

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
MAESTRÍA EN DESARROLLO RURAL



**LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FACTOR DE
DESARROLLO EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA.**
**CASO: VEREDA CARUPANA, MUNICIPIO DE TAURAMENA,
DEPARTAMENTO DE CASANARE**

RAFAEL EDUARDO LADINO PERALTA

BOGOTÁ, D.C., MARZO DE 2011

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
MAESTRÍA EN DESARROLLO RURAL

**LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FACTOR DE
DESARROLLO EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA.**
**CASO: VEREDA CARUPANA, MUNICIPIO DE TAURAMENA,
DEPARTAMENTO DE CASANARE**

Ingeniero Mecánico

RAFAEL EDUARDO LADINO PERALTA

Tesis para optar al título de Maestría en Desarrollo Rural.

DIRECTOR: FERNANDO VARGAS N.

BOGOTÁ, D.C., MARZO DE 2011

Dedico este trabajo a Dios, a San Judas Tadeo.

A mi familia, a Mary por su amor y dedicación.

A Uriel que me brinda su fe en los momentos críticos.

A Anita por sus análisis y su confianza.

Los llevo arraigados en mi pensamiento.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mis agradecimientos a todas las personas que incondicionalmente aportaron su tiempo, sus experiencias, sus conocimientos en la realización de este trabajo.

A los ingenieros Pedro María Pinzón y Néstor Sergio Gutiérrez por sus valiosos aportes técnicos y colaboración y apoyo a la presente investigación.

Al ingeniero Carlos Peña de la Alcaldía de Tauramena, quien compartió su experiencia en energía fotovoltaica y por los aportes de registro fotográfico.

Al ingeniero Jimmy Mosquera por el alojamiento, la colaboración y por brindar su vasto conocimiento técnico energético.

Al ingeniero Rigoberto Sánchez por sus aportes de ingeniería y por el acompañamiento en el incierto viaje por los Llanos del Casanare.

A la alcaldía de Tauramena que abrió sus puertas a esta investigación.

A la Universidad Distrital por sus programa de capacitación docente.

A las universidades de La Salle y Autónoma de Colombia, en las carreras de Ingeniería Ambiental y Electromecánica, por abrir sus puertas hacia la visión de aplicación de las energías renovables al sector rural.

A las personas de Carupana: el profesor Mauricio Carvajal Barrero, la promotora de salud María Torres, el presidente de la Junta de Acción Comunal, Henry Jaramillo, los niños de la escuela, por sus aportes a las entrevistas.

Al ingeniero Guillermo Forero por su colaboración en la tabulación de las encuestas. A Alejandra Cuesta por su paciencia en la transcripción de voz a escrito, A Carolina Segura y Nayibi Pinilla.

A la microbióloga Nelly Lozano, a Sylvia Rojas por su desinteresado apoyo y sus aportes en la estructuración del presente trabajo.

A la Bióloga Astrid Ximena Parsons Delgado por sus críticas constructivas.

A mis profesores Olga Lucia, Gabriel, Flor Edilma, María Teresa y al cuerpo docente de la Maestría en Desarrollo Rural, por su valiosa contribución a la educación colombiana. A Alba Medina por su comprensión y calidad humana.

A quien en el momento de la grande duda de continuar o declinar, brinda su apoyo y propone nuevas alternativas, dedica su tiempo, organiza, orienta y suministra información valiosa para la ejecución de esta investigación, profesor Fernando Vargas Navarro.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| I. INTRODUCCIÓN | 14 |
| II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 15 |
| 1. ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN, PREGUNTAS, OBJETIVOS. | 19 |
| 1.1 Antecedentes | 19 |
| 1.2. Justificación | 24 |
| 1.3. Preguntas de Investigación | 27 |
| 1.4. OBJETIVOS | 27 |
| 1.4.1 Objetivo General | 27 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 27 |
| 2. MARCO DE REFERENCIA | 28 |
| 2.1. Marco Conceptual | 28 |
| 2.1. 1 Medio rural. | 28 |
| 2.1. 2 Desarrollo rural. | 29 |
| 2.1.3. Energías renovables y el desarrollo rural. | 31 |
| 2.1.4. La EFV en el Desarrollo Rural | 32 |
| 2.1.5. Fuente y transformaciones de energía solar. | 35 |
| 2.1.6. Energía solar térmica. | 35 |
| 2.1. 7 Marco Normativo. | 35 |
| 2.1. 8 Plan energético Nacional. | 35 |
| 2.1. 9 Leyes 142 y 143 de 1994. | 36 |
| 2.1. 10 Ley 812 de 2003. Artículo 118. | 37 |
| 2.1. 11 Normas técnicas. | 37 |
| 3. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO. | 38 |

| | |
|--|---------------|
| 3.1. Geografía. | 38 |
| 3.1.1. Ubicación | 38 |
| 3.1.2. Clima. | 40 |
| 3.1.3. Geomorfología y vías de acceso | 40 |
| 3.2. Caracterización social y económica. | 41 |
| 3.2.1. Reseña Histórica | 41 |
| 3.2.2. Actividades Económicas | 42 |
| 3.2.3. Productos agrícolas. | 43 |
| 3.2.4. Población Tauramena | 44 |
| 3.2.5. Educación | 45 |
| 3.2.6. Tenencia de la tierra | 46 |
| 4. PROCESO METODOLOGICO. | 48 |
| 4.1.1 Objetivos de la metodología | 49 |
| 4.1.2. Técnicas de recolección de datos. | 49 |
| 4.1.3. Variables de la investigación. | 50 |
| 4.1.4. Ficha técnica de participantes. | 52 |
| 4.1.5. Fases de la investigación. | 53 |
| 4.2 Desarrollo metodológico. | 55 |
| 5. RESULTADOS. | 57 |
| 5.1 Resultados de los Indicadores. | 57 |
| 5.1.1 Dimensión Social. | 57 |
| 5.1.1.1. Indicadores de procesos comunitarios: | 57 |
| 5.1.1.2. Cobertura de los servicios públicos. | 58 |
| 5.1.1.3. Necesidades básicas insatisfechas. | 60 |
| 5.1.1.4. Asistencia Escolar. | 61 |
| 5.1.1.5. Sistemas de eliminación de excretas. | 62 |
| 5.1.1.6. Vivienda inadecuada tipo de pared. | 63 |
| 5.1.1.7. Vivienda inadecuada tipo de piso. | 63 |
| 5.1.2 Dimensión Política. | 64 |
| 5.1.2.1. Planes Nacionales de Desarrollo. | 64 |
| 5.1.2.2. Planes Departamentales de Desarrollo Casanare. | 65 |
| 5.1.2.3. Plan Municipal de Tauramena 2008- 2011 “Soluciones en serio” | 66 |
| 5.1.2.4. Reflexión sobre los planes de Desarrollo. | 67 |
| 5.1.2.5. Estrategias locales para determinar la energía de Carupana. | 67 |
| 5.1.2.6. Recursos. | 69 |
| 5.1.2.7. Innovación tecnológica EFV en Carupana. | 70 |
| 5.1.2.8. Proceso de generación fotovoltaico. | 73 |
| 5.1.3 Dimensión Económica. | 78 |
| 5.1.4 Dimensión Ambiental. | 84 |
| 5.2 Resultados incidencias en el desarrollo rural con la EFV. | 88 |

| | |
|---|------------|
| 5.2.1 Resultados de entrevistas con actores vereda Capurana. | 89 |
| 5.2.2 Indicadores en el desarrollo rural a partir de cuestionario FAO. | 91 |
| 5.2.3 Incidencias de la EFV en el desarrollo caso Capurana. | 100 |
| 5.2.4 Incidencias sociales. | 101 |
| 5.2.5. Beneficios Ambientales y Económicos. | 102 |
| 5.2.6. Técnico. | 102 |
| 5.2.7. Política Institucional. | 103 |
| 5.3. Recomendaciones implementación de EFV zonas rurales. | 104 |
| 5.3.1. Económicas y financieras | 104 |
| 5.3.2. Políticas e institucionales. | 104 |
| 5.3.3. Técnicas | 104 |
| 5.3.5. Ambientales y sociales | 105 |
| 6. CONCLUSIONES | 107 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 116 |
| 8. ANEXOS. | 119 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Experiencia de países latinoamericanos con EFV. | 23 |
| Tabla 2. Panorama general del potencial de los sistemas EFV. | 34 |
| Tabla 3. Población Tauramena. | 44 |
| Tabla 4. Cobertura de educación Tauramena. | 46 |
| Tabla 5. Tenencia de la tierra Tauramena. | 46 |
| Tabla 6. Tenencia de la tierra Carupana. | 47 |
| Tabla 7. Variables de la investigación. | 51 |
| Tabla 8. Participantes Yopal, Tauramena, Vigía, Carupana. | 52 |
| Tabla 9. Participantes expertos EFV. Encuesta FAO. | 53 |
| Tabla 10. Desarrollo Metodológico Indicadores. | 55 |
| Tabla 11. Desarrollo Metodológico Incidencias. | 56 |
| Tabla 12. Desarrollo Metodológico Recomendaciones. | 56 |
| Tabla 13. Puntaje nuevo Sisbén. | 57 |
| Tabla 14. CREG Costo de la energía fotovoltaica. | 79 |
| Tabla 15. Potencia mensual EFV Carupana. | 80 |
| Tabla 16. Tarifas EFV y energía convencional rural. | 81 |
| Tabla 17. Costo sistema fotovoltaico bombeo Carupana. | 82 |
| Tabla 18. Costo sistema fotovoltaico vivienda rural Carupana. | 82 |
| Tabla 19. Costo sistema fotovoltaico escuela rural Carupana. | 83 |
| Tabla 20. Costo sistema fotovoltaico centro de salud Carupana. | 83 |
| Tabla 21. Tiempo de recuperación de implementación EFV. | 84 |
| Tabla 22. Matriz de impactos de las fuentes de energía. | 87 |
| Tabla 23. Beneficiarios de la EFV Carupana. | 89 |
| Tabla 24. Población de Carupana Sisbén | 119 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 25. Población Rural de Tauramena Sisbén. | 120 |
| Tabla 26. Población de Tauramena Sisbén | 121 |
| Tabla 27. Servicios públicos Carupana. | 122 |
| Tabla 28. Servicios Públicos Sector Rural Tauramena | 123 |
| Tabla 29. Servicios Públicos Tauramena. | 124 |
| Tabla 30. NBI. Carupana. | 125 |
| Tabla 31. NBI Población Rural Tauramena. | 126 |
| Tabla 32. NBI Tauramena. | 127 |
| Tabla 33. Paredes vivienda. Sector Rural Tauramena. | 128 |
| Tabla 34. NBI. Paredes vivienda Tauramena. | 129 |
| Tabla 35. NBI. Piso de vivienda. Sector Rural Tauramena. | 130 |
| Tabla 36. NBI. Piso de vivienda. Tauramena. | 131 |
| Tabla 37. Recursos energéticos Tauramena Sector Rural. | 132 |
| Tabla 38. Recursos energéticos Tauramena. | 133 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Barreras para el desarrollo de Energía Renovable. | 16 |
| Figura 2. Ubicación Geográfica Carupana. | 39 |
| Figura 3. Isoyetas Tauramena. | 40 |
| Figura 4. Vía a Carupana. | 41 |
| Figura 5. Caño Guira | 41 |
| Figura 6. Uso de la Tierra Tauramena. | 42 |
| Figura 7. Productos Agropecuarios Tauramena. | 43 |
| Figura 8. Población de Carupana. | 44 |
| Figura 9. Tipos básicos en estudio de casos. | 48 |
| Figura 10. Secuencia de un diseño de casos múltiples. | 49 |
| Figura 11. Sistema eléctrico convencional Casanare. | 68 |
| Figura 12. Radiación solar nacional. | 71 |
| Figura 13. Distribución anual de la temperatura Tauramena. | 72 |
| Figura 14. Distribución anual brillo solar Tauramena. | 73 |
| Figura 15. Proceso fotovoltaico. | 74 |
| Figura 16. Sistema solar fotovoltaico. | 74 |
| Figura 17. Horas solares pico. | 74 |
| Figura 18. El sistema de regulación centro de salud Carupana. | 75 |
| Figura 19. Banco de baterías en centro de salud Carupana. | 75 |
| Figura 20. El inversor en centro de salud Carupana. | 76 |
| Figura 21. La carga en centro de salud Carupana. | 76 |
| Figura 22. Centro de salud Carupana | 77 |
| Figura 23. Sistema de bombeo solar escuela Carupana. | 78 |

LISTA DE GRÁFICAS

| | |
|--|----|
| Gráfica 1. Capacidad mundial instalada de potencia fotovoltaica. | 25 |
| Gráfica 2. Distribución energética colombiana. | 26 |
| Gráfica 3. Comportamiento Académico 2002-2007 Tauramena. | 45 |
| Gráfica 4. Procesos comunitarios. Población inscrita en Sisbén. | 58 |
| Gráfica 5. Servicios Públicos: Energía, Gas, Telefonía. | 59 |
| Gráfica 6. Servicios Públicos: acueducto, alcantarillado, residuos sólidos. | 60 |
| Gráfica 7. NBI. Educación primaria. | 61 |
| Gráfica 8. NBI. Sistema de eliminación de excretas. | 62 |
| Gráfica 9. NBI. Tipo de pared en vivienda. | 63 |
| Gráfica 10. NBI. Tipo de piso en vivienda. | 64 |
| Gráfica 11. Comportamiento mensual de las regalías 2004-2010. | 69 |
| Gráfica 12. Energía que utilizan las familias para iluminación. | 85 |
| Gráfica 13. Tipos de energías utilizadas en la región. | 92 |
| Gráfica 14. Uso de la energía solar. | 92 |
| Gráfica 15. Uso por sector económico. | 93 |
| Gráfica 16. Beneficiarios directos del uso de EFV. | 94 |
| Gráfica 17. Utilización de EFV en agricultura. | 94 |
| Gráfica 18. Procesos productivos y la EFV. | 95 |
| Gráfica 19. Tipos de negocios que se realizan en la comunidad. | 95 |
| Gráfica 20. Impactos generados por la implementación de la EFV. | 96 |
| Gráfica 21. Tipos de servicios en los cuales se emplea EFV. | 96 |
| Gráfica 22. Incidencias sociales en la comunidad por el uso de EFV. | 97 |
| Gráfica 23. Diferentes usos de la EFV por parte de las familias. | 97 |
| Gráfica 24. Incidencia de la EFV en las actividades familiares. | 98 |
| Gráfica 25. Empleo de partes nacionales en la construcción EFV. | 98 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| ANEXO 1. Instituciones educativas Tauramena. | 118 |
| ANEXO 2. Población Carupana Sisbén | 119 |
| ANEXO 3. Población Rural de Tauramena Sisbén. | 120 |
| ANEXO 4. Población Tauramena Sisbén | 121 |
| ANEXO 5. Servicios Públicos Carupana. | 122 |
| ANEXO 6. Servicios Públicos Sector Rural Tauramena | 123 |
| ANEXO 7. Servicios Públicos en Tauramena. | 124 |
| ANEXO 8. NBI. Sistema de eliminación de excretas Carupana. | 125 |
| ANEXO 9. NBI. Sistema de eliminación de excretas rural Tauramena. | 126 |
| ANEXO 10. NBI. Sistema de eliminación de excretas Tauramena. | 127 |
| ANEXO 11. Paredes vivienda. Sector Rural Tauramena. | 128 |
| ANEXO 12. NBI. Paredes vivienda Tauramena. | 129 |
| ANEXO 13. NBI. Piso de vivienda. Sector Rural Tauramena. | 130 |
| ANEXO 14. NBI. Piso de vivienda. Tauramena. | 131 |
| ANEXO 15. Recursos energéticos en Tauramena Sector Rural. | 132 |
| ANEXO 16. Recursos energéticos en Tauramena. | 133 |
| ANEXO 17. Tiempo de recuperación de la inversión EFV. | 134 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------------|--|
| CEPAL | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. |
| CORPES | Consejo Regional de Planificación Económica y Social. |
| CREG | Comisión Reguladora de Energía y Gas. |
| DNP | Departamento Nacional de Planeación. |
| EFD | Energía Fotovoltaica Domestica. |
| EFV | Energía Fotovoltaica. |
| EPM | Empresas Públicas de Medellín. |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación. |
| IDEAM | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. |
| NBI | Necesidades Básicas Insatisfechas. |
| OCDE | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. |
| OLADE | Organización Latinoamericana de Energía |
| PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. |
| SFD | Sistemas Fotovoltaicos Domésticos. |
| UPME | Unidad de Planeación Minero Energética. |
| ZNI | Zonas no Interconectadas. |

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación recoge los resultados en torno a las características sociales, ambientales, económicas y de política, con relación al uso de la energía fotovoltaica y su incidencia en el desarrollo rural. El estudio se llevó a cabo con el método del caso en la vereda de Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare. De igual forma se describen aspectos geográficos en el contexto de estudio relacionados con la energía solar.

El departamento de Casanare, uno de los más extensos del país con el 3.9% del área colombiana, se identifica como un territorio con características propias institucionales, económicas, sociales, y geográficas. A partir del año 1991 y con la nueva Constitución Política de Colombia, se constituye como departamento; al mismo tiempo, con el descubrimiento de los pozos petroleros de Cusiana y Cupiagua se convierte en la región de mayor explotación petrolera nacional, que con sus actividades rurales de ganadería extensiva y cultivo de arroz, presenta cambios en el desarrollo económico, institucional y social; esto permitió mejorar la calidad de vida de los habitantes rurales con programas energéticos rurales, como el de tendidos de grandes redes eléctricas para distancias considerables, con una inversión económica elevada.

Inicialmente llegó la energía eléctrica al estado de sombras de las regiones olvidadas como Carupana, pero el invierno hizo ver una realidad: por falta de análisis más profundo de las condiciones del suelo, este presenta escarceos en época de lluvias, los postes se caen, las redes necesitan mantenimiento con mano de obra calificada, el invierno pasa y la corriente eléctrica queda interrumpida.

La investigación del caso de la vereda de Carupana está relacionada con los conocimientos sobre generación de procesos de desarrollo, ventajas, dificultades y mejoras en la calidad de vida de la comunidad de estudio; a partir de la implementación de proyectos de energía solar fotovoltaica en áreas rurales las comunidades no interconectadas tienen como alternativas energéticas, la energía solar y la eólica.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso de energía en los espacios rurales se relaciona con el consumo de combustibles fósiles empleados en maquinaria, equipos agrícolas y como insumo doméstico en la cocción de alimentos. Estas aplicaciones basadas en la utilización de recursos naturales representan factores de riesgo ambiental y de salud, como la contaminación atmosférica o calentamiento global, debido al aumento del dióxido de carbono, uno de los gases responsables del efecto invernadero. Con el calentamiento global, los sectores rurales se verán seriamente afectados en la agricultura por la evaporación de agua de la superficie de la tierra y el aumento de lluvias e inundaciones.

De igual manera, el consumo de energía calórica, especialmente en la cocción de alimentos en zonas rurales, se fundamenta en el consumo de leña o de endoenergéticos (todos los tipos de combustibles derivados directa o indirectamente de los árboles, como el carbón vegetal); de acuerdo con (FAO, 2002) ¹ estas prácticas contribuyen a la reducción de recursos estratégicos como bosques, biodiversidad, aguas y suelos.

Por otro lado, la falta de energía dentro del territorio rural incide de manera negativa en las condiciones de calidad de vida de los habitantes rurales e igualmente dificulta el desarrollo de las actividades domésticas y la productividad agropecuaria, labores que influyen en el desarrollo rural.

Teniendo en cuenta a Lutz (2003) ², en “*Barreras a la penetración de los usos sostenibles de la energía*” hace énfasis en las dificultades que se les presentan a las instituciones, empresas y organismos que desean trabajar las tecnologías limpias ³ en el contexto Latinoamericano; en este artículo se identifican las barreras más notorias que se especifican en la figura 1 y que impiden que las energías renovables se desarrollen y puedan de alguna manera representar soluciones viables a largo plazo.

¹ FAO. Boletín de servicios agrícolas 153. Calidad y competitividad de la agroindustria rural de América Latina y el Caribe. Uso eficiente y sostenible de la energía. Pág. 11.

² LUTZ, Wolfgang. Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe. Restricciones y perspectivas. Documento número 65 de la CEPAL. Pág. 19.

³ Agenda 21. Define las tecnologías limpias como: “*Son los procesos y productos que protegen el ambiente, son menos contaminantes, usan todos los recursos en forma más sustentable, reciclan más de sus residuos y productos y manejan los desechos residuales de una manera más aceptable.*” Obtenida el 26 de Diciembre de 2010, de <http://www.ecoportal.net/content/view/full/169/offset/21>.

Figura 1. Barreras para el desarrollo de Energía Renovable.

| Barreras para el Desarrollo de Energías Renovables. | | |
|--|---|---|
| Barreras | Para aplicar tecnologías energéticas no convencionales | <p>Política: Falta de políticas públicas. Falta de voluntad política. Poca demanda social de estas energías. No inclusión en los planes energéticos nacionales</p> <p>Económicas: Altos costos de la instalación inicial. Recuperación del capital inicial a largo plazo.</p> <p>Financieras: Dificultad para préstamos bancarios para este tipo de energía. No hay mecanismos estables de mercado para las partes del sistema fotovoltaico.</p> <p>Técnicas: No existe fabricación de las partes esenciales de los componentes básicos de los SFV. Poca investigación de este tipo de energía por parte de universidades e instituciones privadas o estatales.</p> |

Fuente: El autor. Adaptado. Eficiencia energética en América Latina⁴.

En la barrera política, generalmente se le atribuye al desconocimiento de las energías renovables, a la falta de políticas públicas o al poco interés para desarrollarlas por su bajo impacto en la población; sin embargo, se debe tener en cuenta que los recursos energéticos se agotan, las facturas de los servicios públicos crecen, se presenta el calentamiento global. Esta barrera puede convertirse en una oportunidad política.

Las energías renovables eólicas, geotérmicas, solares térmicas presentan un impacto económico. La energía fotovoltaica tiene un costo de inversión de recuperación a largo plazo: según la Comisión Económica para América Latina CEPAL (2003), la relación con las pequeñas centrales hidroeléctricas es de uno a siete, es decir, por cada watio el costo de inversión es de siete dólares para energía fotovoltaica.

Las barreras financieras no presentan un futuro prometedor; los bancos, dentro de su política capitalista difícilmente crearían fuentes alternativas de créditos blandos, o proyecciones sociales asociadas con la energía renovable.

⁴ ALTOMONTE, Hugo, LUTZ, Wolfgang. Energías renovables y eficiencia energética en América Latina. Restricciones y perspectivas.

Las barreras técnicas se ven comprometidas con la falta de investigación, adaptación y transferencia de las tecnologías asociadas a este recurso energético. Es así que el problema no solo es regional sino nacional.

En Colombia, siguiendo a Dyer (2008)⁵, el 4% de la población colombiana no está conectada al anillo eléctrico nacional; esta población ocupa el 66% del territorio nacional y al desarrollarse las energías renovables para zonas alejadas o no interconectadas, esta energía es un soporte en las labores domésticas, productivas y comerciales de la población rural. En el caso de la energía eléctrica, la tendencia regional en Latinoamérica (FAO 2000)⁶ en el sector rural, se limita básicamente a la iluminación y, en un bajo promedio, al uso de electrodomésticos, a pesar del crecimiento de interconexión eléctrica que en Colombia alcanza el 80% de cobertura.

