 12 | 216 (CA) |
| LAMPARA 27 | 18 | 12 | 216 (CA) |
| LAMPARA 28 | 18 | 12 | 216 (CA) |

Figura 67. Consumos del puesto militar añadidos al programa.

Fue necesario realizar cálculos adicionales para cubrir la carga adicional de los aires acondicionados, procediéndose a ingresar al programa, solo el consumo correspondiente a los aires acondicionados, como se muestra en la figura 67.

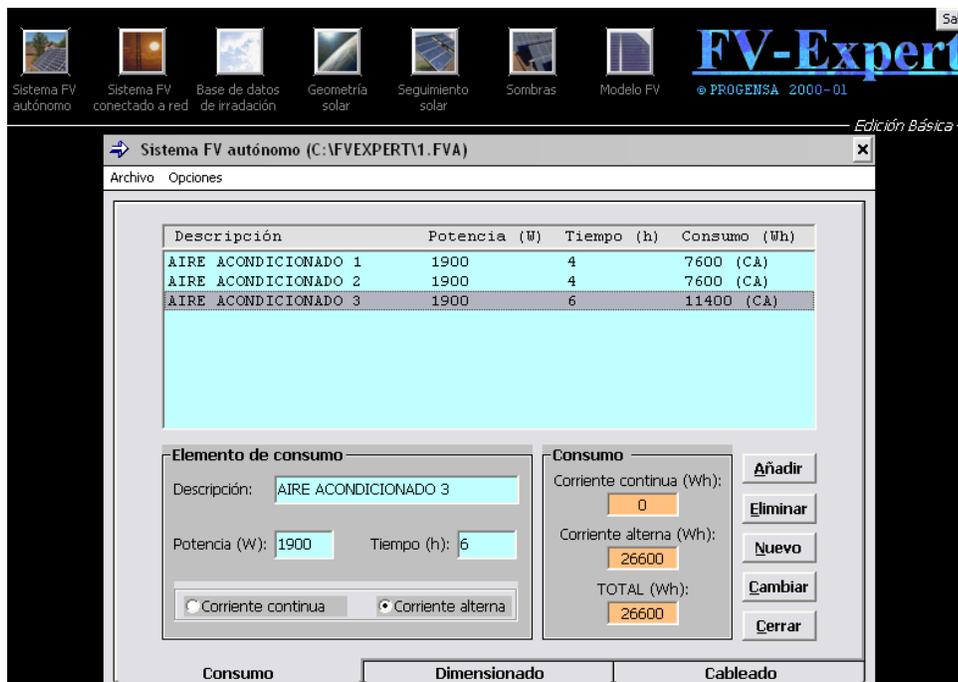


Figura 68. Consumo de los aires acondicionados añadidos al programa.

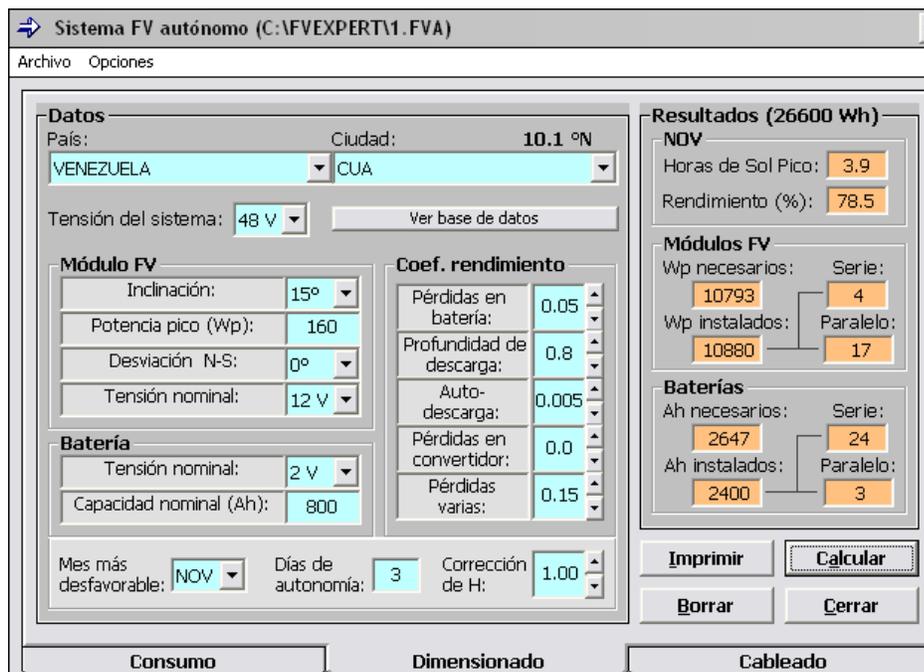


Figura 69. Datos de ubicación y parámetros de diseño del sistema.

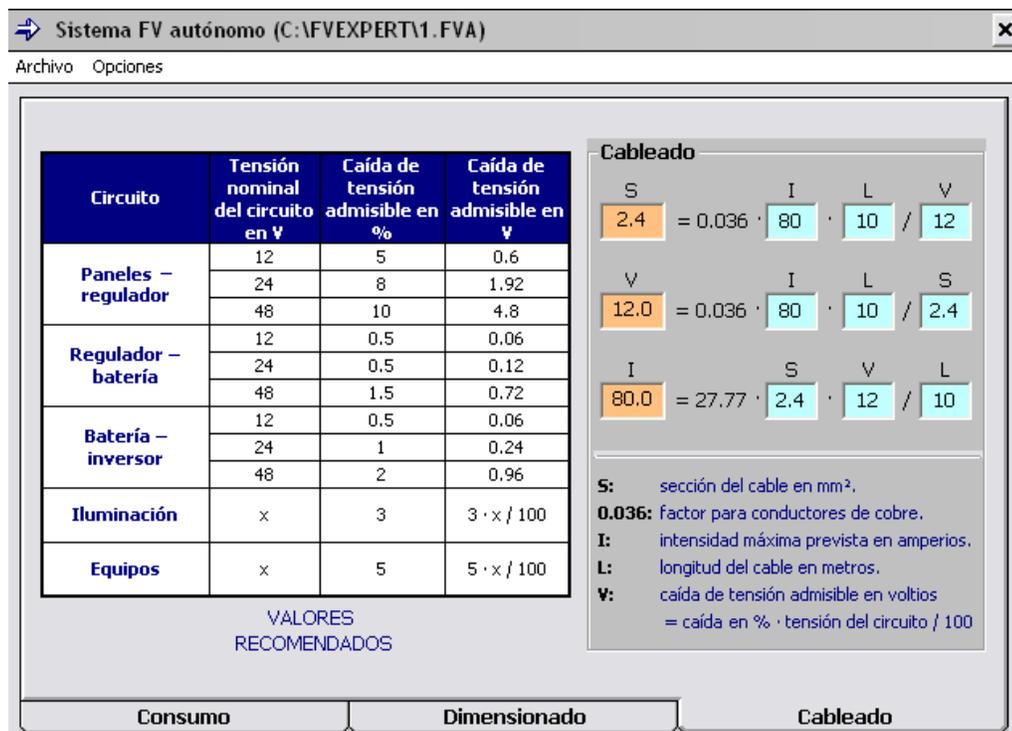


Figura 70. Calculo del cableado del sistema.

FV-Expert (Edición Básica), © PROGENSA 2000-01

Fecha: 09-09-14
 Aplicación: Guatopo
 Situación: CUA (VENEZUELA)
 Latitud: 10.1 °N

| DATOS | RESULTADOS |
|---------------------------|------------------------------|
| Mes más desfavorable: NOV | Rendimiento: 78.5 % |
| Días de autonomía: 3 | Horas de sol pico: 3.9 |
| Vn del sistema: 48 V | Módulos en serie: 4 |
| Vn del módulo: 12 V | Módulos en paralelo: 17 |
| Vn de la batería: 2 V | Potencia instalada: 10880 Wp |
| Cn de la batería: 800 Ah | Potencia necesaria: 10793 Wp |
| Pp de cada módulo: 160 Wp | Baterías en serie: 24 |
| Corrección de H: 1.00 | Baterías en paralelo: 3 |
| Inclinación: 15° | Capacidad instalada: 2400 Ah |
| Desviación N-S: 0° | Capacidad necesaria: 2647 Ah |
| kb (acumulador): 0.05 | |
| ka (autodescarga): 0.005 | |
| pd (prof. descarga): 0.8 | |
| kc (convertidor): 0.0 | |
| kv (varias): 0.15 | |
| Consumo total: 26600 Wh | |

Figura 71. Resultados obtenidos.

Para cubrir las cargas proyectadas se procedió a realizar el mismo procedimiento, para lo cual se señala en la figura 72, 73, y 74.

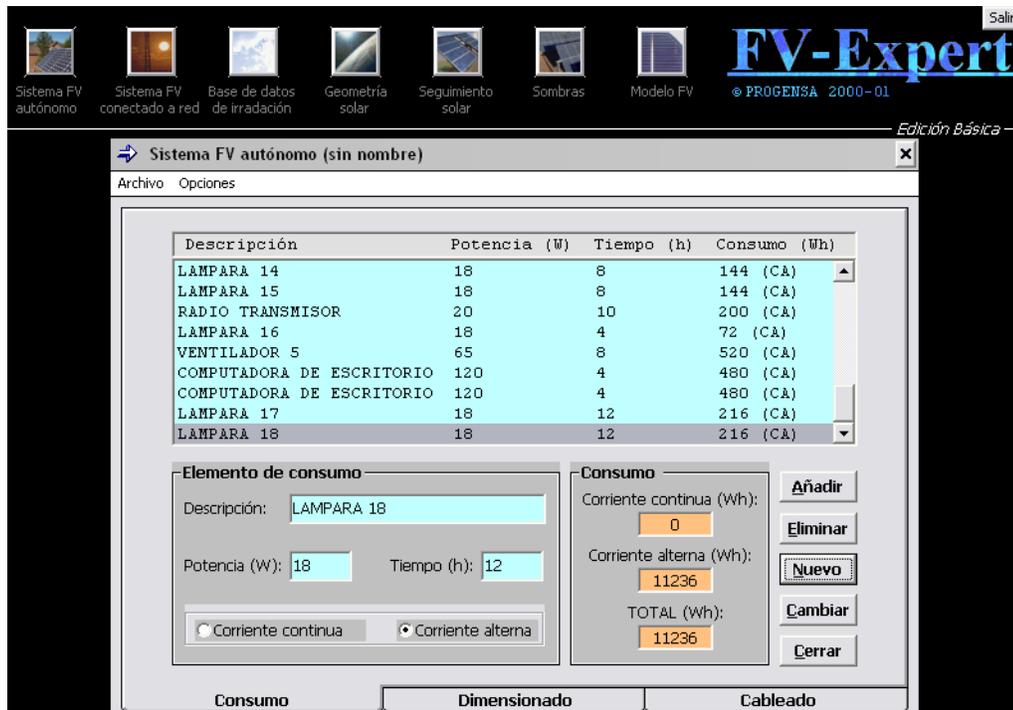


Figura 72. Consumos de la carga proyectada añadidas al programa.

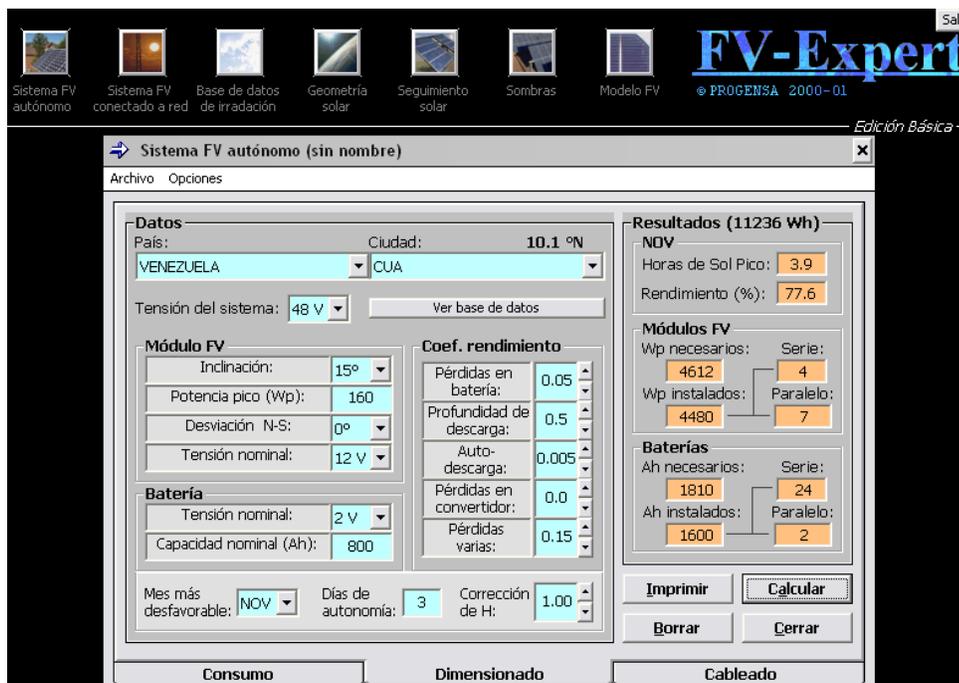


Figura 73. Datos de ubicación y parámetros de diseño del sistema.

Sistema FV autónomo (C:\FVEXPERT\1.FVA)

Archivo Opciones

| Circuito | Tensión nominal del circuito en V | Caída de tensión admisible en % | Caída de tensión admisible en V |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Paneles – regulador | 12 | 5 | 0.6 |
| | 24 | 8 | 1.92 |
| | 48 | 10 | 4.8 |
| Regulador – batería | 12 | 0.5 | 0.06 |
| | 24 | 0.5 | 0.12 |
| | 48 | 1.5 | 0.72 |
| Batería – inversor | 12 | 0.5 | 0.06 |
| | 24 | 1 | 0.24 |
| | 48 | 2 | 0.96 |
| Iluminación | x | 3 | 3 · x / 100 |
| Equipos | x | 5 | 5 · x / 100 |

VALORES RECOMENDADOS

Cableado

S = 2.4 = 0.036 · I = 80 · L = 10 / V = 12

V = 12.0 = 0.036 · I = 80 · L = 10 / S = 2.4

I = 80.0 = 27.77 · S = 2.4 · V = 12 / L = 10

S: sección del cable en mm².
 0.036: factor para conductores de cobre.
 I: intensidad máxima prevista en amperios.
 L: longitud del cable en metros.
 V: caída de tensión admisible en voltios
 = caída en % · tensión del circuito / 100

Consumo Dimensionado Cableado

Figura 74. Cálculo del cableado del sistema.