Con respecto a Colombia, algunas regiones favorecidas por el espectro de la radiación solar (Tauramena con 1.962 horas anuales de brillo solar)⁷ presentan un potencial energético que contribuiría a la reducción relativa de costos por interconexión eléctrica y al fomento de energías renovables, especialmente en los sectores agrarios. Estas características geográficas justifican el uso, el consumo eléctrico y la capacidad de autosuficiencia, sin la dependencia de macro-redes eléctricas, las cuales dificultan su conectividad, dadas las distancias y los enclaves geográficos del país donde se presenta reducción de la cobertura eléctrica rural.

En el caso del municipio de Tauramena, departamento de Casanare, el gobierno colombiano, dentro de su política de electrificación rural, ha implementado un proyecto de energía solar fotovoltaica, dirigido a viviendas y escuelas que se encuentran dispersas por fuera de la cobertura eléctrica. El proyecto "Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el departamento de Casanare" fue presentado por la Secretaría de Obras Públicas y Transporte de la Gobernación de Casanare, en el año 1999 a la CORPES (Consejo Regional de Planificación Económica y Social) de la Orinoquia, con el fin de atender 40 escuelas y 2.000 viviendas, buscando abarcar a la población rural alejada de las líneas de interconexión eléctrica.

En el área rural del municipio de Tauramena se encuentra la vereda de Carupana la cual cuenta con una población dispersa y de baja densidad, con carreteras en mal estado e inundables en época de invierno, con una falta de energía eléctrica a finales de la década del 90, aunque se construyó la red de

⁵ DYNER ISAAC, y HOYOS, Santiago. Contribución de la energía al desarrollo de las comunidades aisladas no interconectadas. Universidad Nacional de Colombia. Documento de trabajo obtenida el 26 de Diciembre de 2010 de <http://dyna.unalmed.edu.co/ediciones/154/articulos/a19v75n154/a19v75n154.pdf>.

⁶ BEST, Gustavo, CAMPEN B. Van. Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural. FAO. Roma 2000. P 6.

⁷ IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. En Casanare características geográficas. Anexo L. Estación de Cusiana.

interconexión eléctrica con el casco urbano, esta presento problemas de deterioro por las inclemencias del clima, como caídas de postes, dificultad de desplazamiento de técnicos y maquinaria para el debido mantenimiento, lo cual ocasionaba la interrupción del flujo eléctrico al centro de salud, escuelas y comunidad en general de la vereda, lo que implicaba reducción en la cobertura y calidad de la educación, la no conservación de medicamentos que requerían refrigeración.

Por falta de energía eléctrica la población debía desplazarse hacia el río Meta para llevar agua para cubrir sus necesidades básicas; a partir del tendido de red eléctrica la comunidad obtuvo energía para iluminación y para electrodomésticos los cuales consumen baja potencia, persistiendo el problema de acceso al agua potable por falta de un transformador de potencia suficiente para el accionamiento de la bomba centrífuga, acentuándose con las interrupciones en época de invierno.

Una de las soluciones que se ve abocada la comunidad de Carupana es realizar a través de sus líderes comunales, profesor y promotora de salud, la petición a la alcaldía de Tauramena de la implementación de energía fotovoltaica, petición que se transformo en realidad. Es así como el centro de salud cuenta con una infraestructura eléctrica dual (convencional y alternativa). Es particular la solución dada a la población de Carupana residente en el pequeño poblado, con respecto al agua potable, es construido un pozo profundo a 18 m de la superficie del suelo⁸, en cercanía de la escuela Henry García, para la extracción de agua a través de un sistema fotovoltaico que abastece a los estudiantes y la comunidad, en el cubrimiento de sus necesidades básicas insatisfechas, con relación a la conservación de medicamentos, la iluminación y la comunicación. Conforme a lo expuesto se realiza la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué incidencias se han configurado alrededor del uso de la energía solar fotovoltaica en el contexto de estudio de la vereda y el municipio?

Se espera que los proyectos de energía fotovoltaica, contribuyan a mejorar las condiciones de bienestar de la población rural de la vereda de Carupana.

⁸ Según Corporinoquia, “Es importante mencionar que el pozo profundo de donde se abastece esta comunidad actualmente no se encuentra concesionado; sin embargo, no se puede suspender debido a que es la única fuente de donde se beneficia la comunidad estudiantil y toda la población asentada en esta zona” Ver en: Corporinoquia. Expediente No 200.38.10.671. obtenida el 29 de Diciembre de 2010 de <http://www.corporinoquia.gov.co/ktml2/images/uploads/Actos%20Admitivos%20Sancionatorios/A101011.pdf>.

1. ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN, PREGUNTAS, OBJETIVOS.

1.1 Antecedentes

El interés por la energía solar en Colombia tiene sus comienzos en la crisis energética de la década de los setenta (1970), cuando las universidades centran principalmente sus estudios en este campo de los sistemas de energía solar térmica y fotovoltaica, en aplicaciones como calentamiento de agua, secadores solares, sistemas climatizados.

En la cumbre realizada en la Isla Margarita, Venezuela (El Tiempo, 2007) ⁹, para la unión de los países suramericanos alrededor de la energía solar, se expuso la necesidad de que los gobiernos incentiven energías renovables, entre ellas la energía solar, que a mediano plazo puede conllevar soluciones energéticas sostenibles.

La electrificación rural en Latinoamérica y Colombia de acuerdo con Fonseca (2000) ¹⁰ se enmarca cronológicamente en tres momentos históricos: el primero se produce en la década de los años setenta, donde el Estado controla y es dueño de los servicios públicos domiciliarios y a su vez lanza programas de electrificación rural con una cobertura que pasó del 15% al 40%. Lo anterior tenía como propósitos mejorar la calidad de vida de la población rural; aumentar el desarrollo agrícola; sustituir las fuentes energéticas costosas como el diesel y el petróleo; disminuir las migraciones a las ciudades; reducir el consumo de leña. Las tarifas en esta época estaban subsidiadas, beneficiando a los estratos bajos; sin embargo, las empresas de energía eléctrica que contribuían con las conexiones en zonas de población dispersa, aumentaron sus costos internos, lo que las llevó a afrontar una crisis económica más adelante. En esta etapa las aplicaciones solares fotovoltaicas en zonas rurales eran pobres, generalmente para bombeo de agua en pequeñas comunidades rurales.

Durante este periodo empiezan a conocerse los sistemas solares y a experimentar con ellos; llegan a los sectores rurales por donaciones y sin ningún programa de capacitación para los habitantes rurales; además, quienes reciben el servicio no se sienten dueños ni responsables de los sistemas, lo que llevaría a dejar de lado esta tecnología.

⁹ EL TIEMPO, Cooperación energética acuerdan países de Suramérica, tras cumbre en Isla Margarita (Ven). 18 de Abril 2007. Sección Economía. Obtenida el 26 de Diciembre de 2010 www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3518381

¹⁰ FONSECA, Carlos. Hacia los servicios públicos de cuarta generación: las empresas de capital social. obtenida el 26 de Diciembre de 2010. En <http://www2.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/4generacion.pdf>

El segundo momento encaja en la década de los ochenta¹¹ se presenta una recesión mundial en la economía, aumento del precio del petróleo lo cual coincide con la crisis económica de las empresas prestadoras del servicio, crisis reflejada en inflación, costos de administración, operación y mantenimiento de los sistemas, lo cual detuvo los proyectos de electrificación rural. Durante este periodo se presenta una gran difusión de los sistemas solares fotovoltaicos, se realizan análisis de la demanda en zonas rurales, observando que las zonas no interconectadas y con población dispersa necesitan de poca energía para el consumo doméstico, generalmente representado en iluminación y uso de electrodomésticos. Esta nueva visión lleva a comerciantes y a empresarios de esta tecnología a capacitar a técnicos y usuarios, con lo cual su implementación empieza a recibir los primeros créditos financieros.

El tercer momento se enmarca en la década de los noventa: el Estado, siguiendo el modelo Neoliberal y siguiendo el consenso de Washington como lo afirma Vélez (2006)¹², entra en el proceso de privatización de los servicios públicos con el ánimo de organizar el sector energético crea las leyes 142 y 143 de 1994 (Senado de la Republica de Colombia 1994). Las instituciones energéticas privadas penetran en el país con el ánimo de lucrarse con la prestación del servicio; en este momento, la energía para el sector rural en zonas alejadas y no-interconectadas no puede resolver los problemas energéticos por medio de la red convencional; tampoco les interesa a estas instituciones la penetración de energías renovables en los países latinoamericanos que presentan barreras de índole económica y política.

Posteriormente, y de acuerdo con Fonseca (2000) los servicios públicos de cuarta generación, con capital social, girarán alrededor de las comunidades, que asociadas, serán usuarios y dueños a la vez de los servicios públicos domiciliarios; en el caso de la energía fotovoltaica, se deberán crear los huertos solares con módulos fotovoltaicos, bancos de baterías, reguladores propios, que suministrarán energía limpia a las comunidades y se presentarán excedentes de energía eléctrica que serán suministrados al anillo nacional.

Sin embargo, se conocen antecedentes y experiencias en países latinoamericanos entre ellos Colombia como queda establecido por la UPME¹³, con sistemas solares fotovoltaicos, demostrando que sí puede existir un desarrollo rural alrededor de la energía solar.

En el contexto colombiano las energías renovables son objeto de estudio en forma incipiente de parte de distintos entes estatales como el Ministerio de Minas y Energía el IDEAM, además de grupos de investigación de la

¹¹ CREG. Historia de la energía eléctrica en Colombia. Obtenida el 27 de Diciembre de 2010 de la pagina http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-57&p_options=energética

¹² Vélez Galeano Hildebrando. Ecología Política de la energía. Editorial Censat. 2006. Página 27. http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-57&p_options=energética

¹³ UPME. Plan de expansión de Referencia: Generación y transmisión 2005 -2019.

Universidad Nacional, como lo afirma Rodríguez (2003) “se puede utilizar en Colombia radiaciones solares para ser transformadas en electricidad donde el proceso es inagotable”¹⁴.

A nivel fotovoltaico se han realizado estudios sobre celdas solares con el fin de convertir la energía solar en eléctrica y emplear ésta en iluminación, sistema de bombeo para irrigación, transporte de agua, movimiento de motores para diferentes aplicaciones. Estas aplicaciones han sido dirigidas especialmente a zonas no-interconectadas, pero también a zonas interconectadas rurales que a largo plazo pueden resultar beneficiadas, debido a los incrementos de las tarifas de electrificación.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, mediante el documento “Pasos hacia la Modernización en el Sector Rural: La Energización como Polo Central” FAO (1998), plantea que en Latinoamérica y el Caribe, el sector rural es usuario y productor de energía. Si se tiene en cuenta el concepto de cadena agroempresarial, cada agente económico requiere del uso de energía: la siembra, el regadío, la cosecha, el transporte, hasta que lleguen los productos al usuario final. La energía fotovoltaica favorece la posibilidad de elaborar e instalar sistemas tecnológicos viables que cumplan el requisito de suplir necesidades específicas como iluminación, comunicaciones y medios audiovisuales para escuelas y centros comunales, y refrigeración para medicinas en los centros de salud. Lo anterior facilita la inclusión de los servicios de energía solar en programas de desarrollo sanitarios (promoción de agua potable para consumo), agrícolas (irrigación y micro riegos), educativos y económicos.

Por lo tanto, se debe tener alguna forma de energía ambientalmente eficiente que brinde posibilidades de una agricultura sostenible a las comunidades rurales. En este documento la FAO hace un llamado para incentivar las energías renovables como alternativas a mediano y largo plazo, con la intención de disminuir la pobreza y aumentar la calidad de vida de los habitantes en sectores rurales.

En la tabla 1 se muestra la experiencia de algunos países latinoamericanos, que en diferentes espacios de tiempo optan por instalar energía fotovoltaica para zonas no interconectadas, con proyectos para poblaciones pequeñas; es de resaltar el proyecto de las Empresas Públicas de Medellín, que junto con la Electrificadora de Santander y la Fundación por una Colombia Futura, aspira a generar 15 megavatios con energía solar, para dar electricidad a 17.000 habitantes de Bucaramanga, acercándose al concepto de Fonseca (2000)¹⁵

¹⁴ Rodríguez Julio Mario. Energía: sus perspectivas, conversión y utilización en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Página 218.

¹⁵ FONSECA, Carlos. Op.Cit.,P.4.

sobre los servicios de cuarta generación, con venta de energía eléctrica excedente al anillo nacional.

En la misma tabla se hace referencia a la vereda de San Sebastián¹⁶ (a tres horas en lancha rápida de Tumaco-Nariño); no poseía servicios públicos; para el alumbrado domiciliario, 5 familias se abastecían con plantas de gasolina, 12 con lámparas de petróleo, 50 con velas y el resto no empleaba ningún tipo de energía. Después del terremoto de 1979, el gobierno de turno (Turbay Ayala) donó 122 casas en madera para los ochocientos habitantes y la Fundación Luna Roja donó un sistema de alumbrado con energía fotovoltaica; la comunidad colaboró con la instalación bajo supervisión técnica de la fundación; desde entonces, la comunidad disfruta de esta nueva tecnología.

Tabla 1. Experiencia de países latinoamericanos con EFV.

| Experiencia de países latinoamericanos con energía fotovoltaica | | | |
|--|--|------------|--|
| País | Documento | Año | Comentario |
| México | Estudio de caso: Selección de opciones de aprovechamiento energético para la comunidad rural de Tepisuac, Jalisco. | 1997 | Proyecto con 50 viviendas y una población de 300 personas. Viven en la pobreza, con prácticas de subsistencia. |
| Colombia | Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el departamento de Casanare. | 1999 | Proyecto dirigido a la población rural de Casanare (40 escuelas y 2.000 viviendas), aislada de las zonas interconectadas de los corredores eléctricos. ¹⁷ |
| Cuba | Estudio de caso: selección de alternativas energéticas un proyecto de comunidad rural provincia de Cienfuegos. | 1999 | Proyecto para 30 viviendas, con una población de 200 personas. Conclusión: energía fotovoltaica para demanda eléctrica, bombeo de agua, iluminación. Energía solar térmica para la cocción de alimentos. |
| Colombia | Energía fotovoltaica para San Sebastián, Tumaco-Nariño. | 1999 | Electrificación fotovoltaica de unidades caseras, para población en el Pacífico colombiano. Ayuda humanitaria y cooperación de Fundación Luna Roja. |
| Honduras | “La energía solar cierra la brecha digital” | 2000 | Aldea de San Ramón, primera comunidad de Honduras conectada a internet, con energía fotovoltaica. Otras aplicaciones: televisión, videgrabadoras y computadores. |

¹⁶ Video suministrado por Alcaldía de Tauramena.

¹⁷ Gobernación de Casanare. Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el Departamento de Casanare. Documento 23 de agosto de 1999.

| Experiencia de países latinoamericanos con energía fotovoltaica | | | |
|--|--|------------|---|
| País | Documento | Año | Comentario |
| El Salvador | Energía fotovoltaica en la educación a distancia. Estudio de caso “telesecundaria El buen Porvenir” que se encuentra en una zona rural del país. | 2001 | Diseño de un sistema fotovoltaico que contempla una video casetera para 5 horas, un televisor 25”, 3 luminarias de 15W cada una, para dos horas de uso. El diseño se realizó para el mes de junio con la mínima irradiación; se obtuvieron dos paneles de 362 W. Se prevé el uso de computadores, y con el tiempo, acceso a internet. |
| Chile | Tecnologías renovables en electrificación rural. | 2003 | La energía solar se utiliza para el calentamiento de agua y generación eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos en viviendas aisladas de la red eléctrica, en la zona norte del país. |
| Perú | Electrificación rural a base de energía fotovoltaica (PNUD) | 2006 | Es una alternativa energética para sistemas fotovoltaicos, cuando la demanda es pequeña, ayudando al poblador rural de áreas aisladas a disminuir los índices de pobreza. Dentro de los objetivos del proyecto se encuentra la disminución de los gases tipo invernadero que se generan por la utilización de combustibles fósiles en las zonas rurales. |
| Colombia | Implementación de sistemas de energía para comunidades no interconectadas. | 2008 | Energía para 12 escuelas rurales y 75 viviendas y 8.000 solicitudes en comunidades dispersas del área rural de Casanare. ¹⁸ |
| Colombia | Central de producción energía fotovoltaica para 17.000 habitantes de Santander. | 2009 | Central a construirse con apoyo de las EPM (Empresas Públicas de Medellín), Fundación por una Colombia Futura. Electrificadora de Santander. Proyecto piloto para generar 15 Mw en Bucaramanga. ¹⁹ |

Fuente: El autor. (Adaptado de diferentes fuentes)

¹⁸ Gobernación de Casanare. Implementación de sistemas de energía alternativas para comunidades no interconectadas (viviendas y escuelas rurales) en el departamento de Casanare. Obtenida el 26 de Diciembre de 2010. el <http://www.casanare.gov.co/?idcategoria=4315>.

¹⁹ Fundación por una Colombia futura. Empresas Públicas de Medellín EPM. Obtenida el 26 de Diciembre de 2010 de www.tupatrocinio.com/.../77294040090169515348654948524565.html.

Entre los recursos renovables se encuentra la energía solar como posible solución energética en sistemas térmicos y fotovoltaicos para el área rural colombiana; sin embargo y siguiendo a Opazo (2004), “el costo de los sistemas solares es alto, pero a medida que se incrementa su uso, los precios son más competitivos, lo que hace que la energía solar empiece a ser atractiva para soluciones energéticas rurales”²⁰.

En zonas rurales colombianas, como es el caso de la vereda Carrizal en Sutamarchán Boyacá, Pinto (2004)²¹ muestra las bondades de una investigación con este tipo de energías como potencial de uso en una comunidad colombiana, permitiendo un desarrollo rural en la parte social, ambiental y técnica, teniendo en cuenta las variables climáticas de la región.

La Universidad Nacional de Medellín a través del grupo de investigación, liderado por Isaac Dyner y Carlos Franco, realizó la investigación “contribución de la energía al desarrollo de comunidades aisladas no interconectadas: un caso de aplicación de la dinámica de sistemas y los medios de vida sostenibles en el suroccidente colombiano (2008)” donde se estudia la energía del sector rural para zonas que no se encuentran en el anillo nacional de energía, usando los medios de vida sostenible de las comunidades. Este estudio fue realizado en Jambaló departamento de Cauca, donde se concluye que, aunque la energización con energía fotovoltaica en las comunidades rurales permite mejorar las condiciones de vida, es limpio para el medio ambiente. En este caso no llena las expectativas de la comunidad que requiere energía eléctrica doce horas al día, debido a su alto costo (4000 dolares por 1 KW de energía fotovoltaica instalado); por lo tanto se aconseja realizar el tendido de red eléctrica convencional.

1.2. Justificación

La energía es un factor fundamental para el desarrollo de las comunidades urbanas y rurales; en nuestro país es evidente que aquellas comunidades apartadas en la geografía colombiana, -en lo que algunos autores denominan la Colombia olvidada- presentan problemas de abastecimiento de agua, saneamiento básico, baja cobertura de luminosidad en la noche, falta de comunicaciones, lo cual repercute en los índices de calidad de vida y desarrollo por la falta de este servicio.

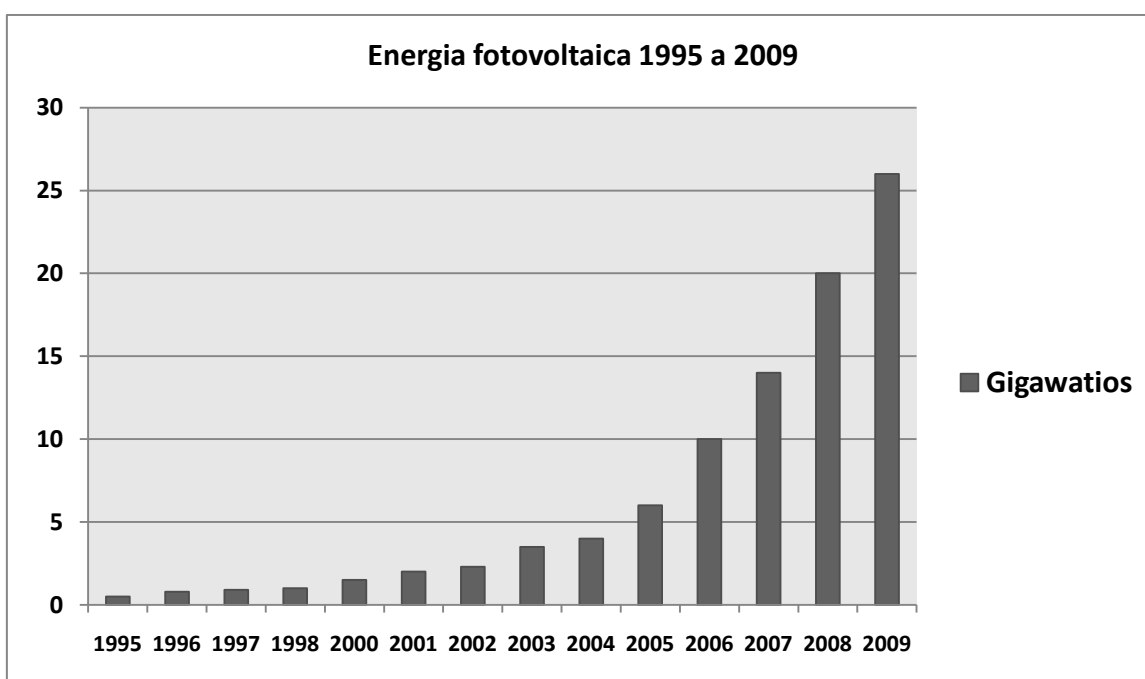
²⁰ OPAZO, Mario. Revista Javeriana. Energías alternativas. Número 702. Tomo 140. Pág. 64. Marzo 2004

²¹ PINTO, Flavio. Cuadernos de Desarrollo Rural. Número 53. Marzo. Pontificia Universidad Javeriana.

Es así que, con el desarrollo de programas y propuestas se busca generar proyectos que cubran estas falencias, mediante la utilización de energías alternativas (la eólica o la solar fotovoltaica), que pretenden de alguna manera, remediar algunos problemas de estas comunidades y contribuir con la disminución de efectos negativos ambientales y de salubridad, como la deforestación y la generación de gases de invernadero en las áreas rurales.

Los sistemas solares fotovoltaicos para la generación de electricidad presentan un desarrollo en capacidad instalada como se muestra en la gráfica 1; en el año 1995 la capacidad instalada fue de 0,5 GW, aumentando progresivamente a partir del año 2005 para llegar a 26 GW en el año 2009.

Gráfica 1. Capacidad mundial instalada de potencia fotovoltaica.



Fuente: Reformada de UPME. Formulación de un plan de desarrollo. Pág.151.

Dentro de los países que aportan a este desarrollo se encuentran China, la Unión Europea, Japón, Israel, India. En Latinoamérica Brasil posee 2,4Gw. Colombia presenta 15.000 sistemas fotovoltaicos con una capacidad instalada de 9 Mw²² al año 2008.

El potencial energético fotovoltaico colombiano es de 4,5 Kwh / m², debido a su ubicación geográfica²³, a la posición en la región andina y a la variedad de climas y temperaturas, lo cual permite que se implemente en diferentes partes del país con condiciones favorables para la utilización de las energías solar,

²² UPME. Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia. Sep.2010. Pág. 161.