FV-Expert (Edición Básica), © PROGENSA 2000

Fecha: 10-09-14
 Aplicación: Carga proyectada Comando Escuadron Montado
 Situación: CUA (VENEZUELA)
 Latitud: 10.1 °N

| <u>DATOS</u> | <u>RESULTADOS</u> |
|---------------------------|------------------------------|
| Mes más desfavorable: NOV | Rendimiento: 77.6 % |
| Días de autonomía: 3 | Horas de sol pico: 3.9 |
| Vn del sistema: 48 V | Módulos en serie: 4 |
| Vn del módulo: 12 V | Módulos en paralelo: 7 |
| Vn de la batería: 2 V | Potencia instalada: 4480 Wp |
| Cn de la batería: 800 Ah | Potencia necesaria: 4612 Wp |
| Pp de cada módulo: 160 Wp | Baterías en serie: 24 |
| Corrección de H: 1.00 | Baterías en paralelo: 2 |
| Inclinación: 15° | Capacidad instalada: 1600 Ah |
| Desviación N-S: 0° | Capacidad necesaria: 1810 Ah |
| kb (acumulador): 0.05 | |
| ka (autodescarga): 0.005 | |
| pd (prof. descarga): 0.5 | |
| kc (convertidor): 0.0 | |
| kv (varias): 0.15 | |
| Consumo total: 11236 Wh | |

Figura 75. Resultados obtenidos.

| CONSUMOS | | | |
|------------------|--------------|------------|--------------|
| Descripción | Potencia (W) | Tiempo (h) | Consumo (Wh) |
| VENTILADOR 1 | 65 | 8 | 520 (CA) |
| DECODIFICADOR | 20 | 8 | 160 (CA) |
| LAMPARA 1 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| TELEVISOR 1 | 85 | 8 | 680 (CA) |
| LAMPARA 2 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| VENTILADOR 2 | 65 | 8 | 520 (CA) |
| LAMPARA 3 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 4 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 5 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 6 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 7 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 8 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 9 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| TELEVISOR 2 | 85 | 8 | 680 (CA) |
| TELEVISOR 3 | 85 | 8 | 680 (CA) |
| DECODIFICADOR 2 | 20 | 8 | 160 (CA) |
| DECODIFICADOR 3 | 20 | 8 | 160 (CA) |
| VENTILADOR 3 | 65 | 8 | 520 (CA) |
| VENTILADOR 4 | 65 | 8 | 520 (CA) |
| LAMPARA 10 | 18 | 6 | 108 (CA) |
| LAMPARA 11 | 18 | 6 | 108 (CA) |
| LAMPARA 12 | 18 | 6 | 108 (CA) |
| NEVERA | 300 | 8 | 2400 (CA) |
| LAMPARA 13 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 14 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| LAMPARA 15 | 18 | 8 | 144 (CA) |
| RADIO TRANSMISOR | 20 | 10 | 200 (CA) |
| LAMPARA 16 | 18 | 4 | 72 (CA) |
| VENTILADOR 5 | 65 | 8 | 520 (CA) |
| COMPUTADORA PC 1 | 120 | 4 | 480 (CA) |
| COMPUTADORA PC 2 | 120 | 4 | 480 (CA) |
| LAMPARA 17 | 18 | 12 | 216 (CA) |
| LAMPARA 18 | 18 | 12 | 216 (CA) |

Figura 76. Consumos de la carga proyectada.

Analizando los resultados obtenidos en relación a los cálculos para las distintas situaciones, se tiene que para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico la potencia instalada, la frecuencia de uso de los equipos electrodomésticos y la cantidad de energía disponible en la zona, son factores principalmente determinantes para el diseño de un sistema fotovoltaico.

Otro aspecto considerado es que la institución maneja sistemas estándares para poder cubrir efectivamente ciertas demandas energética, para lo cual el equipo que puede satisfacer las necesidades energéticas mínimas del puesto militar es un sistema fotovoltaico de 3840 Wp. Para el caso en que se pretenda incorporar los tres

(03) aires acondicionados, se requerirían tres sistemas fotovoltaico de 3840 Wp. adicionales para su puesta en funcionamiento. En cuanto a las cargas proyectadas para las nuevas áreas que se pretenden incorporar al puesto militar, el requerimiento sería de un sistema fotovoltaico de 3840 Wp.

Para los distintos escenarios, se recomienda reconsiderar las cargas contempladas y la frecuencia de uso, sin afectar los requerimientos del usuario, pero adecuándolas a las limitaciones propias de la fuente energética, esto con la finalidad de optimizar la energía generada por el sistema y reducir el número de equipos requeridos; ya que la mayor demanda energética provienen de los aires acondicionados; así como también evitar el uso de la planta eléctrica.

Según la información suministrada por el operador de la planta eléctrica, Jonathan Saldivia, la planta de energía eléctrica, consumía aproximadamente 20 litros de combustible y un litro de aceite por día, operando el equipo 20 horas diarias; sin embargo con la instalación del sistema fotovoltaico de 3840 Wp. las horas uso de la planta eléctrica se redujo a 5 horas por día, principalmente por la puesta en marcha de un aire acondicionado en horas nocturna.

Aplicando la fórmula utilizada en el análisis económico ambiental y realizando el respectivo cálculo para analizar las emisiones de CO₂ y NO_x generadas por el grupo electrógeno, utilizado como fuente de respaldo al sistema fotovoltaico Outback de 3840 Wp., se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 25. Consumo de combustible por el generador vs Emisiones generadas

| Parámetro | Valor |
|---|---------------------------------|
| Consumo de gasoil (Día) | 5 litros |
| Consumo energético (Anual) | 1825 litros |
| Emisiones de CO ₂ (1825 l/año x 2,79 kg/l) | 5,0 Ton de CO ₂ /año |
| Emisiones de NO _x (Kg) | 66,68 Kg |

Porcentualmente se obtuvo una reducción del 75% en cuanto al consumo de combustible y la reducción de las emisiones de CO₂ y NO_x generada durante el funcionamiento de la planta eléctrica.

En un trabajo realizado por Urrutia, S. et al (2013) en el Estado Zulia se han instalado un total de 379 de estos sistemas distribuidos en un total de siete (07) municipios, con mayor incidencia en los municipios fronterizos e indígenas de La Guajira y Jesús María Semprum, donde hay gran cantidad de comunidades aisladas del servicio eléctrico convencional. Estos autores señalan que la energía total producida por los sistemas fotovoltaicos instalados (378,2 Mwh) es de cero emisiones de gases de efecto invernadero, como el CO₂.

Estos autores evaluaron, a través del Programa HOMER, el impacto de generar la misma cantidad de energía a través de grupos electrógenos, para lo cual se requerirían 98320 litros de diésel al año y se emitirían 268 toneladas de dióxido de carbono, impactando directamente en la atmósfera y contribuyendo al calentamiento global.

En el caso de los óxidos nitrosos, estudios epidemiológicos han revelado que los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumentan en relación con la exposición prolongada a estos gases de combustión. La disminución del desarrollo de la función pulmonar también se asocia con las concentraciones de NO₂ registradas (u observadas) actualmente en ciudades europeas y norteamericanas. Para la estimación

del consumo de combustible equivalente se tomó como referencia el de las unidades de generación distribuida instaladas en el estado Zulia, así como sus emisiones de CO₂ y NO_x (Urrutia, S. et al (2013)).

FASE IV: INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL PUESTO MILITAR.

Partiendo de los requerimientos energéticos del lugar y las características definidas en el diseño del equipo se procedió a coordinar, con la Gerencia de Energías Renovables del Programa Sembrando Luz, el traslado de los diferentes componentes que conforman un (01) sistema de energía fotovoltaico de 3840 Wp. hacia el puesto militar, con vehículo canalizado por la dirección del Comando de la Guardia Nacional.

Una vez adquirido el equipo, se procedió a ejecutar las actividades relacionadas con la instalación del sistema, para lo cual se tomaron evidencias fotográficas, donde quedó reflejada la actividad realizada por el equipo responsable de ejecutar el proyecto, se menciona:

CORTE DE LAMINA



Figura 77. (a) Corte de lámina de hierro, (b) Perforación de lámina de hierro

ELABORACIÓN DE ANCLAJES



Figura 78. (a) Corte de tubo de 4 pulgadas, (b) Anclaje de 80 cm.

TRASLADO DE ANCLAJES



Figura 79. (a) Montaje de anclajes en el vehículo, (b) Desmontaje de los anclajes en el puesto militar.

INSTALACIÓN DE ANCLAJES EN LA PLATABANDA

Para realizar esta actividad se utilizaron las medidas recomendadas por la institución para la instalación de este tipo de sistema, tomando en cuenta el área que ocupa cada arreglo fotovoltaico.



Figura 80. (a) Ubicación del sitio de anclaje, (b) Medición de distancia de separación entre mástil. (c) Perforación de platabanda, (d) Corte de barra roscada para instalar en el mástil y así garantizar su estabilidad.

INSTALACIÓN DE TUBO MASTIL EN EL ANCLAJE

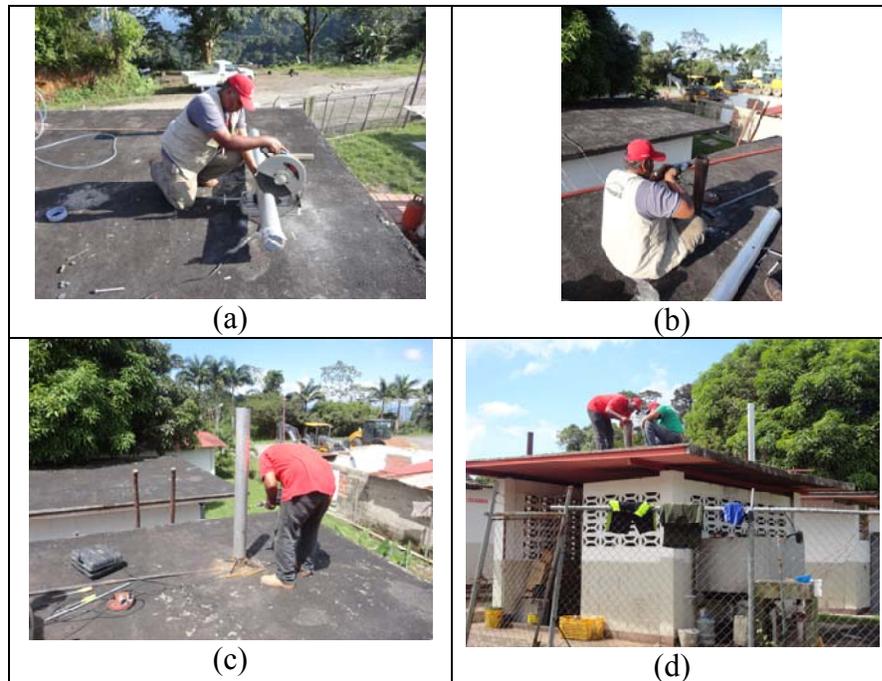


Figura 81. (a) Corte de tubo, (b) Perforación de mástil, (c) Fijación de tubo mástil en el anclaje, (c) Vista de tubo mástil anclado.

INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA DE SOPORTE Y MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



Figura 82. (a) Instalación de estructura de soporte y módulos fotovoltaicos, (b) Vista de cada arreglo fotovoltaico conformado por seis módulos.

Una vez instalados los dos (02) arreglos fotovoltaicos de mayor altura, se procedió a repetir el mismo procedimiento con los otros dos (02) arreglos fotovoltaicos de menor tamaño, esto con la finalidad de lograr la inclinación de los módulos fotovoltaicos a a 15 grados, con una orientación Norte – Sur.

INSTALACIÓN DE TUBO MASTIL EN EL ANCLAJE (ARREGLOS FOTOVOLTAICOS DE MENOR ALTURA)



Figura 83. (a) Corte de tubo mastil, (b) Vista final de la altura del mastil.

INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA DE SOPORTE Y MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



Figura 84. (a) Instalacion de modulos fotovoltaicos en la estructura de soporte, (b) Vista final de los cuatro (04) arreglos fotovoltaicos.

INSTALACIÓN DE CONEXIONES ELECTRICAS EN LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS

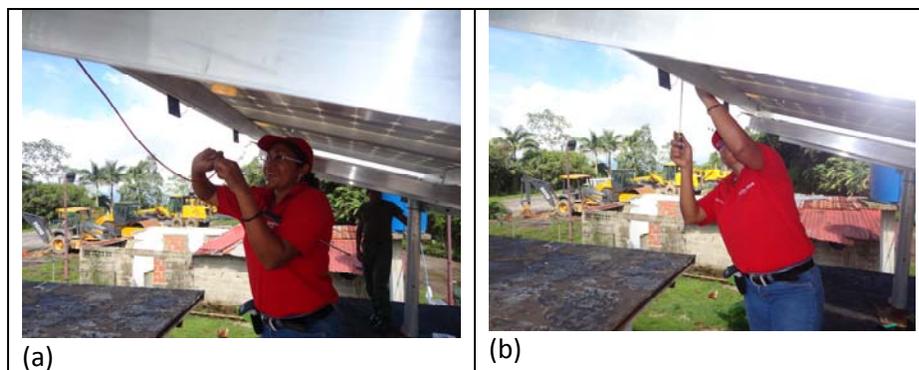


Figura 85. (a) Conexión serie – paralelo en cada arreglo fotovoltaico, (b) Ajuste de tornillos en los módulos fotovoltaicos.

INSTALACIÓN DE CAJA VARIANTE (Proteccion de los arreglos fotovoltaicos)

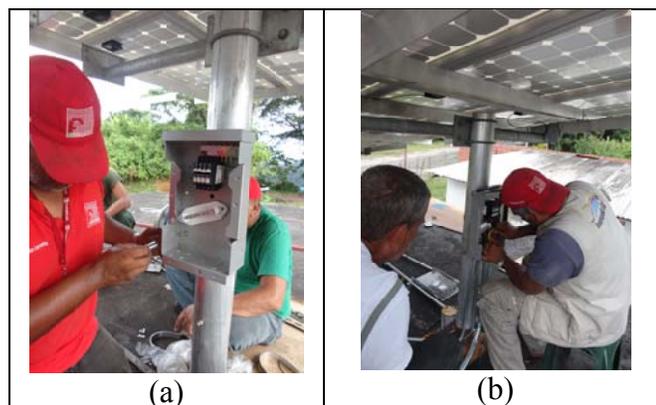


Figura 86. (a) Instalación de caja, (b) Instalación de cables fotovoltaico.