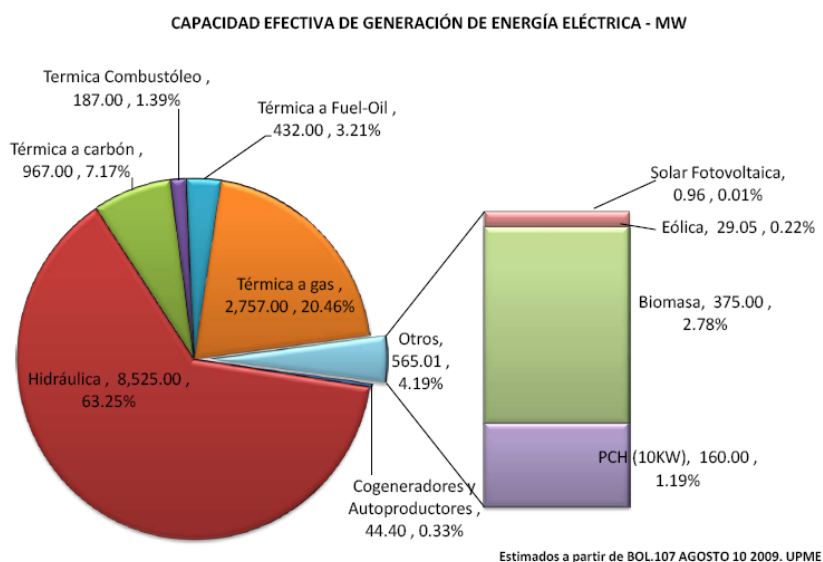
²³ UPME. Evaluación de la radiación solar en Colombia.

térmica y fotovoltaica.

Entidades como el Ministerio de Minas y Energía, la UPME y el IDEAM hacen aportes y suministran información de estudios realizados a nivel nacional sobre condiciones de brillo solar, radiación solar y radiaciones ultravioleta.

Acorde con lo anterior y siguiendo a Dyner (2002), “(...) existen características especiales en Colombia donde se pueden dar soluciones energéticas alternas en buena parte de la geografía nacional”; Aunque sean energías renovables, según lo expresado por Forero en la Cumbre Iberoamericana de Energía, y que de acuerdo con la gráfica 2, son marginales en el contexto colombiano.

Gráfica 2. Distribución energética colombiana.



Fuente: Presente y futuro de las energías renovables en Colombia. L. Forero. En Cumbre Iberoamericana de Energía México. Sep.2009.

Para el desarrollo de esta investigación se escogió el municipio de Tauramena, debido a las instalaciones y proyecciones de energía solar fotovoltaica con que cuenta como fuente energética para el desarrollo rural. Además, el municipio se acoge al Plan de Desarrollo del Departamento de Casanare “*Para invertir en la gente 2004-2007*”, que mediante sus lineamientos programáticos promueve el desarrollo socioeconómico con mejores condiciones de vida de la población rural, utilizando en el campo energético un proyecto de inversión en fuentes no convencionales de energía, dotando de electricidad fotovoltaica a las viviendas y escuelas que se encuentran en las zonas no interconectadas, como el caso de la vereda de Carupana. En este sentido fue de interés observar las ventajas y las desventajas de este tipo de proyectos en el desarrollo rural y en la comunidad de contexto.

1.3. Preguntas de Investigación

Esta investigación parte de las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles han sido los indicadores sociales, culturales, políticos, económicos y ambientales en el desarrollo rural de la vereda de Carupana del municipio de Tauramena, a partir de la implementación del proyecto de energía solar fotovoltaica?
- ¿Qué incidencias se han configurado alrededor del uso de la energía solar fotovoltaica en el contexto de estudio de la vereda y el municipio?
- ¿Por qué los aspectos técnicos, económicos, culturales, sociales, y ambientales se deben considerar para la implementación de sistemas fotovoltaicos en áreas rurales del país?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Describir las implicaciones sociales, ambientales, económicas y políticas del uso de energía solar fotovoltaica y su incidencia en el desarrollo rural. Caso: Vereda Carupana, municipio de Tauramena, Departamento de Casanare.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Establecer los indicadores sociales (salud, educación, satisfacción de necesidades básicas, comunicación, servicios públicos, procesos comunitarios), ambientales (conservación de recursos naturales, producción limpia, innovación tecnológica), económicos (actividad productiva, tarifas, ingresos, crédito) y de política (programas, recursos y estrategias locales para innovación energética) Tauramena y Carupana.
- Describir las incidencias en el desarrollo rural, alrededor de la implementación de energía solar fotovoltaica en el caso de estudio.
- Plantear recomendaciones para el desarrollo rural a partir de la implementación de proyectos de energía solar fotovoltaica.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco Conceptual

2.1. 1 Medio rural.

Siguiendo a Pérez y Farah (2002)²⁴, el medio rural “es una entidad socioeconómica como un espacio geográfico, compuesto por un territorio, una población, un conjunto de asentamientos y un conjunto de instituciones públicas y privadas”; por tanto, el medio rural interactúa entre lo natural, fuente de pureza ambiental, y lo ocupado por asentamientos humanos con características culturales propias quien modifica este espacio, para dar paso a diferentes actividades; ambos casos están regidos por leyes institucionales dando un conjunto de estatutos para un ordenamiento jurídico.

El medio rural es un tejido social, político, cultural, económico que determina un grupo de habitantes que realizan una serie de actividades como: la agricultura, la pesca, los procesos agroindustriales, pequeñas y medianas industrias, la transformación de la energía con las grandes y pequeñas hidroeléctricas, la bioenergía a través de los biodigestores, la energía eólica, y la energía fotovoltaica que ya empieza a incursionar en este medio. Además, las comunicaciones, el ecoturismo, las artesanías, el comercio, los mercados verdes.

Entonces, el medio rural se puede considerar como un espacio abierto, con poblaciones que la OCDE²⁵ define “Comunidad Rural como aquel ámbito territorial con menos de 150 habitantes/km².” Esta noción debe ir más allá de una definición de espacio territorial, debe delimitar lo rural y lo urbano, se debe definir dentro del contexto de cambio y crecimiento social y económico, para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de estos territorios, además de la conservación del medio ambiente el cual beneficia a lo urbano.

²⁴ Pérez Edelmira, Farah María Adelaida. Los modelos de desarrollo y las funciones del medio rural en Colombia. Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales. Numero 49.2002.

²⁵ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, es una organización de cooperación internacional, cuyo objetivo es coordinar políticas económicas y sociales.

Existen entre otros dos componentes que deben interrelacionarse para permitir un enfoque en las estrategias que permitan un crecimiento del sector rural: El Desarrollo Rural y el Desarrollo Rural Energético.

2.1.2 Desarrollo rural.

Definir Desarrollo Rural, implica asociar múltiples términos sociales, culturales, políticos, económicos, en la búsqueda de un acercamiento y de acuerdo con el profesor Amartya Sen²⁶ quien plantea que “el desarrollo puede ser considerado como un proceso de expansión de las libertades reales que disfruta la gente”; estos procesos son asociados a varios factores como planes sociales, económicos, de educación, salud y recreación. Además los adelantos tecnológicos y la modernización de los medios de producción pueden permitir una libertad para el desarrollo humano. De la misma forma el Desarrollo implica la disminución de la pobreza, erradicación del hambre, el aumento de la cobertura en los servicios públicos.

Asociado el termino Desarrollo con lo rural y siguiendo a Castillo (2008)²⁷ “El Desarrollo Rural tal como lo expresa su nombre, estará dirigido a un sector particular de la sociedad, al sector rural, en contraposición de lo urbano”; así Castillo enfrenta los conceptos de “*la economía dual*”, donde lo atrasado se asocia a lo rural y lo moderno a las ciudades, lo tradicional a lo rural y lo industrial a la ciudad; lo anterior asocia la modernidad con las actividades económicas, políticas, las cuales se reúnen en los centros urbanos mientras en el sector rural se concentra la pobreza.

Por lo tanto, desarrollo rural implica un proceso de desencadenamiento de diferentes aspectos que lleven a la dignificación de la población rural, a través de políticas públicas que involucren conceptos sociales, económicos, energéticos y ambientales, que se concreten en proyectos como: transformación de los medios de producción de la agricultura, conservación ambiental, transformación y adaptación de nuevas tecnologías acordes con la situación colombiana. Con esto se busca la generación de empleo para el poblador del campo y por ende reducir la desigualdad social y la pobreza rural.

Las afirmaciones de Machado²⁸ sobre la pobreza rural en Latinoamérica, dejan un panorama desalentador con las cifras que muestra donde clasifica a

²⁶ Profesor Amartya Sen, Premio Nobel de Ciencias Económicas 1998. Investigación bienestar económico.

²⁷ CASTILLO, Olga Lucia. Paradigmas y conceptos de Desarrollo Rural.2008.

²⁸ MACHADO, Ezequiel. Hacia una nueva estrategia para el Desarrollo Rural en América Latina y el Caribe. Ponencia El Desarrollo Rural en América Latina hacia el siglo XXI. Universidad Javeriana.

Colombia como un país que tiene una pobreza rural entre el 50% y el 70%, y al cual denomina “*grupo de alta incidencia*”. Por ello sugiere un nuevo enfoque y una nueva ruralidad, basada ésta en “la equidad, generación de oportunidades de empleo e ingresos, sustentabilidad del desarrollo, participación de las instituciones públicas y privadas en proyectos dirigidos al sector rural, realizar marcos normativos de servicios e inversiones y promocionar los servicios financieros”. Con esto se buscara una reducción de la pobreza rural.

Siguiendo a Coronado (2010)²⁹, las tendencias del escenario rural colombiano por parte de los sectores oficiales han planteado al menos las siguientes metas: mejorar la eficiencia en el uso del suelo y disminuir la concentración en la propiedad de la tierra; ampliar la cobertura y mejorar la operación de los sistemas de riego y drenaje; mejorar el acceso a mercados específicos, optimizando la posición de los productos colombianos en los mercados nacionales e internacionales.

Aunque se considera que estas metas pueden aportar a un Desarrollo rural, se han visto opacadas por involucrar la crudeza del desplazamiento forzado, obligando al campesino a abandonar sus campos y engrosar los cinturones de pobreza de las ciudades. El despojo de las tierras ha permitido la inequidad de los campos colombianos, la concentración en manos de unos pocos, agrandando la brecha social. Casos como el de la finca “Carimagua”, inicialmente cedida a campesinos desplazados y después dadas a inversionistas privados o el caso de “Agro Ingreso Seguro”, programas del gobierno nacional dirigido a productores rurales pero favoreciendo a terrateniente. Mientras estas políticas continúen, no habrá un Desarrollo Rural Colombiano.

Pero el Desarrollo Rural debe contemplar horizontes más alejados, como enfrentarse a la globalización de los mercados, el acceso a nuevos desarrollos tecnológicos e innovación de tecnologías, adecuar las políticas públicas a los sectores rurales, creación de agroindustria y de claustrs, tener en cuenta la sustentabilidad del medio ambiente y considerar las tecnologías energéticas de recursos renovables, todo ello teniendo en cuenta las particularidades colombianas.

²⁹ CORONADO, Sergio. Desarrollo rural en Colombia. Instituto para el Desarrollo Rural en Sudamérica. Textos breves N.33.abril 2010.

2.1.3. Energías renovables y el desarrollo rural.

El porcentaje de población rural que no es atendida con energía es cercana al 56%, lo cual repercute en la desigualdad de lo urbano y lo rural, y según Pérez y Farah (2002), el desarrollo rural de los países emergentes presenta disminución de los recursos rurales no renovables, produciendo agotamiento de las fuentes hídricas, de vegetación, llevando a efectos de aridez y desertificación.

Es así como en los cuadernos de Desarrollo Rural (49), las autoras destacan como nuevos enfoques de lo rural: “el equilibrio territorial, equilibrio ecológico de recursos y servicios ambientales, producción de alimentos limpios u orgánicos, usos agrarios no alimentarios, establecimiento de agroindustrias y empresas manufactureras, espacios para actividades de esparcimiento y recreación al aire libre”.

De lo anterior se destaca que la energía no se encuentra aislada, al contrario, está muy ligada al territorio, en donde se deben dar condiciones especiales, (geográficas, económicas, políticas, financieras y técnicas) ayudando a crear nuevas funciones de lo rural. La energía fotovoltaica (FV) está muy difundida y esto se demuestra en los proyectos de electrificación rural realizados en todo el mundo, teniendo auge los sistemas fotovoltaicos domésticos. Actualmente aparecen procesos de crecimiento económico para este sistema energético, debido a la disminución de sus precios y a la experiencia en su aplicación en sectores como los servicios sociales y comunales, la agricultura y otras actividades productivas capaces de repercutir significativamente en el desarrollo rural.

Las energías renovables, de acuerdo con Ortega (2003) ³⁰ son las que se aprovechan directamente de las fuentes naturales que se estiman inagotables, y que se muestran respetuosas del medio ambiente. Entre estas se pueden clasificar la energía solar térmica activa o pasiva, la energía solar fotovoltaica, la eólica, la biomasa y la geotérmica.

Con el agotamiento de los recursos no renovables como los fósiles, el petróleo, el carbón y el gas natural, los países dependientes de estas fuentes energéticas se verán abocados en un futuro a crisis, a guerras de tipo geopolítico y a la violencia entre naciones por el apoderamiento de los recursos naturales, lo cual lleva a pensar en cómo los países emergentes deben y

³⁰ ORTEGA RODRÍGUEZ, Mario. Energías renovables. Editorial Thomson. 2003.

pueden proyectar la generación y uso de la energía, resaltando la importancia de los recursos energéticos renovables, tanto para los países emergentes como para los países desarrollados, planteado por Jutglart (2004)³¹.

2.1.4. La EFV en el Desarrollo Rural

La energía solar como fuente inagotable es un desafío para la técnica y la ingeniería; al captarla para fines de transformación busca elevar la calidad de vida para los habitantes citadinos y rurales, dejando un ambiente más amigable para las futuras generaciones.

La radiación es la emisión de ondas electromagnéticas que se desplazan desde el sol y que llegan a la superficie terrestre en forma de rayos solares, los cuales tienen diferentes longitudes de onda; de acuerdo con Perales (2006)³² la banda radiante visible es del 47% de la radiación total, los infrarrojos el 46% y los ultravioletas el 7%. De estos, los rayos solares que inciden directamente son los aprovechables mediante el brillo solar - número de horas en el cual el sol brilla en una zona determinada- y es medida través de la irradiancia.

La transformación de la radiación electromagnética en electricidad se logra a través de la célula fotovoltaica. Los materiales más utilizados son los semiconductores, siendo el silicio el más difundido en el efecto fotovoltaico. La célula fotovoltaica une dos semiconductores generando un campo eléctrico debido a la difusión de los electrones; esta célula transforma la energía de la radiación solar en corriente eléctrica. Las aplicaciones generales de este tipo de energía en zonas rurales tienen que ver con electrificación rural de viviendas, sistemas de abastecimiento de agua, comunicaciones, centros de salud, iluminación, refrigeración de medicinas y neveras.

Es así como "Los sistemas de energía solar *fotovoltaica*, además de la energía eólica y otras aplicaciones de energía renovable, son la única solución técnicamente viable para suministrar la energía necesaria a las comunidades rurales aisladas" afirma Gustavo Best, Coordinador Principal de Energía de la FAO. "Pequeñas cantidades de energía pueden representar una gran diferencia al mejorar la vida rural, incrementar la productividad agrícola y crear nuevas oportunidades de ganar ingresos"³³,

³¹ JUTGLAR, Luís. Energía Solar, CEAC, Barcelona, España, 2004

³² PERALES, Tomas. Energías Renovables. Editorial Limusa. 2006.

³³ BEST, Gustavo. CAMPEN Van. Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo sostenibles. Documento de trabajo sobre medio Ambiente y recursos Naturales, No 3. FAO, Roma, 2000.

Retomo el trabajo realizado por la FAO y liderado por Best, como aparece referenciado en el pie de página, sobre los resultados de las diferentes encuestas realizadas en diferentes zonas rurales latinoamericanas, para entender las proyecciones y bondades de la EFV, en zonas rurales no interconectadas.

Teniendo en cuenta el aumento de la población en diferentes décadas, la población mundial ha aumentado al igual que la población rural de los países en desarrollo, siendo evidente la necesidad de energizar esta última.

Los SFD siguen siendo la aplicación predominante de la energía FV en las zonas rurales de los países, y se emplea sobre todo para iluminación, radio y televisión en los hogares. No se encuentran muchos datos que confirmen el impacto económico directo de los SFD en las familias; sin embargo se ve un aumento de las actividades que generan ingresos y mencionan el ahorro de tiempo y la extensión del día gracias a ellos. Existe un tiempo en las noches destinado a un recogimiento familiar y en otras ocasiones a actividades productivas como coser y elaborar artesanías; además facilita las labores domésticas, permite realizar tareas escolares, estudiar y dedicarse a actividades de entretenimiento.

Actualmente se han implementado sistemas de energía FV para los servicios sociales, como suministro de agua potable, centros de salud, escuelas y centros comunales. La energía FV a menudo ha resultado ser la solución más eficaz y económica para mejorar esos servicios en las zonas rurales alejadas y no electrificadas de los países emergentes. Alrededor de estos servicios, los sistemas FV pueden influir positivamente en la vida de los habitantes de las zonas rurales, siempre que se tenga cuidado de hacerlos llegar hasta los grupos más marginados. El suministro de servicios sociales y comunales que pueden desarrollarse a través de este tipo de energía, puede poner en marcha la generación de actividades que disminuyan la pobreza rural.

Los sistemas fotovoltaicos de bajo consumo eléctrico también contribuyen a la creación de acciones productivas diferentes a producción agrícola como, comunicaciones, carpintería, talleres técnicos y artesanales, gracias a que facilitan la utilización de herramientas y máquinas de pequeña potencia (taladros, sierras, soldaduras con cautín, licuadoras, alumbrado, radio y televisión). Siguiendo a Best (2000) se ha verificado que la instalación y el mantenimiento de los sistemas FV y el comercio de electricidad FV originan ocupaciones al habitante rural.

La energía EFV es empleada en las aplicaciones agrícolas como sistemas de bombeo de agua potable, cercas eléctricas, micro riego. En temas como el control de plagas, la iluminación para piscicultura y avicultura permiten su desarrollo, difusión y facilitan la investigación para un desarrollo rural.

La tabla 2, fruto de encuestas realizadas por la FAO e incluidas en el documento de Best (2000), muestra el panorama general del potencial y algunas limitaciones de la energía FV. Se destacan de esta tabla algunas oportunidades y debilidades de este tipo de energía.

Tabla 2. Panorama general del potencial de los sistemas FV.

| Sector | Potencial | Limitación | Resultados |
|----------------------------------|---|--|---|
| Equipo e Inversión | Flexibilidad: facilidad para aumentar de pocos a más Wp | Gastos de inversión de siete dólares por watio fotovoltaico. | Los sistemas FV son competitivos sobre todo en el rango de bajo consumo de energía en las zonas alejadas y sin electricidad. Necesidad de sistemas de financiación (debido también a la poca disponibilidad de capital en las zonas rurales) |
| Operación y mantenimiento | Fiabilidad: pocos gastos y necesidad de mantenimiento y supervisión | Necesidad de respaldo o almacenamiento para utilización nocturna y en días de poco sol La batería es el punto débil de los sistemas FV | Los sistemas FV a menudo son competitivos gracias a la relación costo –duración |
| Organización | Integración fácil en “paquetes” de consumo adaptados a las necesidades del consumidor | Una mayor participación del consumidor es más necesaria en los proyectos de energía FV que en los de extensión de la red eléctrica ordinaria | Necesidad de introducir cambios institucionales en el sector eléctrico para los proyectos de electrificación rural con sistemas FV |
| Consecuencias ambientales | No perjudican el medio ambiente, emiten poco CO ₂ y otros gases, en comparación con los sistemas que consumen combustibles fósiles | La eliminación de baterías es un aspecto ambiental importante | Posible financiación conjunta de los programas interesados en el cambio climático |

Fuente: encuesta de la FAO. Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo sostenibles.

Dentro de las debilidades se encuentran las baterías por su corta vida comparada con los paneles; aquellas se pueden reemplazar por tanques elevados que se llenen durante las horas de irradiación y suplan las necesidades en las horas nocturnas y durante periodos largos de acumulación de agua (para las bombas de agua). Sin embargo, para otras aplicaciones

como la generación eléctrica de alumbrado o transformación en sonora o visual sí se necesitan las baterías, sin que se pueda resolver el problema.

2.1.5. Fuente y transformaciones de energía solar.

La radiación solar es inagotable, como lo indica Serway (2005) ³⁴: “cada segundo 1.340 julios de radiación electromagnética del sol, pasan perpendicularmente a través de un (1) m² en la parte superior de la atmósfera terrestre”; parte de esta energía es reflejada hacia el espacio y la otra llega a la superficie de la tierra, la cual de ser captada puede ser utilizada de manera eficiente. La energía del sol es la fuente de mayor cantidad de energía del planeta; es a través del proceso de fotosíntesis que se generan los combustibles fósiles, y lo que representa la mayor cantidad de energía disponible.

2.1.6. Energía solar térmica.

La energía objeto de estudio es de temperatura por debajo de 100⁰ C, aunque por estos medios se alcanzan temperaturas de 600⁰ C. La producción de este tipo de energía se desarrolla a través de la radiación solar, por medio de placas absorbentes, aislamientos y carcasa. Entre sus aplicaciones en zonas rurales están el calentamiento de agua doméstica, el calentamiento de agua para centros de salud, la calefacción para invernaderos, las destilaciones y la desalinización de agua.

2.1. 7 Marco Normativo.

En la presente investigación es necesario citar las normas y leyes que rigen las energías renovables en Colombia.

2.1. 8 Plan energético Nacional.

Este plan desarrollado por la UPME tiene como objetivo central “maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del país, y como objetivos específicos: 1. Asegurar la disponibilidad y el pleno abastecimiento de los recursos energéticos para atender la demanda nacional y garantizar la sostenibilidad del sector energético en el largo plazo. 2. Consolidar la

³⁴ SERWAY, Raymond y JEWETT, John. Física para ciencias e ingeniería. Editorial Thomson 2005.

integración energética regional. 3. Consolidar esquemas de competencia en los mercados. 4. Formación de precios de mercado de los energéticos que aseguren competitividad. 5. Maximizar cobertura con desarrollo local. Se analizan adicionalmente cinco aspectos, que por su importancia son fundamentales para alcanzar los objetivos planteados: **I)** las fuentes no convencionales y el uso racional de la energía, **II)** el medio ambiente y la salud pública, **III)** la ciencia y la tecnología, **IV)** el marco institucional y normativo, **V)** la información, la promoción y la capacitación.”³⁵

El objetivo 5 pretende favorecer el desarrollo regional y local; igualmente permite visualizar la incorporación de energía a las zonas rurales aisladas y no interconectadas, al igual que nuevas fuentes y tecnologías. Se prevé a largo plazo el cambio tecnológico en la búsqueda de nuevas fuentes como son las energías renovables y el uso racional de la energía, aplicando la ciencia y la tecnología, favoreciendo el medio ambiente y la salud pública.

Dentro de las líneas de investigación recomendadas por este Plan Nacional se encuentran: los hidrocarburos, el sector eléctrico, el carbón, el gas, los parques eólicos y geotérmicos, el desarrollo de las celdas fotovoltaicas y la gasificación de la biomasa.

Dentro de las estrategias para alcanzar este objetivo se plantean: articular las políticas energéticas con las comunidades académicas, científicas, con empresas e instituciones; financiar proyectos de investigación; incluir dentro de los contratos del Estado con empresas, cláusulas que impliquen desarrollo energético.

2.1. 9 Leyes 142 y 143 de 1994.