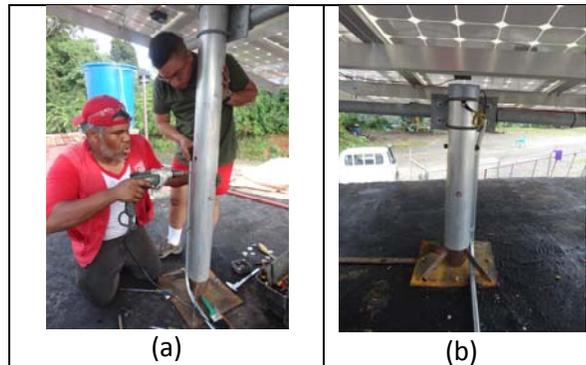
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE ELECTRICIDAD

Figura 87. (a) Perforación de tubo, (b) Vista final de la tubería en el mástil.

ENSAMBLAJE DEL ARMARIO DE CONTROL

Figura 88. (a) y (d) Desembalaje de los componentes que integral el armario de control, (c) y (d) Instalación de componentes electrónicos y conexiones dentro del armario de control.

INSTALACIÓN DEL ARMARIO DE CONTROL EN LA CASETA



Figura 89. (a) Medicion del area, (b) Perforacion de la pared.



Figura 90. Instalacion de estructura, (b) Instalacion de inversores

CONEXIONES ELECTRICAS EN EL PANEL DE CONTROL





Figura 91. (a) Vista de la caja AC, Inversores y caja DC, (b) y (c) Ajuste de conexiones electricas en la caja AC, (d) Vista final de las conexiones internas del armario.

CONEXIÓN DEL CABLE FOTOVOLTAICO DESDE LA CAJA VARIANTE AL ARMARIO DE CONTROL

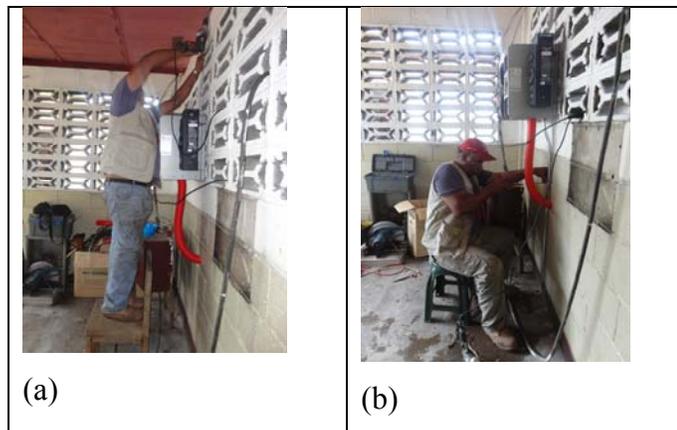


Figura 92. (a) Perforación de platabanda, (b) Perforación de pared.

INSTALACION DEL BANCO DE BATERIAS (24 unidades)



Figura 93. (a) Ensamblaje del armario de las baterias, (b) instalacion de las baterias en el armario, (c) Colocacion del restante de baterias, (d) Vista final del banco de baterias.

CONEXIÓN SERIE – PARALELO EN EL BANCO DE BATERIAS PARA UN VOLTAJE DE 48 V



Figura 94. (a) y (b) Interconexión de baterias.

INSTALACION DEL ATERRAMIENTO A UNA PROFUNDIDAD DE 2, 40 METROS BAJO EL NIVEL FREATICO (BARRA COPPERWELD)

Figura 95. (a) y (b) Instalación de barra copperweld.

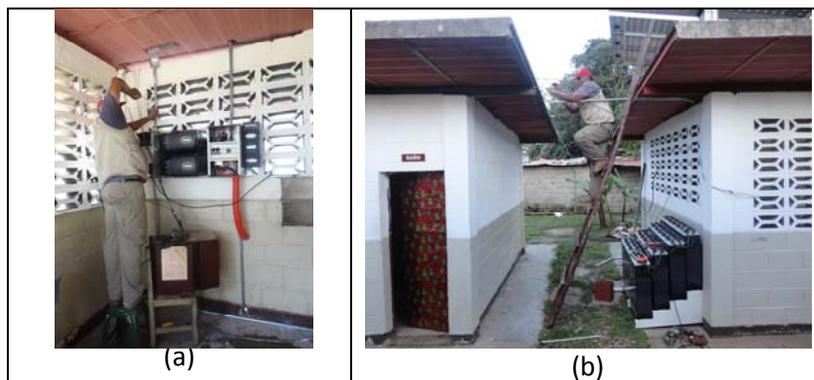
MEJORAMIENTO DE LA ACOMETIDA ELECTRICA

Figura 96. (a) Acometida eléctrica interna, (b) Acometida eléctrica externa.

**VISTA GENERAL DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
INSTALADO EN EL PUESTO MILITAR (Puesta en marcha del equipo)**

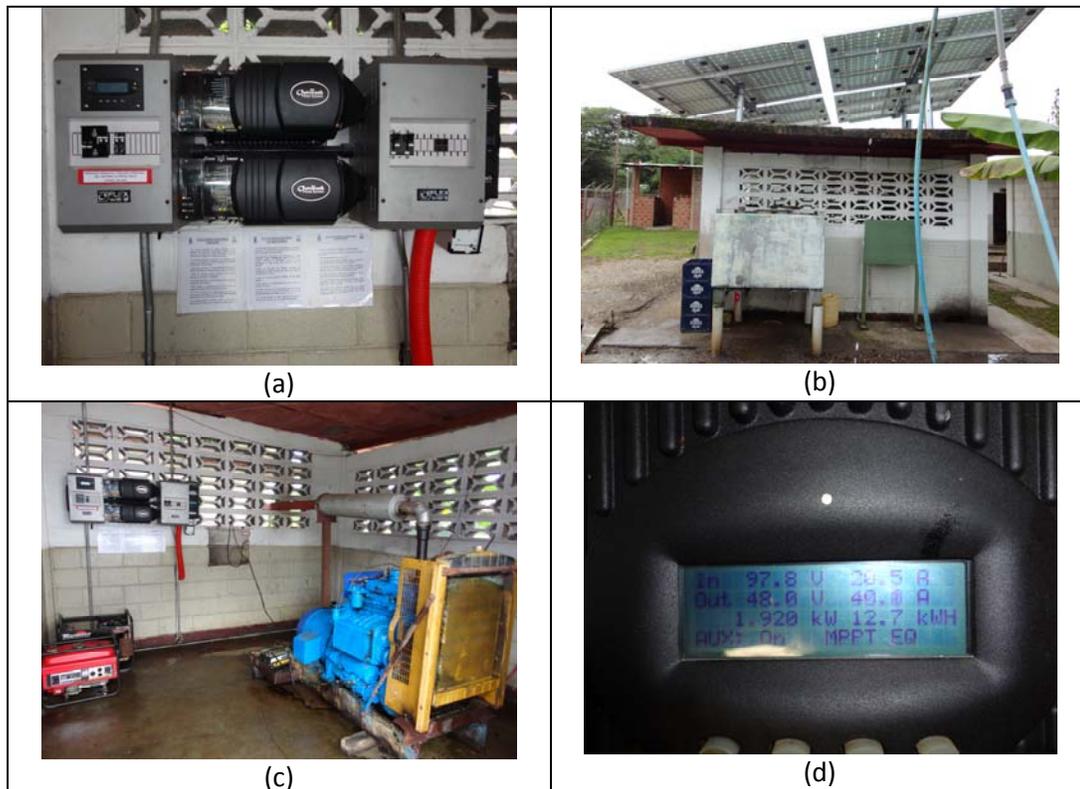


Figura 97. (a) Armario de control, (b) Arreglos fotovoltaicos, (c) Armario de control y planta eléctrica de respaldo, (d) Parámetros de medición reflejados en el regulador.

AREAS DEL PUESTO MILITAR

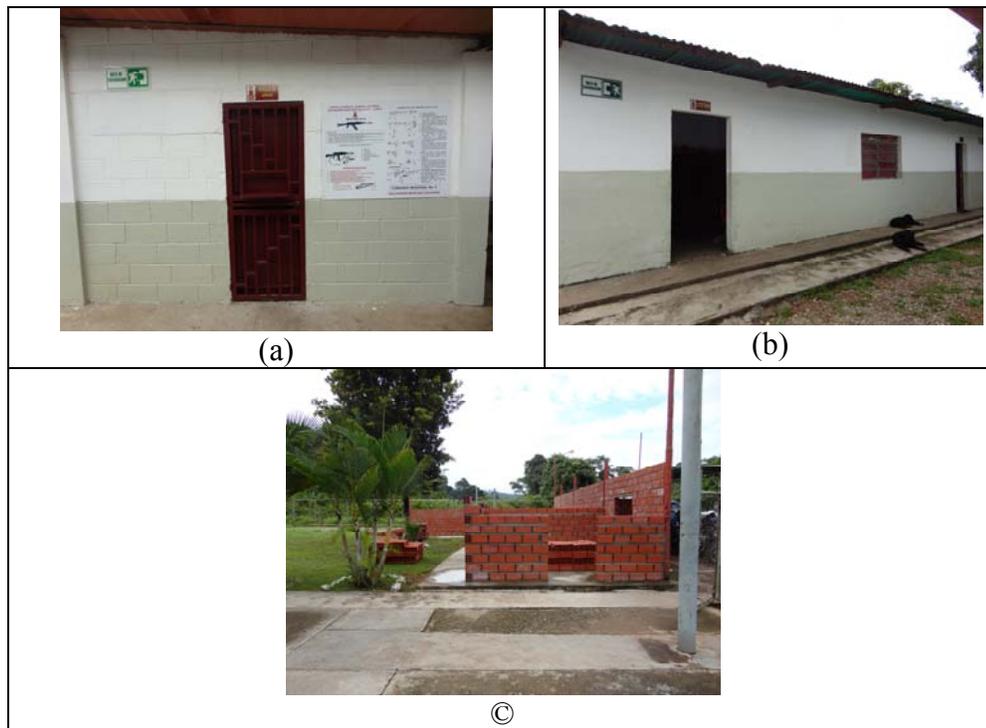


Figura 98. (a) Parque de armas, (b) Comedor, (c) Áreas en construcción.

BENEFICIARIOS DEL PUESTO MILITAR



Figura 99. Personal militar del Comando de la GN.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- La instalación de sistemas fotovoltaicos en comunidades aisladas en lugar de sistemas con generación convencional es una estrategia acorde a la propuesta del Plan de la Patria 2013-2019, que plantea el diseño de un plan de mitigación de gases de efecto invernadero. Adicionalmente, se enmarca en el cumplimiento de la premisa de sustentabilidad medioambiental, en la diversificación de las fuentes primarias de energía y el fomento a las energías renovables, establecidas en la Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico.
- El diagnóstico realizado a las áreas destinadas a ser electrificadas, arrojó los soportes esperados, en cuanto al medio físico y biótico presente en la zona, sustentando la clasificación de Parque Nacional, y delimitando de esta manera, el abordaje en cuanto a electrificación (con el mínimo impacto ambiental e injerencia en la zona).
- Producto del estudio de las características de la zona, de sus potencialidades energéticas y de las limitaciones legislativas que rigen el manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales, se obtuvo como la fuente más idónea, la implementación del sistema de energía fotovoltaica de mediana capacidad.
- En función al estudio de carga, se dimensionó el sistema de energización, por lo que la opción más apropiada en relación a los sistemas disponibles fue el de 3840 Wp de capacidad (Marca Out Back), asociado a una planta diesel de respaldo, por ser este un equipo de mayor capacidad que maneja el Programa Sembrando Luz – FUNDELEC (en comparación con los otros sistemas fotovoltaicos disponibles en la Fundación).

- Los estudios preliminares mostraron la inviabilidad de la implementación de un sistema eólico para los requerimientos de carga de nuestro objetivo (Velocidades de viento inferiores a 10 m/s).
- Se aplicó el programa FV Expert para el cálculo del sistema fotovoltaico, en donde se definieron características como número de módulos fotovoltaicos, capacidad del banco de baterías, cableado, entre otros parámetros.
- Se instaló un sistema fotovoltaico de 3840 Wp (mencionado en ítems anteriores), alimentado toda la carga, a excepción de los aires acondicionados, por consiguiente se recomienda agregar nuevas etapas posteriores al sistema de energización (en consonancia con las propiedades modulares inherentes a los sistemas fotovoltaicos).
- Se hizo una reducción del 60% de las emisiones atmosféricas contaminantes, provenientes de los motores de combustión interna a diesel (aproximación lineal entre horas de uso vs. Emisiones).
- Se escogieron dos operadores de equipo, que asuma la responsabilidad del mantenimiento primario (diagnóstico de fallos, ajuste de conexiones eléctricas, aplicación de agua desmineralizada, modificación del cableado, etc.). Cualquier información adicional que provean los reguladores debería ser interpretada por esta persona y, por lo tanto, debería estar adaptada a su capacidad y a su función en el esquema de mantenimiento.
- Se colocó el banco de baterías, en la parte externa de la caseta donde fue instalado el equipo, para favorecer la ventilación en las baterías y por evitar la acumulación de vapor de agua más hidrógeno, cuyas emisiones se generan durante el proceso de carga de las baterías.

RECOMENDACIONES

Luego de hacer el estudio de carga y la disponibilidad de los sistemas que tiene la institución instalados en sitio, se recomienda instalar un nuevo sistema que permita cubrir el excedente de carga (proyectado), o en su defecto aumentar la capacidad de almacenamiento del banco de baterías.

- Racionar la demanda de energía eléctrica, disminuyendo la frecuencia de uso de cada aparato o artefacto eléctrico, sin afectar los requerimientos del usuario, de cumplirse esta recomendación se estaría evitando utilizar la planta eléctrica para la carga del banco de baterías y por ende el uso de combustible fósil.
- Que todo el personal, que hace vida en el puesto militar, adquiera hábitos de consumo enfocados en el uso racional y eficiente de la energía.
- Aprovechar la iluminación y ventilación natural al máximo, tanto en época de invierno como en verano.
- Pintar las paredes y los techos con colores claros; esto ayuda a aprovechar mejor la luz, tanto la natural como la artificial y aumenta el nivel luminoso del ambiente.
- Utilizar lámparas y bombillos (LED), estos generan más luz y consumen menos electricidad.
- Planificación de un programa de mantenimiento para el generador y SFV.
- Desconectar los equipos electrodomésticos cuando no se estén utilizando.

- Implementar un Sistema de Gestión Energética basado en la Norma ISO 50001:2011 (Mejora continua de la eficiencia energética, la seguridad energética, la utilización de energía y el consumo energético).