La Constitución Política de 1991 establece el derecho de los servicios públicos domiciliarios y la prestación eficiente por parte de las empresas públicas y privadas que los suministran. En el año 1994 se publica la Ley 142 sobre los servicios públicos domiciliarios y la Ley 143 que hace alusión específicamente al servicio eléctrico; en ella se establece su generación, distribución y comercialización a nivel nacional. Dentro de esta Ley solo el artículo segundo hace alusión a las fuentes no convencionales y le deja al Ministerio de Minas y Energía dar las pautas para el desarrollo de éstas

³⁵ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, comunicado 267 de 29/05/2007

2.1. 10 Ley 812 de 2003. Artículo 118.³⁶

En esta Ley se consagra un fondo de energía social proveniente de las exportaciones de energía eléctrica a los países de la Comunidad Andina; dichos ingresos ayudan a cubrir hasta \$40 por kilovatio hora el valor de la energía eléctrica que llega a usuarios de áreas rurales de difícil acceso.

2.1. 11 Normas técnicas.

GTC 114. Esta guía tiene en cuenta las características técnicas en la selección, instalación, operación y mantenimiento de la energía fotovoltaica, energía utilizada para la población rural dispersa en Colombia.

NTC 2775. Energía solar fotovoltaica, términos y definiciones.

NTC 5287 y 2959. Normas técnicas para las baterías de uso en energía fotovoltaica. Guía para caracterizar las baterías de almacenamiento fotovoltaico.

NTC 2883. Energía fotovoltaica. Módulos fotovoltaicos.

NTC 4405. Evaluación de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.

³⁶ UPME. Unidad de Planeación Minero Energética. Plan de expansión de referencia 2005 a 2019.

3. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

3.1. Geografía.

3.1.1. Ubicación

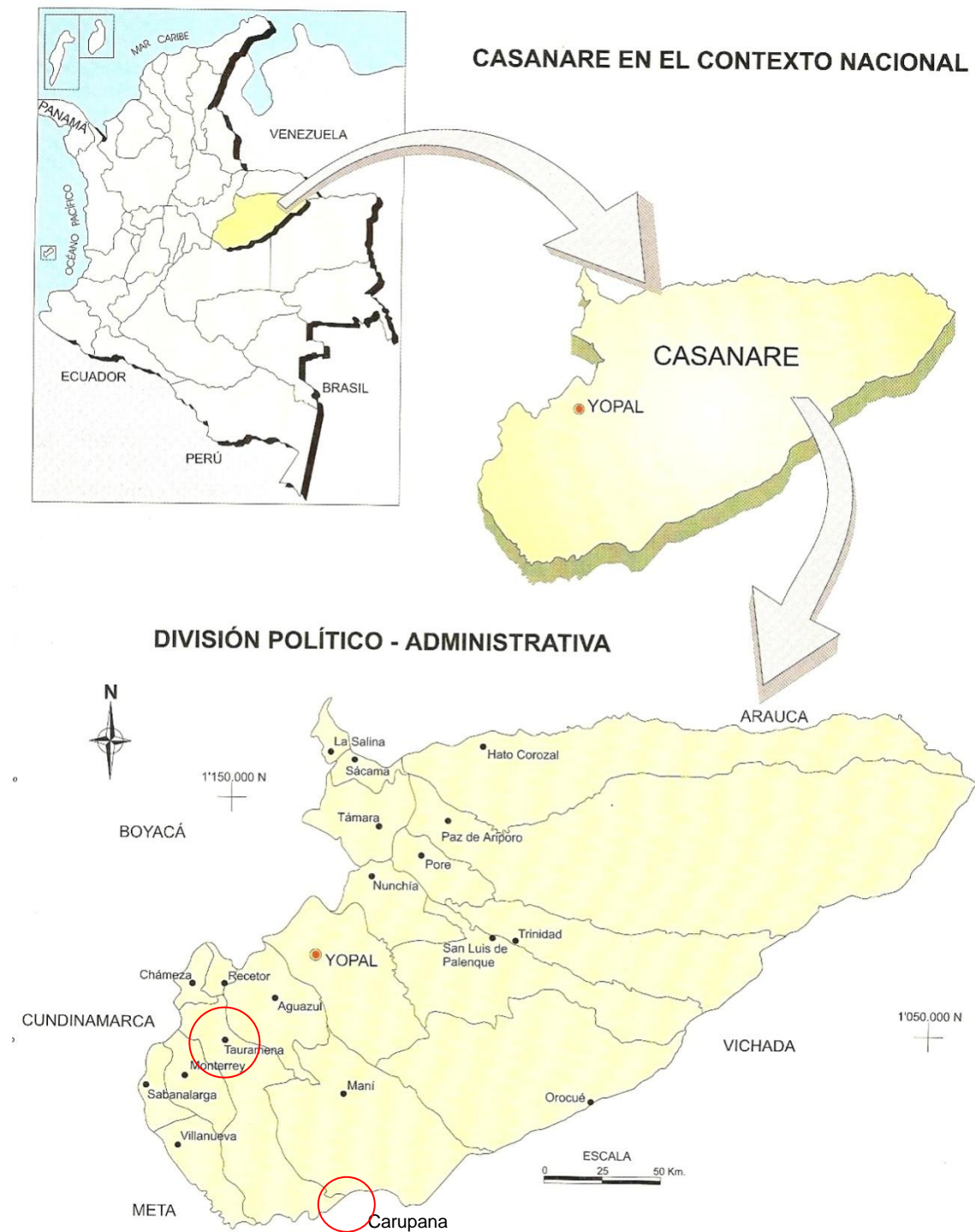
El municipio de Tauramena según la figura 2, se ubica en el departamento del Casanare, a 318 km de Bogotá; tiene una área rural de 2.472 km². Sus límites según la página Web oficial del municipio son: al norte con Chámeza, Recetor y Aguazul; al este con Aguazul y Maní; al sur con el departamento del Meta y al oeste con Villanueva, Monterrey y parte de Boyacá.

La vereda de Carupana se encuentra al sur del municipio y está a 4° de latitud norte y 70° longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar aproximada de 250 m. La comunidad de Carupana es de las más lejanas de Tauramena; para acceder a ella es necesario viajar seis horas en campero, y sólo es posible en época de verano, debido a la falta de carreteras y puentes en algunos tramos; es de anotar que como no existe servicio de transporte público a la vereda, sólo se llega mediante el servicio de expreso o transporte particular hasta algunos puntos intermedios como la vereda de Vigía.

Las largas distancias a partir del casco urbano, las frecuentes inundaciones del terreno, la ausencia de técnicos para reparar el corredor eléctrico, hacen que la vereda de Carupana quede aislada de los servicios energéticos durante meses. Acorde con lo expuesto, la alcaldía de Tauramena, con el apoyo de su departamento de servicios lanza un programa de electrificación fotovoltaica rural, siendo favorecidas las veredas de Carupana, Vigía, Guafal y otras zonas veredales aisladas.

Los servicios energéticos se han dirigido a los centros de salud, escuelas y algunos hogares. Así mismo, la vereda de estudio ha sido escenario de conflictos políticos y armados por el gran valor estratégico militar y económico que representa esta región. Sin embargo, las condiciones mencionadas con anterioridad, dificultan pero no imposibilitan conocer esta experiencia en torno al funcionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos y su posible utilización como factor de desarrollo de esta comunidad.

Figura 2. Ubicación Geográfica Carupana.

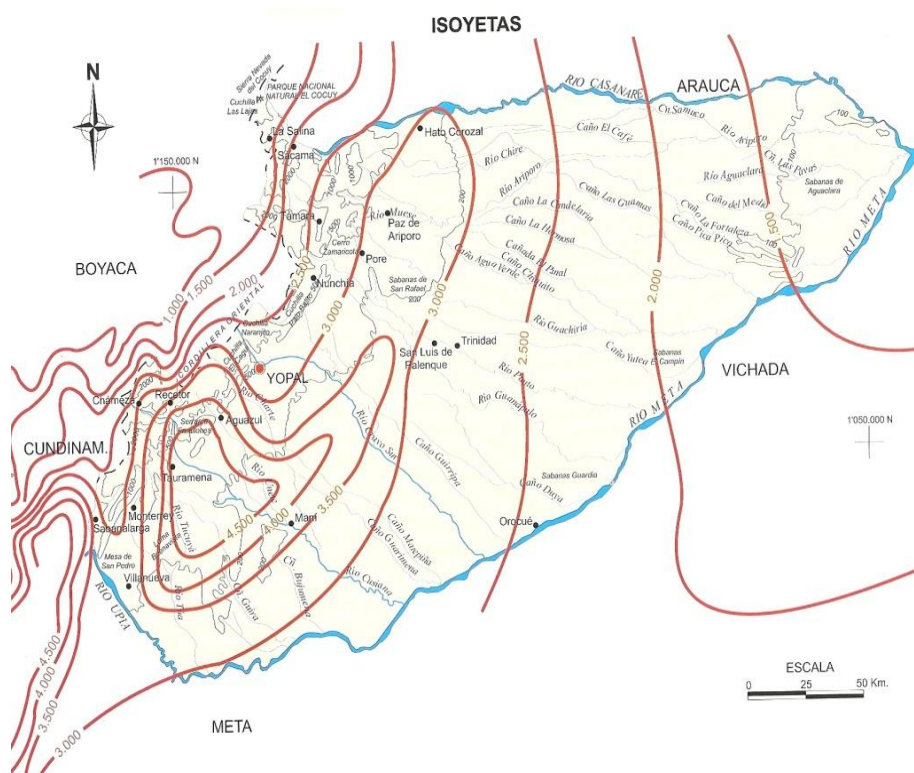


Fuente: Instituto Colombiano Agustín Codazzi .IGAC.

3.1.2. Clima.

Se presenta clima tropical húmedo afectado por la cordillera Oriental; Tauramena se encuentra dentro del régimen de lluvia de la Orinoquia, con temporadas de lluvia entre marzo y comienzos de noviembre, con una precipitación que oscila entre 2.500 y 3.000 mm y puede llegar a valores de 4.500 mm en la cabecera municipal de Tauramena, según las isoyetas de la figura 3. La temperatura media anual es de 25 grados centígrados en la llanura, alcanza valores mínimos y máximos de 19 y 40 grados centígrados.

Figura 3. Isoyetas Tauramena.

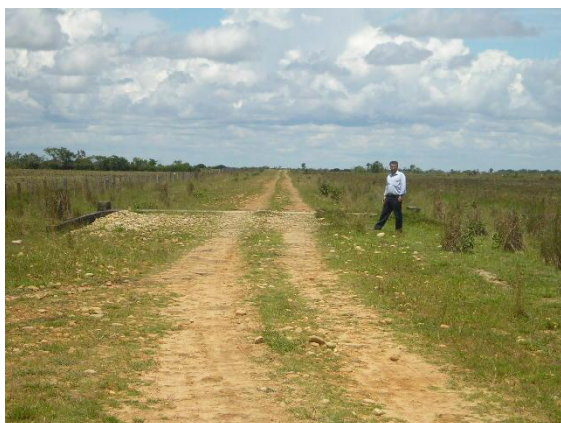


Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. IDEAM.

3.1.3. Geomorfología y vías de acceso

Carupana se encuentra en un terreno bajo, de 250 m.s.n.m, y el río Meta bordea sus límites; esta vereda corresponde a la llanura eólica por ser plana; el drenaje en tiempo de invierno se dificulta; sus tierras presentan escarceos que al llegar la época de invierno las lluvias transportan como corrientes de lodo; esto hace que en esta época la única vía de acceso no sea carretable.

Figura 4. Vía a Carupana.



Fuente: El autor

Figura 5. Caño Guira



Fuente: El autor.

Carupana es una de las veredas más alejadas de Tauramena; para llegar a ella sólo es posible en época de verano viajando seis horas por trocha: en la figura 4 donde se aprecia la extensión del llano con ausencia de cercado y una población dispersa, se notan los escarceos; en época de invierno se inundan los costados de la trocha. En la figura 5 el caño Guira (cerca de Carupana) que desemboca al río Meta. Otra llegada a Carupana es a través del río Meta, siendo éste una vía alterna partiendo de Puerto López.

3.2. Caracterización social y económica.

3.2.1. Reseña Histórica

Siguiendo la pagina web del municipio, Tauramena inicialmente se conoció como la provincia de los Achaguas por estar habitada por indígenas Cusianas; a los Achaguas se les atribuyó un desarrollo cultural y económico en esta región; elaboraron la quiripa³⁷ como medio comercial de intercambio con los muisca cundiboyacenses.

Con la llegada española se desarticulan las relaciones entre los grupos indígenas y se impone una incipiente propiedad privada; por el desconocimiento y dificultad para llegar a lo que es hoy Casanare, se presentó un proceso lento de colonización; son las comunidades religiosas de los recoletos, jesuitas, franciscanos, dominicos y agustinianos quienes se acercan al llano para dar apertura colonial. En los siglos XIX y XX, los Llanos Orientales son territorio de gran potencialidad en flora y fauna; los gobiernos de turno

³⁷ Geografía humana de Colombia. Banco de la Republica. "Quiripa: moneda de sarta de conchas que los achagua elaboraban para intercambio comercial; además, símbolo de prestigio y riqueza".

expiden decretos para la adjudicación de tierras empezando una rivalidad entre indígenas y colonos; estos últimos en su expansión llegan a crear latifundios.

En la década del cincuenta Tauramena es escenario de violencia; incendiada y posteriormente reconstruida permite la paz al ser el punto de encuentro entre la guerrilla y el gobierno de Rojas Pinilla.

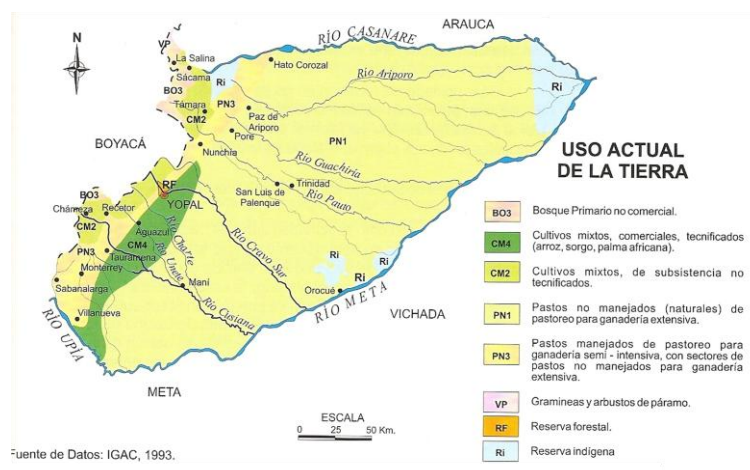
Tauramena es actualmente un municipio de gran proyección económica, social y política gracias a la bonanza petrolera. Sin embargo, esta zona del país presenta dificultades y enfrentamientos entre grupos paramilitares, el Estado y la guerrilla.

3.2.2. Actividades Económicas

Tauramena se caracteriza por ser un municipio de actividad petrolera que ha venido desplazando la ganadería, base de la economía antes de los grandes proyectos como Cusiana.

En Carupana, según Bermúdez (1999) la ganadería de cría y levante es la principal fuente de actividad productiva. Son muy pocas las cercas que se encuentran a lo largo del recorrido de la cabecera municipal hasta la vereda. Para renovar la vegetación todavía se presentan las “quemaz”, una práctica que viene de tiempo atrás. El uso de la tierra figura 6, presenta en su mayor parte del territorio, pastos no manejados naturales de pastoreo para ganadería extensiva cubriendo la mayor parte del territorio, cultivos mixtos, reservas forestales, reservas indígenas confinadas en pequeñas áreas y bosques primarios no comerciales.

Figura 6. Uso de la Tierra Tauramena.

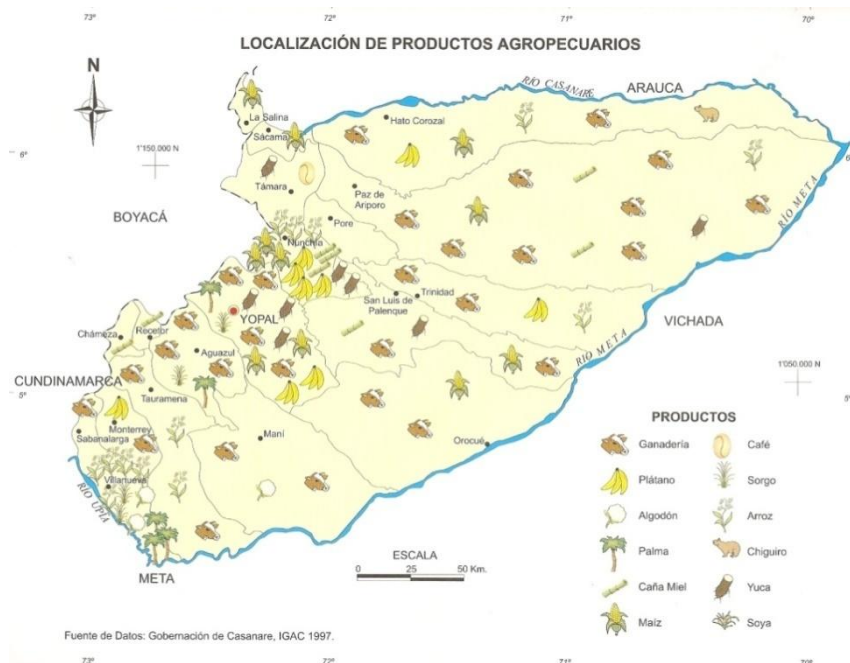


Fuente: Instituto Colombiano Agustín Codazzi .IGAC.

3.2.3. Productos agrícolas.

En Tauramena, según la figura 7, la agricultura se basa en el concepto de conuco, donde en poca extensión de tierra se cosecha plátano, maíz y yuca, principalmente para el autoconsumo.

Figura 7. Productos Agropecuarios Tauramena.



Fuente: Instituto Colombiano Agustín Codazzi .IGAC.

Se viene trabajando sobre el cultivo de la palma africana, el maíz, la caña y los frutales para fines comerciales; a Carupana, por encontrarse tan retirada del casco urbano, se le dificulta la comercialización de su agricultura donde se tienen bajas densidades de siembra.

3.2.4. Población Tauramena

La alcaldía de Tauramena reporta, una población inscrita en el Sisbén que de

Tabla 3. Población Tauramena.

| UBICACIÓN | NÚMERO DE HABITANTES | PORCENTAJE |
|-------------|----------------------|------------|
| Área urbana | 11.797 | 66.7% |
| Área rural | 5.889 | 33.3% |
| Total | 17.686 | 100% |

Fuente: Alcaldía de Tauramena 2010.³⁸

Acuerdo a la tabla 3 se relaciona una concentración de la población en el área urbana, fruto de la bonanza petrolera de Tauramena y de los conflictos armados que llevan al desplazamiento forzado

En el año 2007 la población de Tauramena inscrita en el Sisbén³⁹ ascendía a 17.686 habitantes; de esos, 5.889 se encuentran dispersos en 34 veredas del área rural y 11.797 habitan la parte urbana; Carupana posee 162 habitantes distribuidos en 45 familias, organizadas en 48 viviendas.

Figura 8. Población Carupana.



Fuente Jimmy Mosquera⁴⁰.

³⁸ Alcaldía de Tauramena. Población. Obtenida el 26 de Diciembre de 2010 de <http://tauramena-casanare.gov.co/index.shtml>

³⁹ Sisbén 2007. Tauramena.

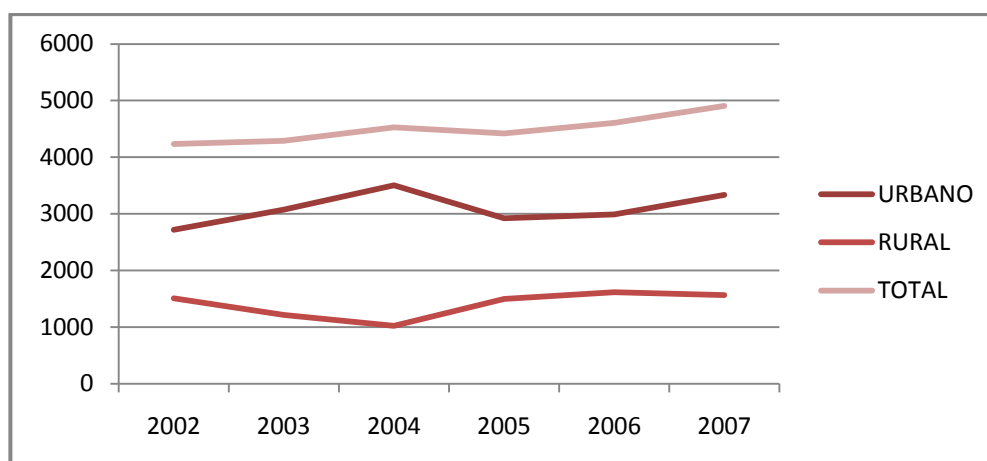
⁴⁰ MOSQUERA, Jimmy. Ingeniero Eléctrico. Diseñador, coordinador y responsable de los sistemas fotovoltaicos de las veredas de Carupana y Vigía, radicado en Yopal, Casanare. Guía en la travesía de los Llanos de Casanare, de Tauramena a Carupana.

En la figura 8, habitantes rurales en la vereda de estudio; entre ellos, el presidente de la Junta de Acción Comunal (de pié atrás) y niños estudiantes. Siguiendo a Bermúdez (1999), los actuales pobladores de Carupana son originarios de Boyacá, Meta y Santander, debido a la ayuda de familiares ya establecidos, quienes llegaron en la época de la violencia colombiana, década de los cincuenta.

3.2.5. Educación

Tauramena ha utilizado recursos de las regalías para aumentar la cobertura educativa en el área urbana y rural, ampliando la cantidad de cupos e incentivando a los estudiantes para evitar la deserción escolar, a través de rutas escolares para niños y jóvenes que tienen que recorrer grandes distancias para acceder a las clases, como lo es el caso de Carupana. Sin embargo, aún se presentan dificultades en la época de invierno, donde el transporte vehicular no representa solución alguna. La administración de Tauramena ha previsto, a largo plazo, pavimentar la carretera hasta la vereda en mención.

Gráfica 3. Comportamiento Académico 2002-2007 Tauramena.



FUENTE: Dirección de Núcleo (Plan de Desarrollo Tauramena 2008-2011)

En la gráfica 3 se muestra la tendencia a disminuir la población estudiantil rural (años 2002 a 2004); luego hay un aumento en los siguientes años, para estabilizarse entre el 2006 y el 2007.

Tabla 4. Cobertura de educación Tauramena.

| No | NIVEL | PRIVADO ESTUDIANTES | OFICIAL ESTUDIANTES |
|-------|------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | Preescolar | 117 | 422 |
| 2 | Primaria | 139 | 2.261 |
| 3 | Secundaria | 24 | 1.674 |
| 4 | Media Vocacional | 2 | 446 |
| Total | | 282 | 4.803 |

FUENTE: Dirección de Núcleo (Plan de Desarrollo Tauramena 2008-2011)

De acuerdo a la tabla 4 el Estado ha asumido el 94% de la educación preescolar, primaria y secundaria, mientras el sector privado educa al 6%. Las edades oscilan entre 5 y 16 años. Según el Plan de Desarrollo 2008-2011, las instalaciones físicas para educación rural son insuficientes: de las 34 veredas solo 8 tienen servicio de internet, 4 poseen agua potable, 2 cuentan con biblioteca y, 6 con parque infantil.

3.2.6. Tenencia de la tierra

En Tauramena el auténtico llanero ha sido paulatinamente desplazado de sus propiedades, unos por incidencia directa y otros por vender a inversionistas, lo que ha generado la concentración de tierra en grandes hatos ganaderos y en pequeñas fundaciones llegados de otras regiones del país, acosados por los conflictos armados.

Tabla 5. Tenencia de la tierra Tauramena.

| Tamaño predio en Ha | Propietarios % | Superficie en % | Superficie en Ha |
|---------------------|----------------|-----------------|------------------|
| Menor de 20 | 34.2% | 1.3% | 3.200 |
| 20 a 100 | 41.5% | 10.4% | 25.592 |
| 100 a 200 | 15.7% | 21.3% | 52.415 |
| 200 a 1.000 | 6.2% | 25% | 61.625 |
| Más de 1.000 | 1.4% | 42% | 10.530 |

Fuente: Bermúdez PROREGIÓN 1999⁴¹.

⁴¹ BERMÚDEZ, Herber. TÉLLEZ, Gonzalo. Estudio de factibilidad para el establecimiento de un centro de acopio y comercialización de pescado en las veredas de Tunupe y Carupana del municipio de

Esto ha ocasionado que el latifundio sea el predominante en la tenencia de la tierra; es así como en la tabla 5, un pequeño porcentaje de los propietarios tienen más de 1.000 Ha, o sea, el 42% del territorio.

En Carupana la tierra está en poder de algunos propietarios provenientes de otras regiones y generalmente ausentes; el 1.4% posee más de 1.000 Ha, concentrándose cerca de la mitad de la tierra en un solo propietario, y el 25% en 6.2% de propietarios como se relaciona en la tabla 6. Esto permite determinar que la población de Carupana se encuentra dispersa en zonas aisladas del territorio y no interconectadas con la energía eléctrica tradicional.

Tabla 6. Tenencia de la tierra Carupana.

| Tamaño de predios en hectáreas | Familia | | Superficie | |
|--------------------------------|---------|--------|------------|---------|
| | Número | % | Hectáreas | % |
| Sin tierra | 4 | 7.69% | 0 | 0% |
| Menor a 1 | 7 | 23.08% | 7 | 0.039% |
| 1-5 | 1 | 1.92% | 1.5 | 0.008% |
| 1-10 | 2 | 3.85% | 15 | 0.084% |
| 10-50 | 7 | 15.38% | 210 | 1.173% |
| 50-100 | 7 | 15,38% | 475 | 2.653% |
| 100-500 | 3 | 13.46% | 1.295 | 7.233% |
| 500-1.000 | 1 | 11.54% | 4.700 | 26.253% |
| 1.000-2.000 | 1 | 7.69% | 4.900 | 27.37% |
| Más de 2.000 | 2 | 3.85% | 6.300 | 35.19% |
| Total | 45 | 100% | 17.903 | 100% |

Fuente: Bermúdez, PROREGIÓN 1999.

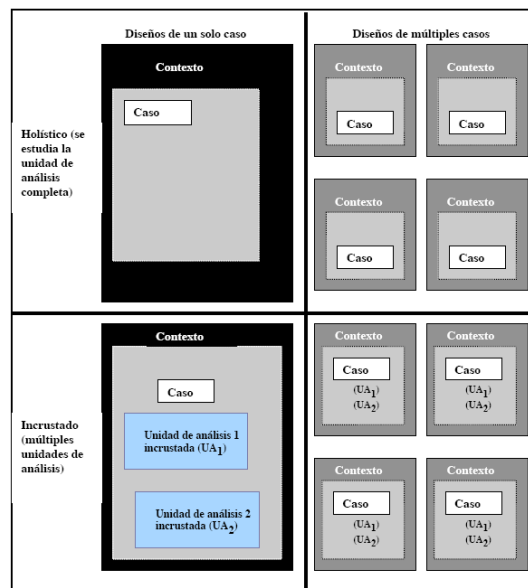
Cuatro familias están sin tierra y permanecen en el caserío de Carupana; siete familias que ocupan el 23.8% de la tierra poseen menos de una hectárea, es decir, por debajo del 1% de la tenencia de la tierra. Dos familias poseen más de 2.000 hectáreas lo que equivale a latifundios con un poder sobre ella del 35.19%

4. PROCESO METODOLOGICO.

4.1. Estudio de caso.

Esta investigación se baso en el método de estudio de caso, con un proceso de tipo descriptivo y analítico, con la utilización de herramientas de diagnóstico participativo, cualitativo y cuantitativo. En términos de Yin (2009) ⁴², el estudio de caso “es una indagación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto en la vida real”. Como muestra la figura 9, el estudio de caso puede ser único en donde todo el caso es una unidad de análisis; múltiple con diferentes unidades generalmente entre 2 y 10; el caso de análisis que se toma para esta investigación es único.

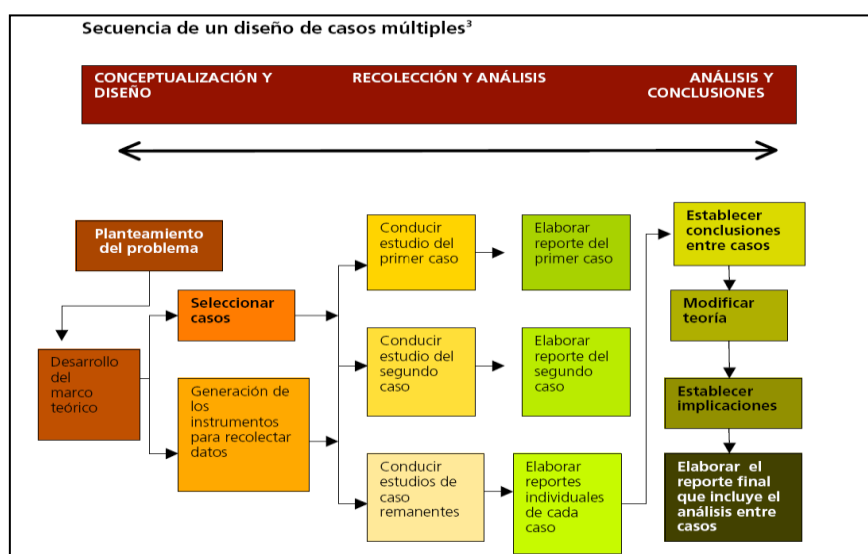
Figura 9. Tipos básicos en estudio de casos.



Fuente: Yin Robert (2009).Estudio de caso, pág. 46.

⁴² YIN, Robert. Case Study Research. Cuarta edición. 2009.

Figura 10. Secuencia de un diseño de casos múltiples



Fuente: HERNÁNDEZ SAMPIERI Roberto, *et al.* Metodología de la Investigación.

En la figura 10 se ilustra la secuencia para estudio de caso único o múltiple; en ambos se debe plantear el problema, generar los instrumentos, conducir el caso, elaborar los reportes, establecer conclusiones, realizar el reporte final.

4.1.1 Objetivos de la metodología

El estudio de este caso tiene como objetivos conocer aspectos en torno a la energía solar como energía alternativa y renovable e interpretar su relación con la realidad social de manera cualitativa y cuantitativa. Se comprendieron datos operacionales que orientaron la demarcación y cuantificación de la experiencia. La investigación se basó principalmente en el estudio de caso de acuerdo con Robert Yin.

4.1.2. Técnicas de recolección de datos.

Para el levantamiento de datos se utilizó como técnica de investigación en campo para recoger esta información: la observación, la entrevista semiestructurada; en la visita de campo se utilizó la técnica de elaboración y registro de datos por observación directa a través de las tácticas de: a) auto-observación donde se utilizó como autoregistros: lápiz, papel, cámara fotográfica y grabadora con los cuales se realizaron los informes. b) Observación participante, negociando una llegada y salida de campo por las condiciones particulares de la vereda de estudio, observando el acceso y visibilidad del escenario físico, luego una observación y registro focalizado con los actores principales como, dos promotoras de salud; dos profesores; un líder

comunal, y un grupo de niños, quienes respondieron con entrevistas semiestructuradas.

Los instrumentos para registrar la información observada se utilizó: cuaderno de notas, mapas, cámara, grabadora.

4.1.3. Variables de la investigación.

Como apoyo para determinar las variables de esta investigación, se tuvo en cuenta los ocho objetivos del milenio que de acuerdo con la PNUD⁴³, la energía sin ser un objetivo, presenta un eje transversal que permitirá una contribución importante para alcanzarlos. El Ex secretario General de las Naciones Unidas Kofi, A. Annan en abril de 2007 haciendo alusión a estos objetivos pronuncia: "Aún tenemos tiempo para alcanzar los objetivos, en todo el mundo y en la mayoría de los países, si no en todos, pero sólo si logramos romper con la rutina. El éxito no se logrará de la noche a la mañana, sino que requerirá trabajar de manera continua durante todo el decenio, desde ahora hasta que termine el plazo. Se necesita tiempo para formar a maestros, enfermeros e ingenieros; lleva tiempo construir carreteras, escuelas y hospitales, así como fomentar empresas grandes y pequeñas que puedan generar los empleos e ingresos necesarios. Por consiguiente, hay que poner manos a la obra desde ahora. También debemos aumentar la asistencia para el desarrollo a nivel mundial en más del doble durante los próximos años, pues sólo así se podrá contribuir al logro de los objetivos." Las variables se ajustaron en Dimensiones, Temas, Subtemas e Indicadores de acuerdo a la tabla 7:

⁴³ PNUD. Contribución de los servicios energéticos a los Objetivos de Desarrollo del Milenio y a la mitigación de la pobreza en América Latina y el Caribe. Octubre del 2009. Pag.14.

Tabla 7. Variables de la investigación.

| Dimensión | Tema | Subtema | Indicador | Medida |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Social | Pobreza | Sisbén | Niveles | Porcentaje. |
| | Equidad | Servicios públicos domiciliarios. | Servicios recibidos | Porcentaje y número de servicios recibidos. |
| | Necesidades básicas insatisfechas | Acceso a la educación. | Niños y niñas en edad escolar estudiando en establecimiento educativo. | Porcentaje |
| | | Sistema de eliminación de excretas. | Viviendas con algún sistema de eliminación de excretas. | Porcentaje. |
| | | Hacinamiento crítico. | Personas por vivienda. | Número de personas. |
| | | Disponibilidad de agua potable. | Viviendas con este servicio. | Porcentaje. |
| | | Pared vivienda | Material de la pared | Porcentajes. |
| | | Piso de vivienda | Material piso | Porcentajes |
| | Recursos energéticos. | Asequibilidad | Alternativas de iluminación. | Porcentajes. |
| Ambiente | Atmosfera | Cambio climático. | Emisión de CO2. | Kg de emisión. |
| | Agua | Calidad del agua | Descarga de contaminantes en efluentes. | Porcentaje. |
| | Tierra | Calidad de los suelos. | Zonas de suelo afectadas. | Porcentaje. |
| Económico | Patrones de uso y producción. | Uso global. | Uso de energía per capita. | Porcentajes. |
| | | Uso final. | Fuentes de energía. | Aplicaciones |
| | | Precios. | Precio energía fotovoltaica y convencional | Pesos. |

Fuente: EL autor. Basado en Indicadores energéticos⁴⁴

⁴⁴ AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGIA. Indicadores Energéticos del Desarrollo Sostenible. Julio de 2008.

4.1.4. Ficha técnica de participantes.

La ficha técnica de los actores queda registrada en la tabla 8.

Tabla 8. Participantes Yopal, Tauramena, Vigía, Carupana.

| N. | Nombre | Responsabilidad | Ciudad o vereda |
|-----------|------------------------|--|--|
| 1 | Jimmy Mosquera | Ing.de Proyectos. Carupana, Vigía y otros. | Yopal |
| 2 | Carlos Peña | Ingeniero Obras Publicas Alcaldía Tauramena | Tauramena |
| 3 | María Torres | Promotora de salud | Vereda Carupana |
| 4 | Henry Jaramillo | Presidente Junta de Acción Comunal | Vereda Carupana |
| 5 | Mauricio Carvajal | Profesor escuela | Vereda Carupana |
| 6 | Yaneth Tovar | Promotora de salud | Vereda Vigía |
| 7 | Rosalba Pinto | Profesora escuela | Vereda Vigía |
| 8 | Niños | Escuela Carupana | Vereda Carupana |
| 9 | Niños | Escuela Vigía | Vereda Vigía |
| 10 | Lilia María Vega S. | Rectora Institución José María Córdoba. Escuelas. Dirige siete escuelas rurales. | Escuelas con EF. Veredas el Guafal y Palestina. |
| 11 | Jaime Humberto Suelta. | Rector Instituto del Llano. Dirige seis escuelas rurales. | Escuela con EF. Vereda Monserrate |
| 12 | John Faver Ruiz | Rector Centro regional de investigación y extensión de Tauramena. Dirige 8 escuelas. | Escuelas con EF. Vereda de Vigía, Tunupe, Carupana con bombeo. |

Fuente: El autor.

Los rectores de las instituciones educativas fueron entrevistados vía telefónica a sus números de celulares, brindaron información sobre las instituciones rurales que cuentan con instalaciones fotovoltaicas. Anexo 1.

Tabla 9. Participantes expertos EFV. Encuesta FAO.

| N. | Nombre | Responsabilidad | Ciudad |
|----|----------------------|---|--------|
| 1 | Jimmy Mosquera | Ing.de Proyectos. Carupana, Vigía y otros. | Yopal |
| 2 | Fernando Sánchez | Ing. Ambiental. Msc. Director especializaciones UAC. | Bogotá |
| 3 | Luini Hurtado | Ingeniero Mecánico. Independiente. Msc.Phd(c). | Bogotá |
| 4 | Freddy Armando Ayala | Estudiante de Ingeniería Electromecánica. Universidad Autónoma. | Bogotá |
| 5 | Hernando Parra | Ingeniero Químico. | Bogotá |
| 6 | Pedro Pinzón | Ingeniero Mecánico. Msc. | Bogotá |
| 7 | Jonatán Mora | Estudiante de Ingeniería Electromecánica. Universidad Autónoma. | Bogotá |
| 8 | Henry Suárez | Ingeniero Mecánico. Msc. Materiales de ingeniería. | Bogotá |
| 9 | Wilmer Carreño | Especialista gerencia de proyectos energéticos. | Bogotá |

Fuente: El autor.

4.1.5. Fases de la investigación.

Siguiendo la metodología sugerida por Hernández en la figura 10 y el documento presentado en el capítulo cuarto del CD-ROM, se utilizaron diferentes técnicas de recolección de datos dependiendo de las fuentes de información primaria y secundaria según las siguientes fases:

Fase 1: Identificación del caso, planteamiento del problema, construcción de las preguntas de investigación, elaboración del marco de referencia y conceptual; lo anterior permitió diseñar el estudio de caso de la vereda Carupana, con esto se establece la información requerida para responder a dicho estudio.

Fase 2: Información de base: Se hizo levantamiento, revisión y análisis de la información secundaria referente a planes y programas energéticos rurales, condiciones geográficas, climáticas y de sistemas solares fotovoltaicos. Inicialmente se realizó una búsqueda de información sobre planes, congresos y documentos oficiales y académicos, especialmente sobre energía.

Fase 3: Recolección de datos: En el trabajo de campo se levantó y validó información primaria con organizaciones, técnicos, expertos privados e institucionales y la comunidad de estudio. Dicha información es importante y necesaria para establecer las características sociales, ambientales, culturales, económicas.

Los contactos con la Alcaldía de Tauramena se realizó mediante carta de presentación fechada 13 de julio de 2007 y firmada por el entonces director de la Maestría en Desarrollo Rural Manuel Enrique Pérez, dirigida al Alcalde Jorge Eliecer Barreto, con copia a diferentes funcionarios. Luego de los contactos respectivos se realizaron encuentros con distintas personas de la comunidad: un funcionario de la Alcaldía de Tauramena; el diseñador y director del proyecto fotovoltaico en Yopal.

El tiempo utilizado fue de una semana empezando; la visita a las veredas de Carupana y la Vigía se realizaron en el transcurso de un día (3: a.m. a 10: p.m.) por ser veredas alejadas del casco urbano y por las dificultades de orden público.

El resultado de las entrevistas quedó registrado en tres casetes, con una duración de 90 minutos cada uno. La transcripción hacia un procesador de texto la realizó la estudiante de Tecnología en Gestión Ambiental Alexandra Cuesta, como quedó registrado en correo enviado 01-12-2008. El registro de audio es tomado en forma directa como parte de la investigación. Realizado este levantamiento en Tauramena, Yopal, Carupana y Vigía, se depuró el contenido, manteniendo la veracidad de la información.

El registro fotográfico fue parte del trabajo de campo en las veredas de Carupana y Vigía. El de la vereda de Guafal fue suministrado por el Ingeniero Carlos Peña, fruto de su trabajo como Secretario de Obras Públicas del municipio de Tauramena.

Se aplicó una encuesta diseñada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, sobre “El estudio del impacto de sistemas solares fotovoltaicos en el Desarrollo Rural”, cuyo coordinador principal es Gustavo Best. La encuesta consta de tres partes: la primera trata sobre los sistemas FV en general; la segunda plantea preguntas sobre los impactos de los sistemas fotovoltaicos importantes para el desarrollo rural; la tercera contiene información acerca del financiamiento para la ejecución de este tipo de proyecto.

Las encuestas fueron realizadas en Yopal y Bogotá; la mayoría se realizaron en Bogotá, debido al contenido técnico de las mismas la aplicación fue dirigida a profesionales expertos en el tema de energías renovables.

Fase 4: Procesamiento de Datos: En esta etapa se procesó la información primaria y secundaria y se analizaron los resultados con base en el diagnóstico del caso. La información fue recopilada y graficada en hoja electrónica de Excel, donde se siguió el proceso de tabulación; en forma simultánea se graficaron los resultados y se transportaron al procesador de palabra.

Los siguientes resultados se muestran más adelante: datos, tipos de energía, uso de la energía solar, uso por sector económico, beneficiarios, empleo de

energía solar en agricultura, impactos derivados de los procesos productivos, tipos de negocios que se realizan en la comunidad, impactos generados por la implementación de la energía fotovoltaica, tipo de servicio, impactos sociales, diversos usos de la energía fotovoltaica, incidencia de la energía fotovoltaica en las actividades familiares, empleo de partes nacionales, métodos de financiación para adquisición de sistemas FV.

Fase 5: Conclusión y Recomendaciones: Se establecen las conclusiones y recomendaciones con respecto a la implementación y al uso de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales, información que se consignó en el documento.

4.2 Desarrollo metodológico.

De acuerdo a las fases anteriores el desarrollo metodológico, se resume en las tablas: 10, 11, 12 en función de los objetivos específicos.

Tabla 10. Desarrollo Metodológico Indicadores.

| | |
|---|---|
| Objetivo específico | Establecer los indicadores sociales (salud, educación, satisfacción de necesidades básicas, comunicación, procesos comunitarios), ambientales (conservación de recursos naturales, producción limpia, innovación tecnológica), económicas (productividad, tarifas, ingresos) y de política (programas, recursos y estrategias locales para innovación energética) mediante el uso de energía solar fotovoltaica para el caso de estudio. |
| Método | Búsqueda de información primaria y secundaria. |
| Actividades Principales | Se contactaron trabajadores oficiales de la Alcaldía de Tauramena, al líder comunal, docentes, promotoras de salud, niños de la región. |
| Participantes | <ul style="list-style-type: none"> - Secretaria de Obras Públicas Tauramena. - Diseñador e instalador de los SFV en Tauramena. - Directores instituciones educativas de Tauramena. - Docente Escuela Carupana. - Docente Escuela Vigía. - Promotora de salud Carupana. - Presidente Junta de Acción Comunal Carupana. - Niños de Carupana. - Profesionales Bogotá. |
| Instrumentos recolección información | <ul style="list-style-type: none"> - Entrevistas cualitativas semiestructuradas. - Entrevistas cualitativas no estructuradas o abiertas. - Manejo de preguntas generales y específicas. - Registros de voz. |
| Resultados | <ul style="list-style-type: none"> -Entrevistas semiestructuradas y abiertas a: presidente de la Junta de Acción Comunal, al secretario de obras publicas de Tauramena, Promotora de Salud de Carupana, Docente de Carupana, Niños de la escuela de Carupana, Docente de la escuela de Vigía -Grabación de entrevistas. |

Fuente: El autor.

Tabla 11. Desarrollo Metodológico Incidencias.

| | |
|---|---|
| Objetivo específico | Determinar incidencias en el desarrollo rural alrededor de la implementación de energía solar fotovoltaica, para zonas rurales y el caso de estudio. |
| Método | A partir del análisis de información primaria y secundaria, y el trabajo de campo en el estudio de caso, se establecerán los indicadores de desarrollo rural |
| Actividades Principales | Consulta de documentos oficiales de Casanare y Tauramena. Visita a Yopal, al municipio de Tauramena y a las veredas de Carupana y Vigía. Diálogos y entrevistas con empleados oficiales e ingeniero diseñador |
| Participantes | -Secretaría de Obras Públicas Gobernación de Casanare. -Alcaldía de Tauramena. -Secretario de obras Públicas Tauramena: Carlos Peña. - Diseñador e instalador de los SFV en Tauramena: Jimmy Mosquera. |
| Instrumentos recolección información | -Exploración y observación de campo. -Toma de notas. -Registros fotográficos. -Registros de voz. |
| Resultados | -50 registros fotográficos de la vereda de Carupana. -30 registros fotográficos de la vereda de Vigía. -120 registros fotográficos de la vereda de Guafal. -Identificación de los proyectos fotovoltaicos en la región, especialmente en Carupana. -Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el departamento de Casanare. |

Fuente: El autor.

Tabla 12. Desarrollo Metodológico Recomendaciones.

| | |
|---|--|
| Objetivo específico | Plantear recomendaciones para el desarrollo rural a partir de la implementación de proyectos de energía solar fotovoltaica. |
| Método | A partir del análisis de información secundaria, y del estudio de caso se obtuvieron los resultados que permitieron establecer recomendaciones con respecto a la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica. |
| Actividades Principales | Revisión y análisis de los resultados de campo, de consultas bibliográficas y de estudios de radiación solar nacional. |
| Participantes | -Expertos e investigadores de Universidades de Bogotá, -Secretario de obras Públicas Tauramena. - Diseñador e instalador de los S.F.V. |
| Instrumentos recolección información | -Encuesta. -Análisis diagramas, mapas. - Modulación matemática para datos estadísticos |
| Resultados | -Recomendaciones con base en el análisis de los resultados del estudio de caso, para la implementación de proyectos energéticos solares fotovoltaicos en áreas rurales. |

Fuente: El autor.

5. RESULTADOS.

En el presente capítulo se recogen los resultados importantes de la investigación, se levantan los indicadores en el desarrollo rural, a partir del análisis del estudio de caso con ayuda de los instrumentos metodológicos como las encuestas, entrevistas y observaciones de campo.

5.1 Resultados de los Indicadores.

5.1.1 Dimensión Social.

5.1.1.1. Indicadores de procesos comunitarios:

El Sisbén es un instrumento que permite obtener información socioeconómica de grupos específicos en los sectores urbanos y rurales; en él se considera la calidad de vida, tipo de vivienda, ocupación, educación; con la información recolectada en el Sisbén, la Administración Municipal realiza el planeamiento y distribución de los recursos a corto, mediano y largo plazo. Los puntajes para los diferentes niveles se muestran en la tabla 13, para medir los niveles de pobreza.