CAPITULO IV

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINYANAE, J. et al. (2011). **Proyecto de suministro eléctrico para abastecer una escuela situada en el municipio de Tiana mediante energía eólica.** Máster en Energía para el Desarrollo Sostenible. Universidad Politécnica de Catalunya. España. Pp.
- BRIDGEWATER, G. ALLAN (2009). **Energías Alternativas** handbook. Ediciones Paraninfo. Primera Edición. Pp 75.
- BRUZUAL, S. (2010). **Estudio de factibilidad técnico - económica para la implementación de energía eólica y solar, en el edificio técnico – administrativo “Leona”, PDVSA PETRORITUPANO, Municipio Freites, Anzoátegui.** Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Electricista. Universidad de Oriente. Barcelona, Anzoátegui. Pp.
- CARABALLO, D. 2010. **Impacto social y económico ocasionado por la instalación de sistemas fotovoltaicos y una potabilizadora de agua, en la población de Cataurito de Palambra, en San Sebastián de los Reyes, Estado. Aragua.** Trabajo de grado para optar al Título de Técnico Superior Universitario en Administración y Gestión de Industrias Energéticas. Caracas. Pp.
- CASTILLO, R., C. APONTE Y V. SALAS (2004). **Estado de Conservación del Parque Nacional Guatopo.** Asociación Civil para la Conservación de los Parques Nacionales. Disponible on line: www.bioparques.org / www.parkswatch.org.

CINTHIA, Z. (2011). **Diseño de un sistema complementario de generación de electricidad a partir de la energía solar en la estación "La Aguada" del Sistema Teleférico de Mérida, Estado Mérida.** Proyecto especial de grado, Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal. p.

COMISION EUROPEA (1998). **Norma Técnica Universal para Sistemas Fotovoltaicos Domésticos.** Dirección General de Energía (DG XVII). Instituto de Energía Solar. Universidad Politécnica de Madrid, España. 72 p.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. Gaceta Oficial N° 5.453 Extraordinario. 24 de Marzo de 2000.

DOMENECH, B. (2013). **Metodología para el diseño de sistemas de electrificación autónomos para comunidades rurales.** Tesis doctoral presentada para obtener el título de Doctor en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad Politécnica de Catalunya. Pp. 222.

Diseño de un sistema fotovoltaico para una vivienda. Extraído el 21 de Abril del 2014. <http://technologysolar.blogspot.com>.

ENATREL (2009). **Estudio de impacto ambiental proyecto "Línea de transmisión de 138 kv, San Rafael del sur – Los Brasiles"**. Departamento de Managua, Nicaragua.

FIDIAS, A. (2006). **El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica.** 5ta Edición. Caracas, Venezuela: EPISTEME.

FUNDACION WIKIMEDIA. **La energía solar fotovoltaica.** [Página web en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica Consulta: Julio, 2014.

GEDLER R.; RANGEL J. (2013). **Metodología de estudios de factibilidad, para la alimentación de cargas aisladas con energías renovables**. Unidad de Planificación de Gestión de la Energía. CORPOELEC. Caracas, Venezuela.

GOBIERNO DE ESPAÑA. (2010). **Evaluación ambiental estratégica del plan de energías renovables 2011-2020**. Ministerio de industria, Turismo y Comercio. España, p.60.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. [Página web en línea]. Disponible en: [http://www.ine.gov.ve/Consulta: Censo, 2011](http://www.ine.gov.ve/Consulta:Censo,2011).

LEY ORGÁNICA DEL SISTEMA Y SERVICIO ELÉCTRICO. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39.573, 14-12-2010.

LEY DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39.823, 19-12- 2011.

LEY DE REFORMA DE LA LEY ORGÁNICA DE PREVENCIÓN, CONDICIONES Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.236, 26-07- 2005.

LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE. Gaceta Oficial N° 5.833 (Extraordinario), 22-12-2006).

LINEAMIENTOS GENERALES DEL PLAN DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA NACIÓN 2013 – 2019, Venezuela.

Mapa de ubicación del Parque Nacional Guatopo. Extraído el 15 de Mayo del 2014. http://www.parkswatch.org/parkprofiles/maps/gtnp_eng.gif.

MARRERO, J. (2007). **Programa Sembrando Luz**. Disponible: http://venezuela.ahk.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Presentacion_Sembrando_Luz_26_9_7_Fundelec_Marrero.ppt. [Consulta: 15 de Noviembre, 2012].

MESEGUÉ, R. (s/a). **Viento, vegetación y potencial eólico**. Extraído el 25 de Septiembre 2014, [Página web en línea] <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia29/HTML/articulo03.htm>.

NORMAS SOBRE EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN GENERADA POR RUIDO. (Decreto N° 2217). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.418 (Extraordinario), 27 -04- 1992.

NORMAS SOBRE CALIDAD DEL AIRE Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. (Decreto No 638 de fecha 26-04-95), Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 4.899 (Extraordinario), 19-05-1995.

PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. Naciones Unidas. 1998.

REVISTA SEMBRANDO LUZ (2012). **Energías renovables en zonas aisladas, indígenas y fronterizas**. Fundación para el desarrollo del Servicio Eléctrico. 32 p.

REVISTA LA LUZ DEL ALBA. (2008). **Energía Solar: Sembramos Luz en Venezuela**. Fundación para el desarrollo del Servicio Eléctrico. 68 p.

REGLAMENTO PARCIAL DE LA LEY ORGÁNICA PARA LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO SOBRE ADMINISTRACIÓN Y MANEJO DE PARQUES NACIONALES Y MONUMENTOS NATURALES. Decreto 276 de fecha 09-06-89.

REGLAMENTO SOBRE GUARDERÍA AMBIENTAL. (Decreto N° 1.221 de fecha 2 de noviembre de 1990). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 34.678, 19-03- 1991.

ROJAS, R. et al. (2011). **El desafío de las energías renovables para su inserción a mayor escala en el mercado eléctrico boliviano**. Revista LAJED (15):167 – 181.

OUTBACK. **Sistema híbrido fotovoltaico utilizando equipos del fabricante Outback con planta de generación como respaldo**. [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.outbackpower.com/index.php/applications/residential/off-grid-remote-power>. Consulta: Julio, 2014.

SABINO, C. (1992). **El proceso de investigación**. [Libro digital]. Disponible en: <http://paginas.ufm.edu/Sabino/PI.htm>. [Consulta: 10 de Noviembre del 2012].

SERRANO M. **Venezuela es el mayor consumidor de electricidad en América Latina: la demanda supera los 18.000 MW**. Extraído el 21 de Mayo del 2014, de: <http://www.noticias24.com/venezuela/noticia/239938/venezuela-es-el-pais-con-mayor-consumo-de-energia-electrica-en-latinoamerica/>.

VALLE, J. y ORTEGA, H. (2012). **Prospectiva de Energías Renovables 2012 – 2026**. Secretaria de Energía (SENER). México. 156 p.

VASCO, L. **Efectos de la Contaminación sobre el Ser Humano**. Extraído el 20 de Enero del 2014 desde <http://html.rincondelvago.com/efectos-de-la-contaminacion-sobre-el-ser-humano.html>

URRUTIA, S. et al. (2013). **Sistemas Fotovoltaicos en comunidades aisladas, indígenas y fronterizas del Estado Zulia**. Fundación Para el Desarrollo de la Energía Eléctrica, Programa Sembrando Luz. pp 8.