Tabla 13. Puntaje nuevo Sisbén.

| Puntos de corte del nuevo Sisbén | | | | |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Nivel | Urbano | | Rural | |
| | Inferior | Superior | Inferior | Superior |
| Nivel 1 | 0 | 11 | 0 | 17,5 |
| Nivel 2 | ➤ 11 | 22 | ➤ 17,5 | 32 |
| Nivel 3 | ➤ 22 | 43 | ➤ 32 | 51 |
| Nivel 4 | ➤ 43 | 65 | ➤ 51 | 100 |
| Nivel 5 | ➤ 65 | 79 | | |
| Nivel 6 | ➤ 79 | 100 | | |

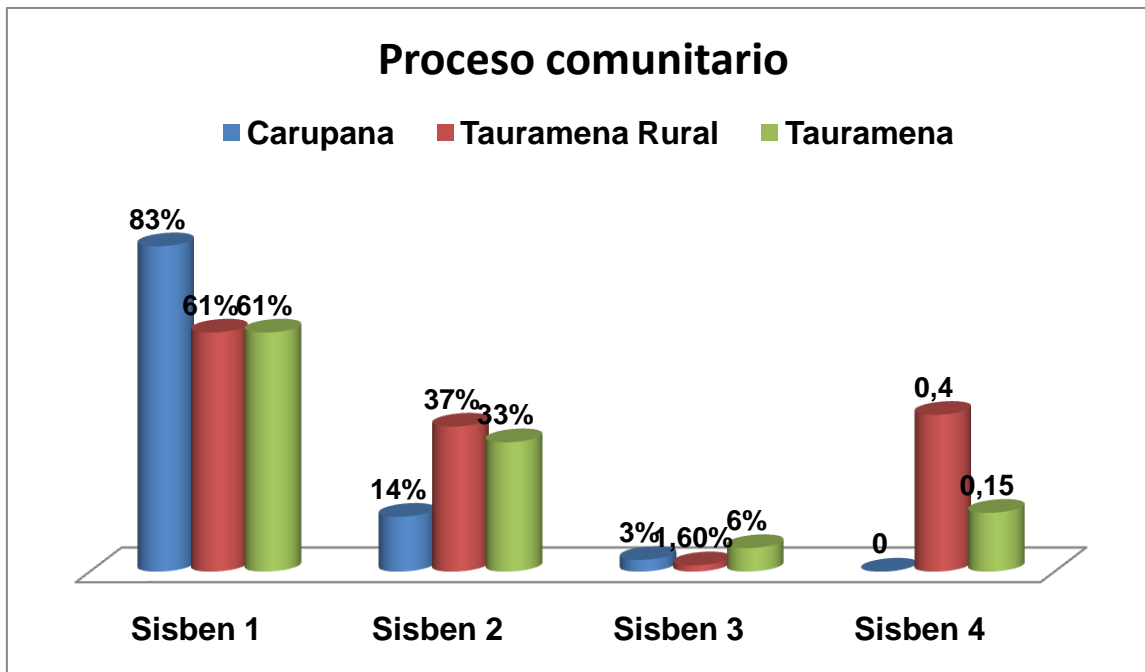
Fuente: Departamento Nacional de Planeación DNP

El índice asigna un puntaje de 0 a 100, para cada familia. Una familia es más pobre si se acerca a 0 y menos pobre si se acerca a 100.

A partir de la información suministrada por la Alcaldía de Tauramena se determinaron los niveles de pobreza. Para la vereda de Carupana los resultados se reflejan en la tabla 24 (Anexo 2); para el sector rural de Tauramena la tabla 25 (Anexo 3); y para todo el municipio de Tauramena la tabla 26 (Anexo 4).

El resultado de la clasificación de la población del municipio se indica en la gráfica 4, los puntajes asignados se basaron en las tablas suministradas por la Alcaldía de Tauramena.

Gráfica 4. Procesos comunitarios. Población inscrita en Sisbén.



Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

En Sisbén 1 se encuentran: 83% (134 de las 162 personas) de la vereda Carupana; el 61% (3.614 de las 5.889 personas) del sector rural de Tauramena y el 60% (10.642 de las 17.686 personas) de Tauramena.

En Sisbén 2 se encuentran: el 14 % (23 de las 162 personas) de la vereda Carupana; el 37% (2.158 de las 5.889 personas) del sector rural de Tauramena y el 33% (5.959 de las 17.686 personas) de Tauramena.

En Sisbén 3 se encuentran: El 3 % (5 de las 162 personas) de la vereda Carupana; el 1,6% (95 de las 5.889 personas) del sector rural de Tauramena y el 6% (1.060 de las 17.686 personas) de Tauramena.

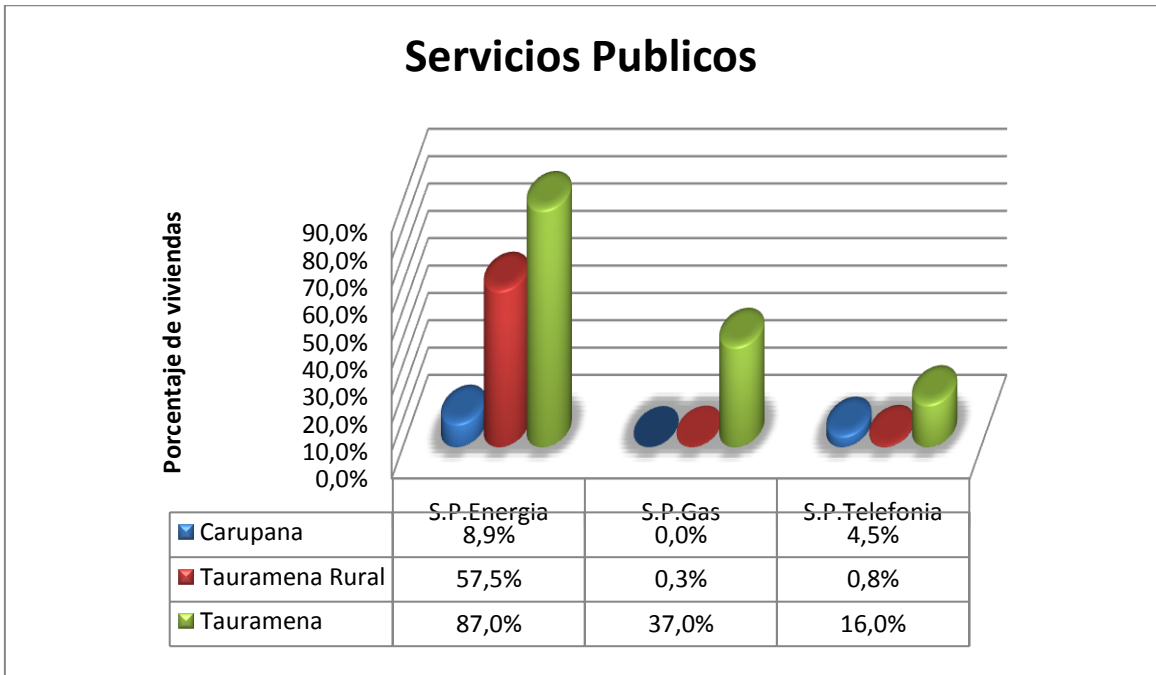
En Sisbén 4 se encuentran: el 0 % (0 de las 162 personas) de la vereda Carupana; el 0,4% (22 de las 5.889 personas) del sector rural de Tauramena y el 0,15% (25 de las 17.686 personas) de Tauramena.

5.1.1.2. Cobertura de los servicios públicos.

Los servicios públicos, en su concepto más amplio, están relacionados con el bienestar, la calidad de vida de la población, la convivencia ciudadana y el desarrollo equilibrado de la sociedad. Estos satisfacen necesidades sentidas de carácter colectivo en forma continua y permanente, con condiciones de equidad, calidad y eficiencia.

Los servicios públicos están regidos por la ley 142 de 1994 y la ley 143 de 1994 donde se establecen las condiciones de generación, transmisión y comercialización de la energía eléctrica, de servicios públicos domiciliarios: servicio de energía eléctrica, acueducto y alcantarillado, gas natural, telefonía y recolección de residuos sólidos. Existen los no domiciliarios como el transporte, campo santo, plazas de mercado. Para el propósito de este trabajo se determinará la cobertura de los servicios públicos domiciliarios.

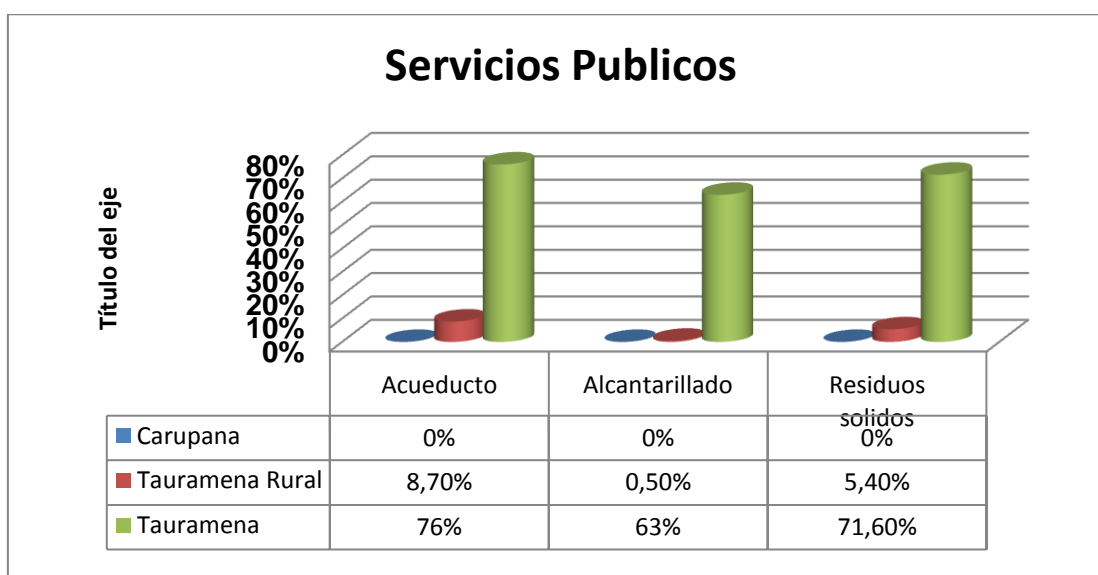
Gráfica 5. Servicios Públicos: Energía, Gas, Telefonía.



Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Con la información sobre los servicios públicos suministrada por la Alcaldía de Tauramena se determinaron mediante: la tabla 27 (Anexo 5), tabla 28 (Anexo 6), tabla 29 (Anexo 7) los servicios públicos. El resultado de los servicios públicos de la población del municipio de Tauramena se indica en la gráfica 5, donde se muestran el servicio de energía eléctrica, el suministro de gas natural y el servicio de telefonía, y la gráfica 6 muestra el estado de los servicios en acueducto, alcantarillado y residuos sólidos.

Gráfica 6. Servicios Públicos: acueducto, alcantarillado, residuos sólidos.



Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

En Carupana, las 45 viviendas que se encuentran en la vereda tienen la siguiente cobertura en servicios públicos: energía eléctrica 8,9% (4 viviendas); gas natural 0%, (ninguna vivienda); telefonía 4,5% (2 viviendas). Ninguna vivienda cuenta con servicio público de acueducto, alcantarillado y recolección de residuos sólidos.

Las 34 veredas que conforman el sector rural de Tauramena cuentan con 1.327 viviendas las cuales tienen la siguiente cobertura en servicios públicos: energía eléctrica 57,5% (764 viviendas); gas natural 0,1% (3 viviendas); telefonía 0,82%. (11 viviendas); acueducto 8,7% (357 viviendas); alcantarillado 0,45% (6 viviendas) y 5,4% recolección de residuos sólidos (72 viviendas).

Tauramena cuenta con 5.537 viviendas; el 87% (4.817 viviendas) cuenta con el servicio de energía eléctrica; el 37% (2.050 viviendas) con gas natural); 16% telefonía (880 viviendas); 76% acueducto (4.205 viviendas); 63% alcantarillado (3.496 viviendas) y 71,6% recolección de residuos sólidos (3.966 viviendas).

5.1.1.3. Necesidades básicas insatisfechas.

El DANE específica que con la metodología de las NBI busca determinar si las necesidades básicas de una población están cubiertas. Con ayuda de algunos indicadores, los grupos que no alcancen un umbral mínimo fijado son clasificados como pobres.

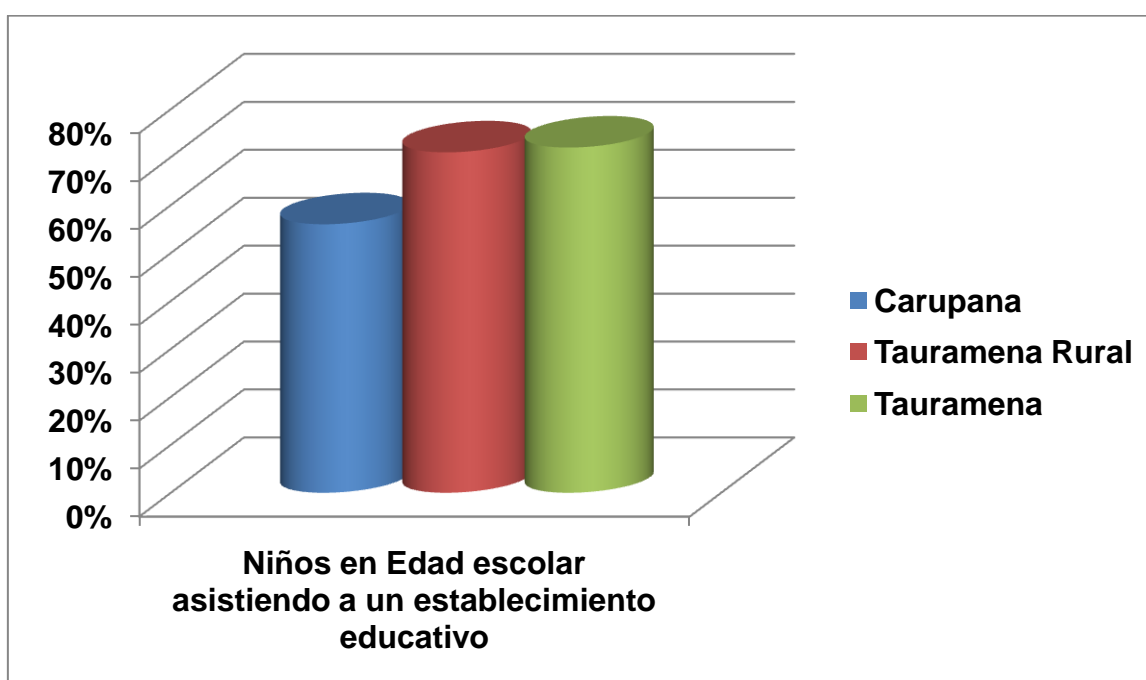
Los indicadores seleccionados son: viviendas inadecuadas, hacinamiento crítico, viviendas con servicios inadecuados, viviendas con alta dependencia económica, niños en edad escolar que no asisten a la escuela”⁴⁵.

Según el DANE “las viviendas con servicios inadecuados como indicador, expresa en forma directa el no acceso a condiciones vitales y sanitarias mínimas. En el medio rural se incluyen las viviendas que carezcan de sanitario y acueducto y que se aprovisionen de agua en ríos, nacimientos o de la lluvia”.

5.1.1.4. Asistencia Escolar.

Este indicador mide el grado de educación mínima de los niños en edad escolar.

Gráfica 7. NBI. Educación primaria.



Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

En Carupana la asistencia escolar de niños entre 5 y 14 años es de 65,6%, correspondiente a 21 estudiantes de una población probable de 32 niños en edad escolar. Para el sector rural el 71,8% (811 niños de 1.129) se encuentran en establecimientos de educación. El 72% de los niños del municipio (3.006 de 4.161) estudian.

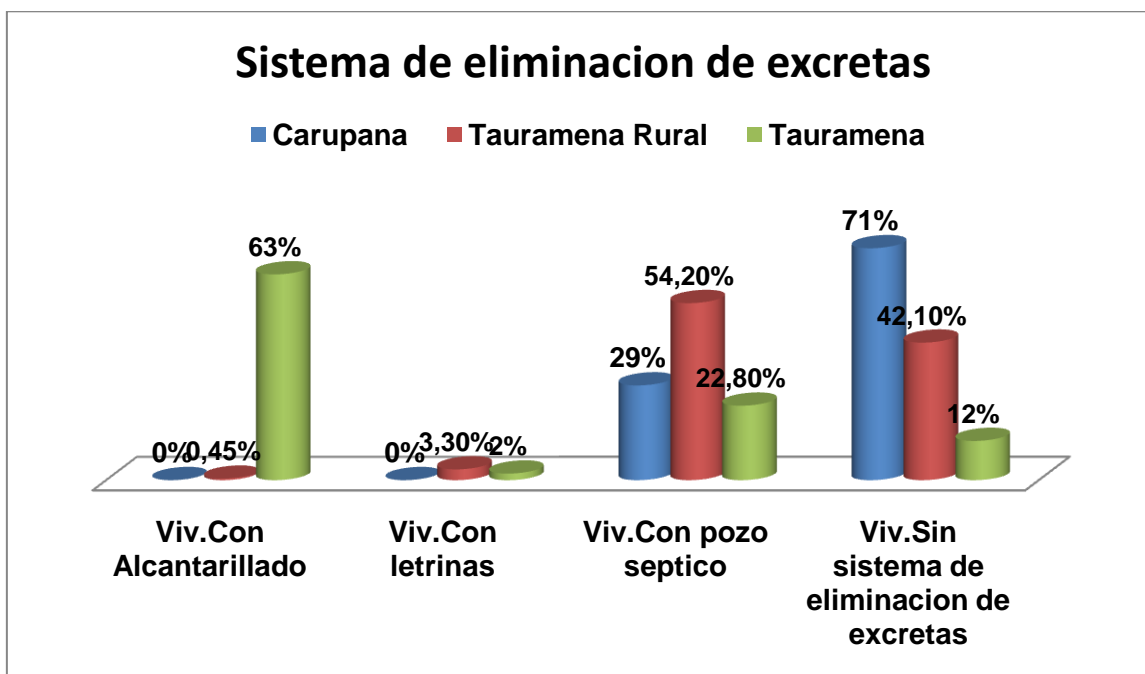
⁴⁵ CUNDINAMARCA 2005. Estadísticas básicas del nuevo Sisbén.

En Carupana existen 11 niños, en el sector rural 311 niños, y en todo el municipio de Tauramena 1.151 niños que se encuentran marginados del sistema educativo.

5.1.1.5. Sistemas de eliminación de excretas.

De las 45 viviendas de la vereda Carupana 13 tienen sistema de eliminación de excretas con pozos sépticos que representan el 29%, y 32 de las viviendas no presentan ningún sistema de eliminación, resultados obtenidos de la tabla 30 (Anexo 8), tabla 31 (Anexo 9), tabla 32 (Anexo 10).

Gráfica 8. NBI. Sistema de eliminación de excretas.



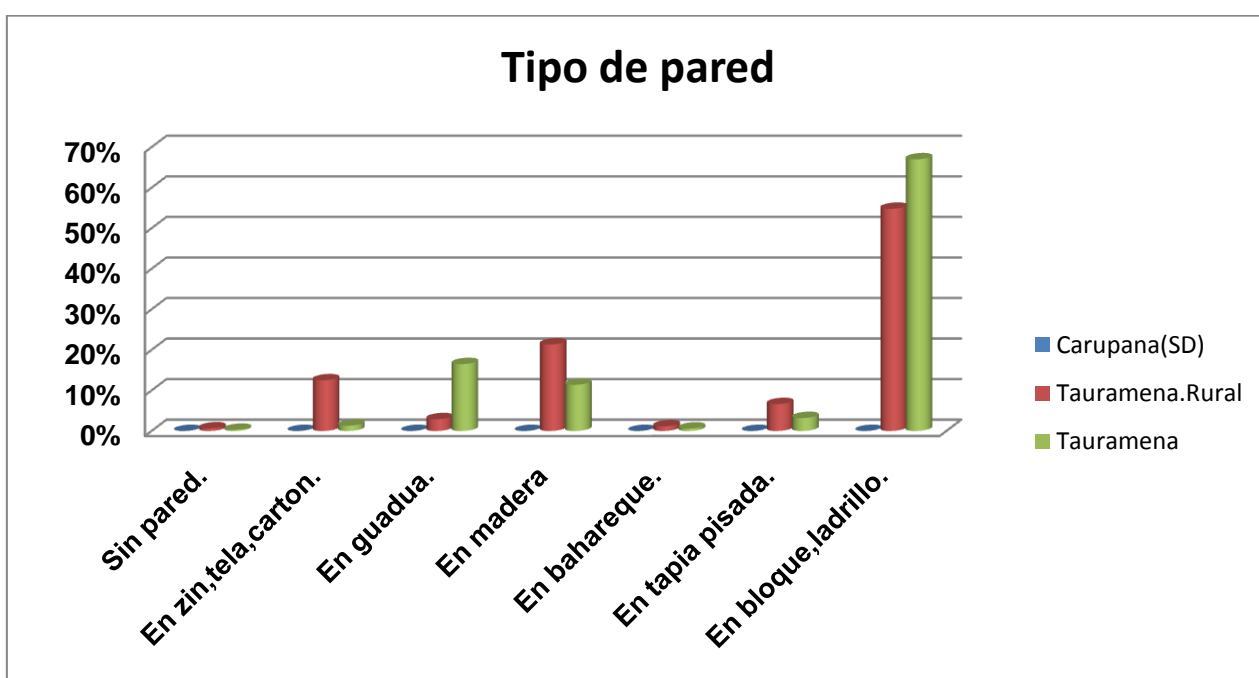
Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

En el sector rural el 42% (559 viviendas de 1.327) no tiene un sistema de eliminación de excretas y el 54,2% tienen pozo séptico. En el municipio de Tauramena el 12% (586 de 4.868 viviendas) están sin sistema de eliminación de excretas y el 63% (30.069 viviendas) tienen sistema de alcantarillado.

5.1.1.6. Vivienda inadecuada tipo de pared.

“Este indicador expresa las características físicas de la vivienda consideradas inapropiadas para el alojamiento humano” (DANE). Con base en los resultados obtenidos de la tabla 33 (Anexo 11), tabla 34 (Anexo 12), se construyó la siguiente gráfica.

Gráfica 9.NBI. Tipo de pared en vivienda.



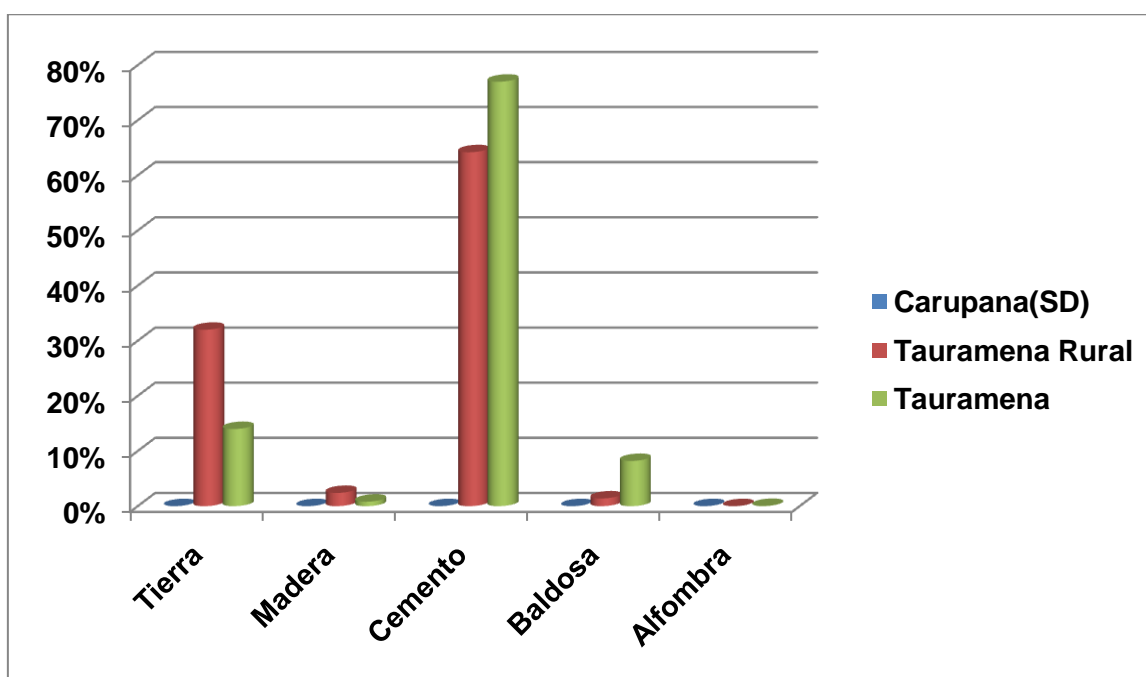
Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Para la vereda Carupana no se evidencian datos; de la gráfica 9 se extrae que las paredes con que están construidas las viviendas son el bloque y el ladrillo, 53% para el área rural y 65% para el municipio. Existen 10 viviendas en el área rural sin ningún tipo de pared.

5.1.1.7. Vivienda inadecuada tipo de piso.

“Este indicador expresa las características físicas de la vivienda consideradas inapropiadas para el alojamiento humano” (DANE). Con base en los resultados obtenidos de la tabla 35, Piso de vivienda. Sector Rural Tauramena (Anexo 13), la tabla 36 Piso de vivienda. Tauramena (Anexo 14), se construyó la gráfica 10.

Gráfica 10.NBI. Tipo de piso en vivienda.



Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

En el sector rural el 32% de las viviendas (496 de 1551 viviendas) tienen piso en tierra y el 64,2% (997 viviendas) tienen piso en cemento. Para el municipio el 76% prevalece el piso en cemento.

5.1.2 Dimensión Política.

Políticas para la implementación de energía fotovoltaica en Carupana

Para dar respuesta a la incidencia política se revisaron los Planes de Desarrollo Nacionales (1994-2014); los Planes de Desarrollo de Casanare (1996-2011) y el último Plan de Tauramena (2008-2011); de la geografía colombiana se revisó la situación energética convencional para establecer la ZNI, particularmente la del Departamento de Casanare.

5.1.2.1. Planes Nacionales de Desarrollo.

Plan Nacional de Desarrollo 1994-1998. “El salto social”. En este plan, uno de los objetivos era el incluir “La política ambiental para el sector energético”, donde se focalizó principalmente al uso final de la energía a través de la eficiencia energética y el aumento de las energías no convencionales, haciendo la salvedad de que fueran económicamente viables.

Plan Nacional de Desarrollo 1998-2002. “Cambio para construir la paz.”. En el campo energético, las inversiones estratégicas de capital las compartieron los sectores público y privado, apoyando proyectos de tipo local y regional. Como incentivos se crearon mecanismos de préstamo a largo plazo, con refinanciamiento internacional.

Plan Nacional de Desarrollo 2002-2010. “Hacia un Estado comunitario”. En el capítulo 2 “Impulsar el crecimiento económico sostenible y la generación de empleo”, apartado 5, estimula la innovación tecnológica a través del Sena y de Colciencias, promueve la relación empresa-universidades y apoya el auge de centros de desarrollo tecnológico y los centros regionales de productividad.

Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. “Unión Nacional”. El plan, en el apartado 91, propone aumentar las energías renovables para zonas no interconectadas, para lo cual se extrae en forma textual “Desde poder cocinar los alimentos y trabajar, hasta poder recibir atención médica adecuada, la energía es vital para millones de colombianos. Desafortunadamente los que viven en las Zonas No Interconectadas (ZNI) dependen de plantas eléctricas de combustible, contaminantes y que operan en ciertas horas del día. En las ZNI aumentaremos las oportunidades de uso de energías alternativas para un suministro confiable y menos contaminante.”⁴⁶.

5.1.2.2. Planes Departamentales de Desarrollo Casanare.

Plan de Desarrollo Casanare 1996-1998. Debido a la explotación petrolera entre los años 1991-1996, las cabeceras municipales, especialmente Aguazul, Tauramena y Yopal recibieron población migrante y flotante que superó dos veces la demanda de servicios públicos entre ellos la energía eléctrica convencional. Según este plan Casanare se interconectó con Boyacá, mediante la Empresa de Energía de Boyacá (EBSA) con una línea de 115 la cual dio servicio a las cabeceras municipales.

La cobertura de energía convencional en el sector rural se inició prestando el servicio público a las veredas más cercanas a las cabeceras municipales. En las zonas no interconectadas no se proyectan alternativas energéticas tales como energía eólica, energía solar, recursos hídricos.

Plan de Desarrollo Casanare 1999-2000. En el diagnóstico del sector energético se estableció que “La cobertura del servicio de energía eléctrica es modesta. El porcentaje de viviendas que cuenta con este servicio es muy

⁴⁶ Santos Juan Manuel. Oportunidades de energía alternativa para ZNI. Obtenida el 26 de Diciembre de 2010. En <http://www.diariooccidente.com.co/elecciones/juanmanuel santos.pdf>

inferior al del promedio nacional, en especial en las áreas rurales, donde la prestación del servicio es dramáticamente baja”⁴⁷. Aunque dentro del plan de inversión para este periodo no se tiene en cuenta un ítem específico para la expansión de energía en las zonas no interconectadas, en este periodo se realizó el proyecto “Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el departamento de Casanare”, referenciado anteriormente en este documento.

Plan de Desarrollo Casanare 2001-2003. En el mes de octubre del año 2003 nace la Empresa de Energía Eléctrica de Casanare (ENERCA); dentro del plan de desarrollo de este periodo no se especifica sobre la energía eléctrica rural o las energías renovables.

Plan de Desarrollo Casanare 2004-2007. Este plan especifica la factibilidad de los estudios y diseños de proyectos en las zonas rurales no interconectadas con una inversión de 15 mil millones de pesos que permita ampliar la cobertura de sistemas de energía fotovoltaica en un 20%, dirigidas a 2.800 familias aisladas de este servicio. Entre las estrategias se encuentran fortalecer la energía y los sistemas de comunicación para zonas rurales; a nivel de los programas están la ampliación y la optimización de la infraestructura eléctrica y otras fuentes; y dentro de los subprogramas se especifica la “Generación de energía fotovoltaica y otras fuentes de energía para zonas no viables de interconexión eléctrica”.

5.1.2.3. Plan Municipal de Tauramena 2008- 2011 “Soluciones en serio”

Plan de Desarrollo Casanare 2008-2011. En este plan se proyecta el aprovechamiento del potencial geofísico de la región para la generación energética a partir de fuentes como el sol, el gas y la hidráulica. Existe un subprograma para la implementación de sistemas de energías alternativas para comunidades no interconectadas en viviendas y escuelas rurales. El plan de Tauramena tiene como uno de sus objetivos ampliar la cobertura de energía en la parte urbana y el sector rural, para facilitar el acceso a la informática y las comunicaciones dirigida a la comunidad en general; además señala “Realizar la gestión correspondiente con la empresa operadora para la construcción de una subestación de energía en el municipio de Tauramena para el mejoramiento del servicio en el área rural y urbana. Ampliar las redes eléctricas en el área urbana y rural. Diseñar e instalar sistemas alternativos de energía para optimizar el alumbrado público en el área urbana y ampliar la cobertura en el área rural. Implementación y mantenimiento de sistemas alternativos de energía”⁴⁸

⁴⁷ Por cada kilowatio hora despachado en la bolsa de energía, se debe destinar un peso para el FAZNI.

⁴⁸ PLAN DE DESARROLLO Tauramena 2008 -2011 Pág. 56.

5.1.2.4. Reflexión sobre los planes de Desarrollo.

A través de los planes de Desarrollo Nacionales se van incorporando algunas leyes y decretos que visualizan un horizonte a las energías renovables. A través de ellos se impulsaron decretos como el 1140 del 30 de junio de 1999 para crear el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las ZNI. Este instituto tiene como objeto desarrollar e implementar soluciones energéticas empresariales para las ZNI.

La Ley 633 de 2000 por la cual se creó el Fondo de Apoyo Financiero para las Zonas No Interconectadas FAZNI que tiene como objetivo primordial financiar los programas y proyectos de inversión en las ZNI; posteriormente la ley 1099 de 2006 permite la ampliación de captación de recursos⁴⁹ para FAZNI hasta el 2014, autorizando inversiones en mejoramiento de la infraestructura energética.

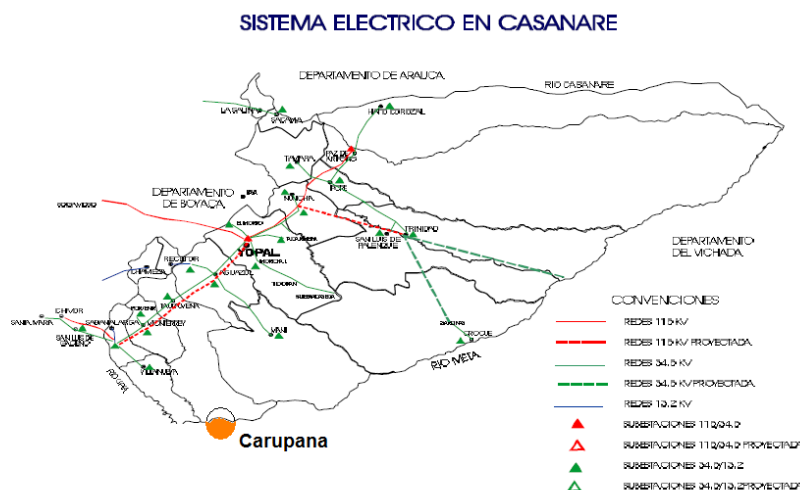
Surgen resoluciones como la 1821 de 2008 del Ministerio de Minas y Energía donde se expiden procedimientos para otorgar subsidios al sector eléctrico en ZNI.

5.1.2.5. Estrategias locales para determinar la energía de Carupana.

Carupana se encuentra en un punto de la geografía colombiana alejada de las redes convencionales de energía; como se ilustra en la figura 11, las líneas continuas representan la existencia de redes y las líneas punteadas las proyecciones hacia el año 2014; la vereda objeto de estudio se encuentra alejada 65 Km de las líneas de transmisión de energía convencional.

⁴⁹ Santos Juan Manuel. Op.Cit.,.Pag.64.

Figura 11. Sistema eléctrico convencional Casanare.



Fuente: Martínez Torres. Memorias al congreso 2009-2010

Como estrategia para conseguir el suministro de energía para las veredas que se encuentran en las ZNI, la Alcaldía propone el estudio de tres alternativas. El caso de Carupana se analizó bajo las siguientes alternativas de conversión de energía para la escuela, el centro de salud y las viviendas:

Generación Diesel:

Los factores determinantes en esta posibilidad tenían en cuenta la compra de las plantas, el costo y el transporte del combustible, el pago de personal, el mantenimiento y la reparación de equipos. En este caso el punto de equilibrio estaría, con respecto a la energía fotovoltaica, a los cuatro años; se tuvo en cuenta el periodo de vida de los SFV, superior a los diez años.

Interconexión al sistema eléctrico convencional:

En la figura 11, se ve que Carupana se encuentra alejada de las líneas de transmisión eléctrica convencional. Por la distancia a la cabecera municipal y a las redes de transmisión y teniendo en cuenta la baja densidad de la población, la cual se encuentra dispersa, la inversión por usuario es superior a la de un sistema fotovoltaico.

Instalación de sistemas fotovoltaicos:

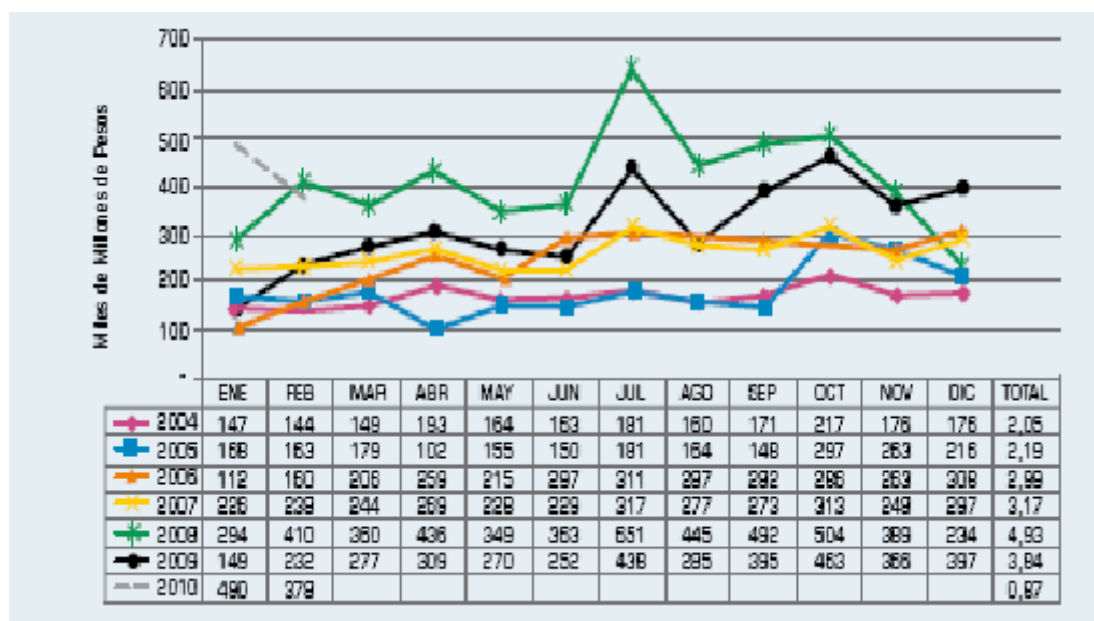
Este sistema consiste en instalar en la escuela, el centro de salud y algunas viviendas, paneles solares con sus respectivos accesorios y equipos.

5.1.2.6. Recursos.

A través de la ley 141 del 28 de junio de 1994 se crea el Fondo Nacional de Regalías, a través del cual el Estado recibe regalías por la explotación de recursos no renovables; el artículo 37 de la ley 756 de 2002 reza textualmente “Cuando se trate de proyectos eléctricos los recursos podrán aplicarse a la generación, transporte, transformación y remodelación de redes, mantenimiento, control y disminución de pérdidas de energía, asignando un 40% para ZNI”⁵⁰.

La gráfica 11 ilustra la captación de regalías por hidrocarburos. Se verifica que a través del tiempo las regalías aumentan ya que Casanare genera la regalía más elevada de Colombia (\$693.459.991.688, año 2009)⁵¹, del recurso de las arcas del Departamento y del municipio de Tauramena se realizan proyectos técnicos, como el fotovoltaico para la vereda de Carupana.

Gráfica 11. Comportamiento mensual de las regalías 2004-2010



Fuente: Memorias al Congreso de la República 2009-2010. Pag.32.UPME.

⁵⁰ LEY 756 de 2002, artículo 37.

⁵¹ MARTÍNEZ Hernán. Memorias al Congreso de la República 2009-2010. Pág.31.UPME.

Los recursos para la implementación de EFV, de Casanare, Tauramena y Carupana provienen del Fondo Nacional de Regalías, con una participación de recursos del municipio; el caso de la dotación de energía fotovoltaica a 40 escuelas y 2.000 viviendas rurales en el Departamento de Casanare alcanzó un valor de \$7.680.080, proveniente del Fondo Nacional de Regalías y un aporte del Departamento de \$251.231.000.

En función de las anteriores leyes y durante el desarrollo de esta investigación se encontró que el municipio de Tauramena, donde queda la vereda de Carupana objeto de este estudio, se acogió a proyectos como el radicado ante el Conpes de la Orinoquia “Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el departamento de Casanare”. Dicho documento establece textualmente: “En el área rural de Casanare se presentan problemas causados por el mal estado de las vías de comunicación, la baja densidad poblacional que implica para los estudiantes cubrir grandes distancias, para llegar a las instituciones escolares, la situación de orden público, el bajo nivel de ingresos de las familias, la utilización de mano de obra infantil y la falta de energía eléctrica en amplias zonas, son factores que inciden en los reducidos niveles de cobertura y calidad de la educación. Se busca beneficiar con este proyecto las escuelas rurales y viviendas que se encuentran retiradas de la interconexión eléctrica y para esto se propone: dotar de energía fotovoltaica a 40 escuelas rurales del Departamento de Casanare y 2000 viviendas rurales alejadas del sistema de interconexión”⁵².

Otro de los proyectos acogidos por Tauramena, ofrecidos por la gobernación de Casanare por intermedio de la Secretaria de Obras Publicas, es el de “Energía para todos”⁵³; por iniciativa de algunos de los 14 municipios del Departamento se tramitaron 8.000 solicitudes de energía fotovoltaica para ZNI. De éstas se dio respuesta a 160 viviendas y 27 escuelas alejadas de las redes convencionales de los municipios de Tauramena, Orocué, Trinidad y otros. Carupana, a través de sus líderes comunales (el presidente de la Junta de Acción Comunal, la promotora de salud y el profesor) realiza la solicitud para el otorgamiento de esta energía fotovoltaica.

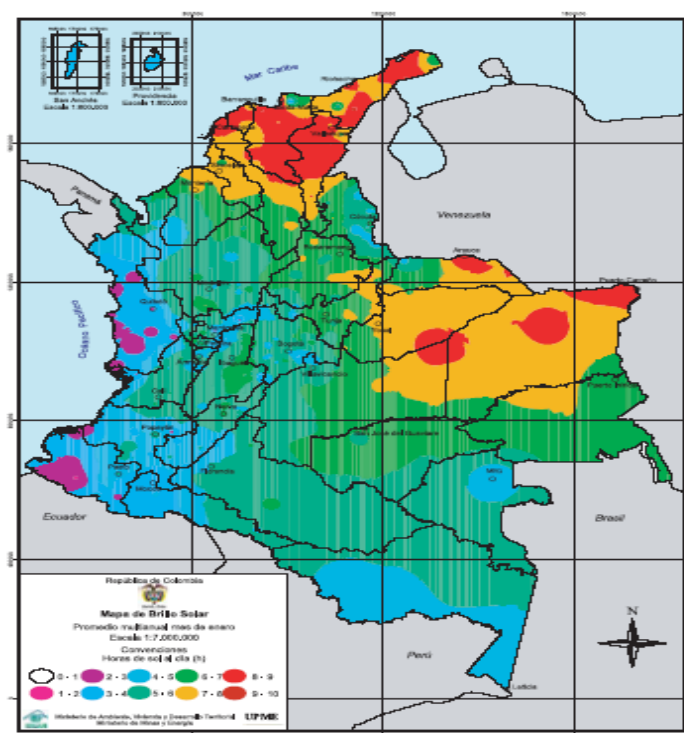
5.1.2.7. Innovación tecnológica EFV en Carupana.

Las condiciones geofísicas de Tauramena y específicamente las de la vereda de Carupana, permiten que las instalaciones de EFV puedan brindar una alternativa tecnológica innovadora. La radiación solar es propicia para esta región del país como se muestra en los mapas elaborados por la UPME.

⁵² GOBERNACION de Casanare. Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas en el departamento de Casanare. Agosto de 1999. Pág.2

⁵³ AVENDAÑO, José Vidal. GOBERNACION de Casanare. Sistemas Fotovoltaicos. Junio 2009. Pág. 4.

Figura 12. Radiación solar nacional.



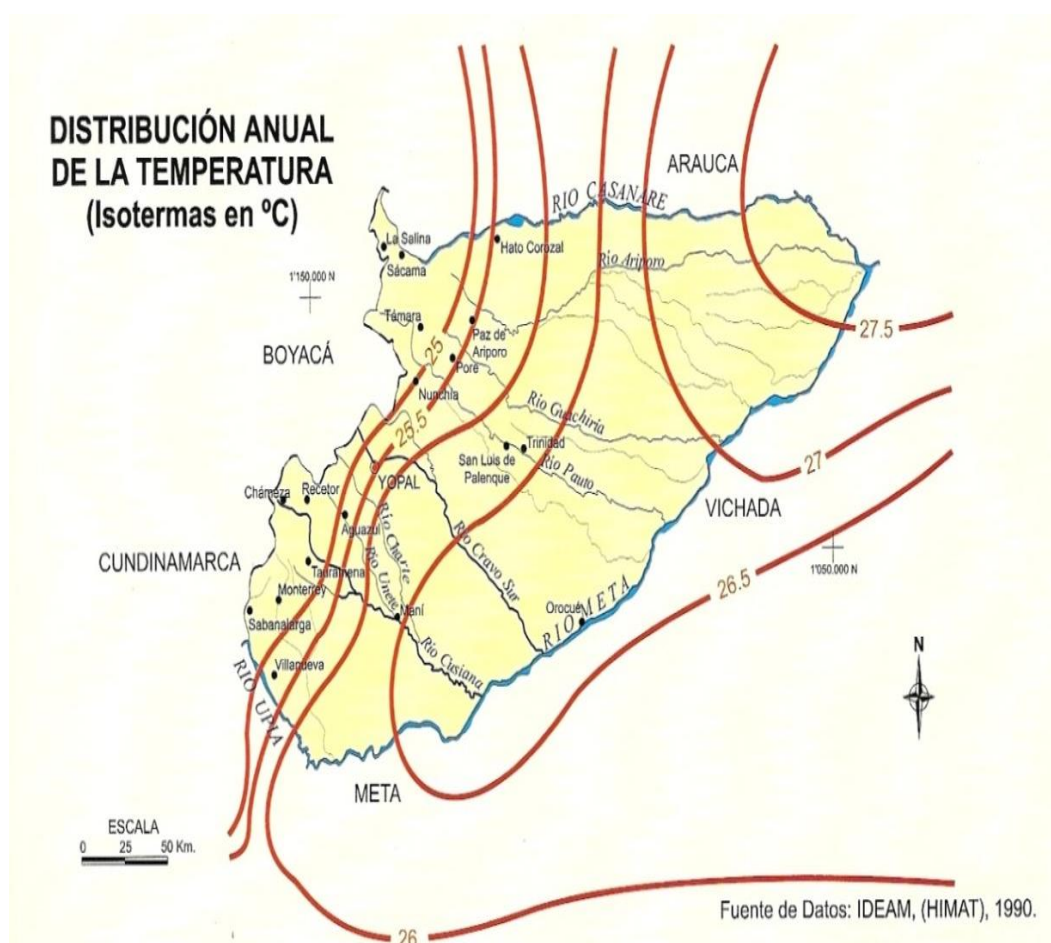
Fuente: UPME-IDEAM. Atlas de radiación solar de Colombia

Según la figura 12, la radiación solar para Colombia oscila entre 3KWh/m^2 y 5KWh/m^2 ; para la región de la Orinoquia donde se encuentra la vereda Carupana la radiación es de $4,5\text{KWh/m}^2$ y de 1643KWh/m^2 año⁵⁴.

La temperatura promedio anual para Carupana es de 26.5°C ; según las isotermas presentadas en la figura 13, donde se presenta una temperatura mínima de 25°C en cercanías de Cundinamarca y Boyacá, y una máxima de 27.5°C en las proximidades de Arauca.

⁵⁴ UPME Atlas de radiación nacional Pág. 157.