ANEXOS

1. Características de los Módulos Fotovoltaicos

| Especificaciones | |
|---|---|
| Celda | Celda solar de silicio monocristalino de 125x125 mm |
| No de Celdas | 72 (6x12) |
| Dimensiones del módulo | 1590 mm x 790 mm x 40 mm |
| Caja de Conexiones | 2 x PV-RH051B-1 (CIXI/IP65/1) |
| Dimensiones de la caja de interconexión (longitud/ancho/profundidad) mm | 110/94/24,5 |
| Peso | 16,5 Kg |
| Características Eléctricas | |
| Voltaje a circuito abierto (Voc) | 21,6 V |
| Voltaje en el punto de max potencia (Vmp) | 17,2 V |
| Corriente de corto circuito (Isc) | 10,98 A |
| Corriente en el punto de max potencia (Imp) | 9,88 A |
| Potencia de a STC (Pm) | 170 W |
| Tolerancia | 5% |
| NOCT | 46 ±2 |
| Límites | |
| Temperatura de operación | (-40 a +85 °C) |
| Voltaje máximo del sistema | 1000 VDC |
| | |

2. Características de las baterías

| Modelo | | 8 OPzS 800 |
|-------------------------------|-------------|------------------------------------|
| Capacidad del banco | C100/1.85 V | 1220 |
| | C50/ 1.85 V | 1145 |
| | C24/1.83 | 1063 |
| | C12/1.80 | 955 |
| Peso Máximo | | 61.3 Kg |
| Peso del electrolito | | 16.9 Kg |
| Descargas en el ciclo de Vida | 80% DOD | 1500 |
| Dimensiones | Ancho | 193 mm |
| | Largo | 215 mm |
| | Alto | 710 mm |
| Tipo de Batería | | Abierta con placa positiva tubular |
| Voltaje por elemento | | 2V |
| Temperatura de funcionamiento | | (-20 a 55 °C) |

3. Características técnicas del inversor/cargador FX3048T

| Modelo | | FX3048T |
|-----------------------------------|---------------|---|
| Voltaje Nominal entrada de CC | | 48 VDC |
| Voltaje/Frecuencia nominal en AC | | 120Vac / 60 Hz |
| Potencia Nominal a 25°C | | 3000 VA |
| Sobrecarga | 30 min | 3200 VA |
| | 5s | 4800 VA |
| | Pico | 6000 VA |
| Consumo | Sin Carga | 23 W |
| | Modo búsqueda | 6 W |
| Eficiencia (máxima) | | 93% |
| Regulación del Voltaje de Salida | | ± 2% |
| Máxima salida de Corriente | Pico | 70 Amp AC |
| | RMS | 50 Amp AC |
| Máxima entrada de Corriente | | 60 Amp AC |
| Corriente de carga a Batería | | 35 Amp DC |
| Forma de onda | | Sinusoidal pura |
| Distorsión de armónicos | Típica | ± 2% |
| | Máxima | ± 5% |
| Temperatura de Operación | | (-40°C a 60°C) sobre 25°C disminuye la potencia |
| Rango de Frecuencia en AC | | 54-66 Hz |
| Rango de Voltaje en AC | | 80-150 VAC |
| Rango de voltaje de entrada de DC | | 42-68 VDC |
| Peso | | 25 Kg |
| Dimensiones | | 330x210x410 mm |

4. Características técnicas del regulador FLEXMAX 80

| Modelo | FLEXmax 80 FM80-150v |
|--------------------------------------|---|
| Voltajes de batería nominal | 12, 24, 36, 48 o 60 VCC (en el mismo equipo - a seleccionar al poner en marcha el equipo) |
| Corriente máxima de salida | 80 amperios @ 40°C/104°F con límite de corriente ajustable |
| Potencia máxima matriz FV | 48 VCC 5000W |
| Voltaje circuito abierto matriz FV | 150VCC valor máximo en condiciones de baja temperatura /145VCC para arranque y condiciones máximas de operación |
| Consumo en espera | Menor a 1W |
| Eficiencia de conversión de potencia | 97,5% @ 80 Amps en sistema de 48 VCC típica |
| Regulación de carga | Cinco estados: carga máxima (bulk), absorción, fotación, silenciosa y equalización. |

| | |
|---|---|
| Puntos de ajuste de regulación de voltaje | De 10 a 60 VCC, ajustable por el usuario con protección mediante contraseña. |
| Voltaje de ecualización | Voltaje y temporización programables - Finalización automática. |
| Compensación de temperatura de batería | Automática con RTS opcional (sensor de temperatura remoto). |
| Capacidad de voltaje reducido | Permite cargar una batería de voltaje inferior con una matriz FV de voltaje superior - Max 150 VCC. |
| Salida auxiliar de control | Salida programable de 12VCC disponible para diferentes aplicaciones (máx. 0,2A CC). |
| Pantalla de información | 8cm (3,1") Pantalla LCD retroiluminada de 4 líneas y 80 caracteres. |
| Pantalla y controlador a distancia | Opcional - MATE o MATE2 con puerto serie RS232 para comunicaciones. |
| Conexión red de datos OutBack | Red OutBack de datos mediante conector RJ45 con cable CAT 5e (8 hilos). |
| Registro de datos | Últimos 128 días - Ah, Wh, W pico, Amps, Voltaje de FV, tiempo en fotación, Voltaje max y min de batería, absorción para cada día además de valores acumulados de Ah y kWh. |
| Rango de temperatura de operación | -40°C a +60°C (La potencia de salida se disminuye a partir de 40°C). |
| Categoría ambiental | Para instalación en interior. |
| Peso | 5,56 Kg. - 12,20 lbs. |
| Dimensiones (alto x ancho x profundo) | 41,3x14x10 cm. - 16,25 x 5,75 x 4 " |

| | | |
|--------------------------|--|--------------------|
| Tiempo de Vida | | Superior a 10 Años |
| Densidad del electrolito | | 1.24 Kg/L |

5. Resolución N° 013155 (Creación del Escuadrón Montado Guatopo de la Guardia Nacional Bolivariana, en el Parque Nacional Guatopo).

RAMÓN ALONZO CARRIZALEZ RENGIFO
Ministro del Poder Popular
para la Defensa

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA DEFENSA
DESPACHO DEL MINISTRO

Caracas, **04 ENE 2010** 199° y 150°

RESOLUCIÓN N° 013155

Por disposición del Ciudadano Presidente de la República Bolivariana de Venezuela y Comandante en Jefe de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana, en ejercicio de las atribuciones que le confiere el artículo 77 numeral 19 del Decreto N° 6.217 con Rango, Valor y Fuerza de Ley Orgánica de la Administración Pública de fecha 31 de julio de 2008, actuando de conformidad con lo establecido en el artículo 11 de la Ley Orgánica de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana de fecha 21 de octubre de 2009,

CONSIDERANDO

Que se hace imperativo y necesario garantizar los recursos naturales renovables y el orden interno en el Parque Nacional GUATOPO ubicado al sureste del área metropolitana en la región montañosa que compone los Municipios Independencia, Lander y Acevedo del Estado Miranda y el Municipio Monagas del Estado Guárico.

CONSIDERANDO

Que es importante proteger el mencionado Parque Nacional por poseer la fuente principal de agua que suministra a la Gran Caracas, lo cual hace del mismo un área crítica y de gran importancia que amerita la presencia permanente del Componente Guardia Nacional Bolivariana.

RESUELVE

ÚNICO: Crear y Activar en el Parque Nacional "GUATOPO", un **Escuadrón Montado de la Guardia Nacional Bolivariana**. Unidad Especial perteneciente al Comando Regional N° 5, para cumplir funciones institucionales de Guardia Ambiental y Orden Interno.

Comuníquese al
Comando en Jefe de la Guardia Nacional Bolivariana,
Poder Ejecutivo Nacional,

RAMÓN ALONZO CARRIZALEZ RENGIFO
Ministro del Poder Popular
para la Defensa

6. Puesto Militar Escuadrón Montado Guatopo