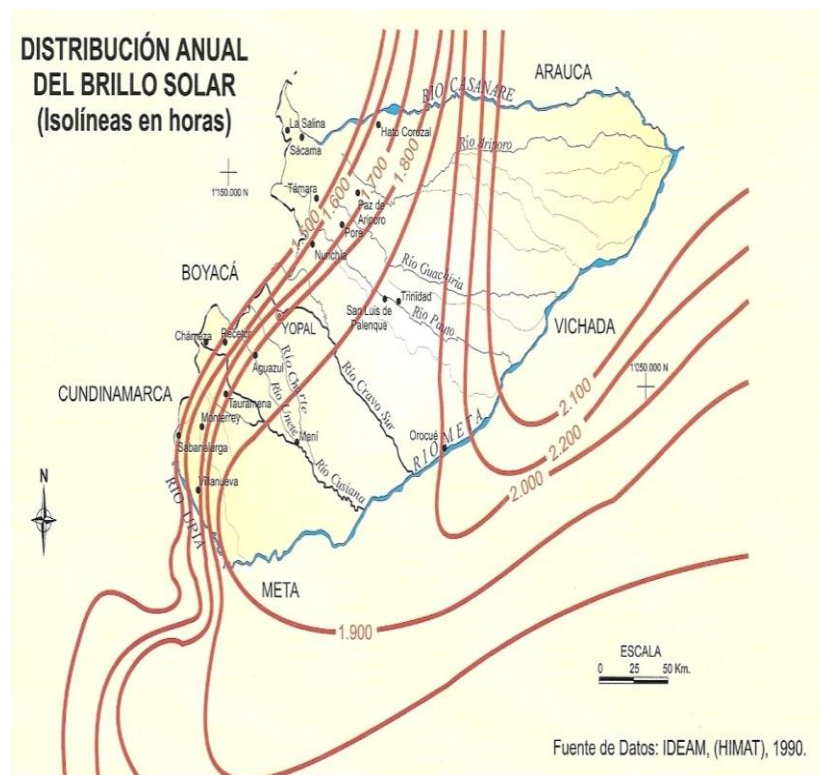
Figura 13. Distribución anual de la temperatura Tauramena.



Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. IDEAM.

El número de horas de incidencia de los rayos solares en Carupana de acuerdo con la figura 14 es de 1.950 y en Tauramena de 1.800 horas anuales; esta intensidad es una oportunidad para desarrollar proyectos fotovoltaicos en Tauramena y sus veredas.

Figura 14. Distribución anual brillo solar Tauramena.



Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. IDEAM.

Con los datos anteriores y la correspondiente formulación matemática se diseño el sistema fotovoltaico para Carupana; se muestra a continuación el proceso general de instalación y el estado de estas instalaciones.

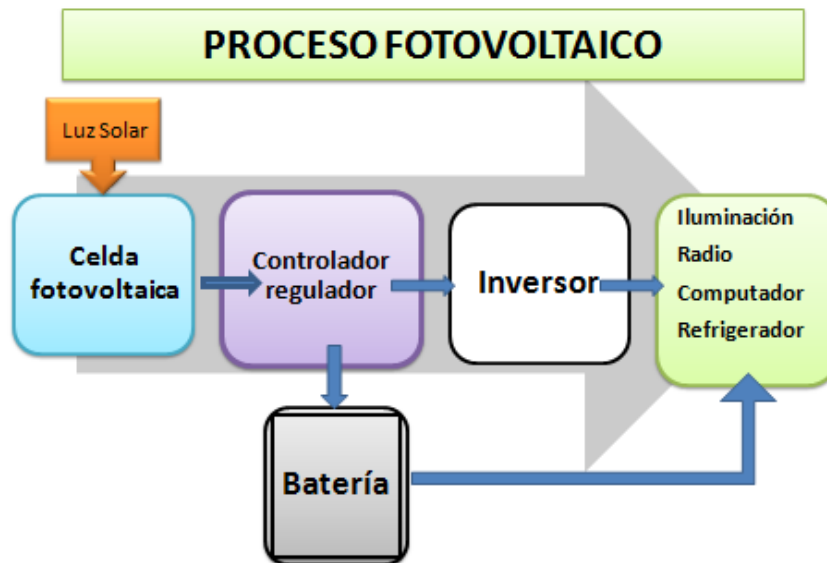
5.1.2.8. Proceso de generación fotovoltaico.

El proceso de generación de energía fotovoltaica de Carupana, se muestra en las figuras 15 y 16; es un sistema directo de conversión energética, donde existen una serie de elementos que transforman la energía solar en energía eléctrica, la dirigen y orientan hacia un sistema de acumulación, para ser aprovechada en momentos distintos, para viviendas rurales, centros de salud, escuelas en la iluminación y el funcionamiento de aparatos electrodomésticos, refrigeración. En este proceso se involucran partes importantes para la generación eléctrica como los paneles solares, el controlador de carga, el arreglo de baterías y el inversor.

Los paneles solares: conformados por un material semiconductor de silicio, transforma la energía proveniente del sol en energía eléctrica mediante el proceso fotoeléctrico. El recurso del sol es determinado por la irradiación y el brillo solar. Se denomina irradiación a la intensidad de luz solar captada por

los paneles con un valor aceptado de 1 Kw/m^2 , a las doce del día, cuando es orientado hacia el sol sin obstáculos ni nubes que interfieran los rayos. El brillo solar es la cantidad de energía captada en un lapso de tiempo determinado; éste es medido en horas solares pico (HSP). Figura 17.

Figura 15. Proceso fotovoltaico.



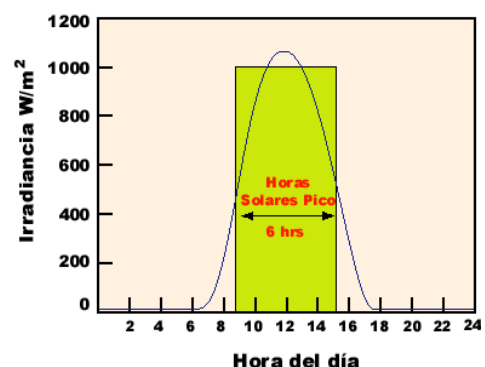
Fuente: El autor.

Figura 16. Sistema solar fotovoltaico.



Fuente: Sandia National Laboratories.

Figura 17. Horas solares pico.

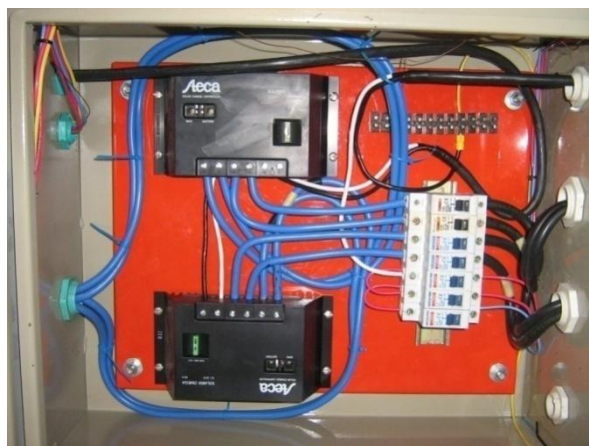


Fuente: Sandia National Laboratories.

Una (1) HSP equivale a la energía que se recibe en una hora de irradiación de 1 KW/m^2 ; por lo tanto 1HSP es equivalente a 1KW-h/m^2 . En la figura 17, las horas solares pico comienzan a las 9.a.m y terminan a las 3.p.m, siendo el mayor valor de la irradiación las doce del día.

El sistema de regulación como lo muestra la figura 18, se presenta un sistema de regulación protegido por una caja metálica de control, donde se alojan los componentes eléctricos y electrónicos.

Figura 18. El sistema de regulación centro de salud Carupana.



Fuente: El autor.

Se requiere de este sistema de regulación para proteger las baterías; para ello se escogen controles compatibles con el tipo de batería que presenta luces indicadoras de funcionamiento del sistema. Generalmente estos sistemas trabajan a 12 o 24 voltios.

Acumulación de la carga: En este se almacena la energía para uso de iluminación nocturna y para conservar la nevera encendida en forma continua, además de servir como almacenamiento en época de nubosidad.

Figura 19. Banco de baterías centro de salud Carupana.



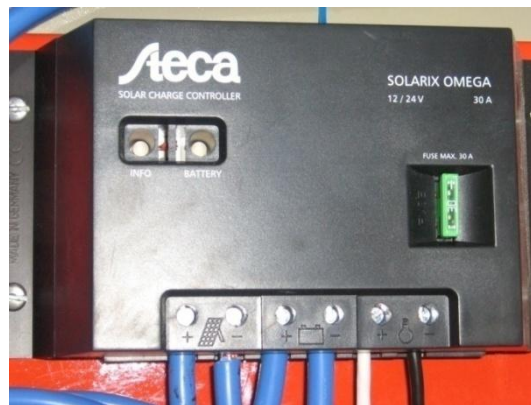
Fuente: El autor

Estas baterías son de ciclo profundo, se diseñan para que en forma repetitiva se mantenga la carga continua sin sufrir daños. Uno de los problemas

frecuentes en las baterías es la pérdida de agua, la cual se remplace con agua lluvia recogida en recipientes plásticos limpios. Figura 19.

El inversor: Transforma la electricidad de corriente continua (viene en forma directa de los paneles solares) a corriente alterna que necesitan los aparatos de consumo como la nevera, los televisores, las licuadoras. Figura 20.

Figura 20. El inversor centro de salud Carupana.



Fuente: El autor.

La carga: La conforman los diferentes aparatos de consumo, como la nevera como se muestra en la figura 21, las luminarias, la licuadora, la radio, los celulares.

Figura 21. La carga centro de salud Carupana.



Nevera
fotovoltaica.
Refrigeración
medicinas

Fuente: El autor.

Sistema Fotovoltaico. Centro de Salud.

El Centro de Salud en la figura 22 lo conforman una sala de espera, un cuarto de atención a pacientes y un cuarto de almacenamiento de medicamentos; todos cuentan con sistema de energía eléctrica convencional y energía fotovoltaica, descrita a continuación:

Figura 22. Centro de salud Carupana



Panel
fotovoltaico

Sobre el techo del centro de salud se encuentran dos paneles solares que captan la radiación solar para transformarla en energía eléctrica; estos módulos se fabrican a partir del silicio y algunos componentes básicos como fósforo y boro y se instalan en marcos de aluminio; los fabricantes dan una garantía de veinte años, lo cual los hace confiables para aplicaciones rurales.

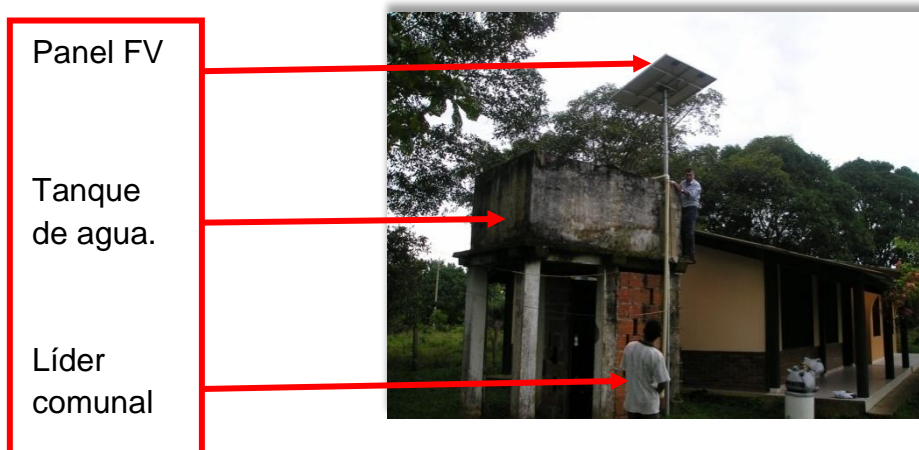
Para establecer los cálculos y selección de los paneles fotovoltaicos se consideraron las condiciones climáticas de la zona y con la información suministrada a través de los mapas del IDEAM reseñados con anterioridad, se extrajeron los siguientes datos:

- Del mapa dos, de Isoyetas, la distribución espacial de lluvias llega a 3.000 mm anuales; se tiene un periodo modal de intensas lluvias y un periodo de tiempo seco entre diciembre y marzo.
- La temperatura según el mapa tres, presenta unas isotermas de 26.5°C con un comportamiento uniforme a través del año.
- Del mapa cuatro, la distribución anual de brillo solar, que corresponde al número de incidencia de los rayos solares sobre la superficie de Carupana, es de 1.950 horas anuales.

Con estos datos y las fórmulas correspondientes se seleccionaron los paneles solares, las baterías y los otros elementos del sistema.

En la nevera se mantienen refrigeradas las medicinas; sin este equipo se pierden algunas de las propiedades de las vacunas, lo que pone en riesgo la salud del habitante rural. La iluminación nocturna permite la atención médica en mejores condiciones. Este tipo de energía es confiable para los centros de salud rural. En la fotografía siete, el ingeniero Jimmy Mosquera realiza una inspección al refrigerador y da una serie de sugerencias sobre su uso a la promotora de salud, María Torres.

Figura 23. Sistema de bombeo solar escuela de Carupana.



En la figura 23, el autor realiza una inspección de reconocimiento al tanque elevado de agua potable, con la ayuda del líder comunal Henry Jaramillo.

El suministro de agua potable de la escuela y el centro de salud se realizan a través de un sistema de bombeo, sacando agua de un pozo profundo y llevándola a un tanque elevado para ganar la suficiente altura, lo cual permite tener una presión de servicio a los diferentes puntos hidráulicos del sistema.

5.1.3 Dimensión Económica.

Indicadores Económicos.

La Comisión de Energía y Gas CREG, mediante la Resolución 57 de 2009, actualiza los costos de remuneración de la inversión, generación, transmisión y mantenimiento de las instalaciones eléctricas para las zonas no interconectadas y en el apartado (c) de la anterior resolución se transcribe la tabla 14 para instalaciones individuales fotovoltaicas.

Tabla 14 .CREG. Costo de la energía fotovoltaica.

| Sistemas solares fotovoltaicos | |
|---------------------------------------|------------------|
| Solución implementada | \$Kwp-mes |
| Individual DC | \$439,75 |
| Individual AC | \$422,16 |
| Centralizado | \$296,69 |

Fuente: CREG. Resolución 57 de 2009.

El caso de Carupana son soluciones individuales, con costo de remuneración de \$439,76 por cada Kwp, suministrado a una instalación individual de energía fotovoltaica. Para la población de la vereda de Carupana esta tiene energía fotovoltaica en el centro de salud, la escuela cuenta con sistema de bombeo, 4 viviendas tienen esta energía (Dato por extrapolación del area rural), la escuela no tiene alternativa de EFV dentro de sus aulas.

Potencia Mensual de la EFV en Carupana.

Para establecer esta potencia, con la información levantada en campo y las características técnicas de manuales comerciales se estableció la tabla 15, estableciendo el consumo mensual de cada aplicación y encontrando el total de la energía consumida en esta vereda. Se realizó un análisis puntual por cada componente, la potencia de cada uno, el tiempo de uso diario, el consumo diario en Kwh, el número de días de uso de cada componente con lo anterior se estableció el consumo mensual y consumo anual.

Tabla 15. Potencia mensual EFV vereda Carupana.

| | Un | Componentes | Pot. W | Horas día | Consumo día wh | Número de días | Consumo mes Kwh | |
|---|---|---|-----------|--------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------|
| ESCUELA | 9 | Luminarias | 25 | 4 | 900 | 20 | 18 | |
| | 1 | Televisor | 120 | 2 | 240 | 20 | 4,8 | |
| | 1 | VHS | 100 | 1 | 100 | 20 | 2 | |
| | 1 | Grabadora | 100 | 1 | 100 | 20 | 2 | |
| | 5 | Computadores | 300 | 3 | 4500 | 20 | 90 | |
| | 1 | Impresora | 150 | 1 | 150 | 20 | 3 | |
| | 18 | Paneles | | | | | | |
| | 12 | Baterías | | | | | | |
| | 1 | Regulador | | | | | | |
| | 1 | Inversor de onda seno | | | | | | |
| | Subtotal Potencia energética mensual Kw-h | | | | | | 119,8 | |
| CENTRO SALUD | 5 | Luminarias | 25 | 4 | 500 | 30 | 15 | |
| | 1 | Refrigerador | 240 | 24(12c) | 2880 | 30 | 86,4 | |
| | 1 | Celular | 10 | 1 | 10 | 30 | 0,3 | |
| | 4 | Paneles | | | | | | |
| | 2 | Baterías | | | | | | |
| | 1 | Regulador | | | | | | |
| | 1 | Inversor | | | | | | |
| | | Subtotal Potencia energética mensual Kw-h | | | | | | 101,7 |
| VIVIENDA RURAL | 5 | Luminarias | 25 | 4 | 500 | 30 | 15 | |
| | 1 | Radio | 20 | 3 | 60 | 30 | 1,8 | |
| | 1 | Celular | 10 | 3 | 30 | 30 | 0,9 | |
| | 2 | Paneles | | | | | | |
| | 1 | Batería | | | | | | |
| | 1 | Regulador | | | | | | |
| | | Inversor | | | | | | |
| | | Potencia energética mensual Kw-h para 1 vivienda | | | | | | 17,7 |
| | | Potencia energética mensual Kw-h para 4 viviendas | | | | | | 70.8 |
| BOMBEO | 1 | Sist. bombeo | 300 | 6 | 1800 | 30 | 54 | |
| | 2 | Paneles | | | | | | |
| | 1 | Controlador | | | | | | |
| | | Subtotal Potencia energética mensual Kw-h | | | | | | 54 |
| | Potencia energética mensual Kw-h vereda Carupana (sin dato de la escuela) | | | | | | 343,9 | |
| Potencia energética anual en KW-h vereda Carupana | | | | | | 4.126,8 | | |

Fuente: El autor. (La escuela Henry García no posee el sistema de EF.)

El costo de la energía fotovoltaica se determina a través de la potencia instalada y el costo fijado por la CREG. Se puede comparar, mediante la tabla 16, el pago que haría un usuario con o sin este tipo de tecnología.

Tabla 16. Tabla de tarifas EFV y energía convencional rural.

| Energía | Usuario | Potencia | \$ Kw-mes | Costo mensual |
|-------------------------------------|-----------------|----------|-----------|---------------|
| Fotovoltaica (Precio nacional CREG) | Escuela | 119,8 | \$439,75 | \$52.682 |
| | Centro de salud | 101,7 | \$439,75 | \$44.722 |
| | Vivienda rural | 17,7 | \$439,75 | \$7.783 |
| | Sistema bombeo | 54 | \$439,75 | \$23.746 |
| | | | Total | \$128.933 |
| Convencional | Escuela | 119,8 | \$240,6 | \$28.823 |
| | Centro de salud | 101,7 | \$240,6 | \$24469 |
| | Vivienda rural | 17,9 | \$137 | \$2.452 |
| | Sistema bombeo | 54 | 240,6 | \$12.992 |
| | | | Total | \$68.736 |
| Fotovoltaica. Tauramena | Escuela | 119,8 | \$0 | \$0 |
| | Centro de salud | 195,3 | \$0 | \$0 |
| | Vivienda rural | 17,1 | \$0 | \$0 |
| | Sistema bombeo | 54 | \$0 | \$0 |
| | | | | |

Fuente: El autor.

La tabla se elaboró con base en las tarifas fijadas por la CREG para energía fotovoltaica de 2009 y en las tarifas de energía eléctrica convencional de la Empresa de Energía de Boyacá EBSA, aplicadas para el mes de septiembre de 2010. La energía fotovoltaica para la escuela, el centro de salud, y el sistema de bombeo es 1,82 veces la energía convencional para una vivienda rural es de 3,2 veces dicha energía. Para el caso de la vereda de estudio, el costo del servicio es asumido totalmente por el Estado.

Costo de la aplicación e instalación fotovoltaica.

Considerando las aplicaciones de la energía fotovoltaica para Carupana se realizaron las cotizaciones de cada sistema a través de la empresa Ecoenergy Colombia, se obtuvieron las siguientes tablas: Sistema de bombeo, tabla 17; Vivienda rural tabla 18; escuela rural de Carupana tabla 19, Centro de Salud tabla 20.

Tabla 17. Costo sistema fotovoltaico bombeo Carupana.

| SISTEMA DE BOMBEO | Cantidad | Valor | Subtotal |
|---------------------------------------|----------|--------------|--------------|
| Paneles Solares 85W - 12VDC Ecoenergy | 1 | \$ 870.000 | \$ 870.000 |
| Bomba Shurflo Serie 2088 12VDC | 1 | \$ 2.450.000 | \$ 2.450.000 |
| Cables y elementos auxiliares | 1 | \$ 400.000 | \$ 400.000 |
| Instalación y puesta en marcha | 1 | \$ 250.000 | \$ 250.000 |
| Transporte | 1 | \$ 500.000 | \$ 500.000 |
| | | Sub Total | \$ 4.470.000 |
| | | IVA | \$ 518.200 |
| | | TOTAL | \$ 4.988.520 |

Fuente. Ecoenergy. Octubre 2010.

Tabla 18. Costo sistema fotovoltaico vivienda rural Carupana.

| Vivienda | Cantidad | Valor | Subtotal |
|---|----------|--------------|--------------|
| Paneles Solares 80W - 12VDC Ecoenergy | 2 | \$ 820.000 | \$ 1.640.000 |
| Regulador Morningstart SHS 10 12VDC | 1 | \$ 165.000 | \$ 165.000 |
| Inversor Samlex Onda Modificada 12VDC/110VAC 450W | 1 | \$ 121.350 | \$ 121.350 |
| Baterías Mtek Sellada 155Ah 12VDC | 1 | \$ 1.122.500 | \$ 1.122.500 |
| Cables y elementos auxiliares | 1 | \$ 120.000 | \$ 120.000 |
| Instalación y puesta en marcha | 1 | \$ 300.000 | \$ 300.000 |
| Transporte | 1 | \$ 750.000 | \$ 750.000 |
| | | Sub Total | \$ 4.218.850 |
| | | IVA | \$ 675.016 |
| | | TOTAL | \$ 4.893.866 |

Fuente. Ecoenergy. Octubre 2010.

Tabla 19. Costo sistema fotovoltaico escuela rural Carupana.

| Escuela Rural | Cantidad | Valor | Subtotal |
|--|-----------------|--------------|----------------------|
| Paneles Solares 175W - 24VDC Ecoenergy | 4 | \$ 1.700.000 | \$ 6.800.000 |
| Regulador Tristar 45A 12/24/48VDC Morningstart | 1 | \$ 643.600 | \$ 643.600 |
| Inversor Samlex Onda Pura 24VDC/110VAC 2000W | 1 | \$ 2.236.900 | \$ 2.236.900 |
| Baterías Mtek Sellada 205Ah 12VDC | 2 | \$ 1.216.200 | \$ 2.432.400 |
| Cables y elementos auxiliares | 1 | \$ 500.000 | \$ 500.000 |
| Instalación y puesta en marcha | 1 | \$ 1.000.000 | \$ 1.000.000 |
| Transporte | 1 | \$ 1.000.000 | \$ 1.000.000 |
| | | Sub Total | \$ 14.612.900 |
| | | IVA | \$ 1.695.096 |
| | | TOTAL | \$ 16.950.964 |

Fuente. Ecoenergy. Octubre 2010.

Tabla 20. Costo sistema fotovoltaico centro de salud Carupana.

| Centro de salud | Cantidad | Valor | Subtotal |
|---|-----------------|--------------|----------------------|
| Paneles Solares 120W - 24VDC Ecoenergy | 2 | \$ 1.300.000 | \$ 2.600.000 |
| Regulador Steca PRS 20A 12/24VDC | 1 | \$ 253.600 | \$ 253.600 |
| Inversor Samlex Onda Modificada 12VDC/110VAC 800W | 1 | \$ 199.836 | \$ 199.836 |
| Baterías Mtek Sellada 255Ah 12VDC | 1 | \$ 1.768.000 | \$ 1.768.000 |
| Nevera Solar 50lt Sundazer DCR 50 12VDC | 1 | \$ 2.367.300 | \$ 2.367.300 |
| Cables y elementos auxiliares | 1 | \$ 300.000 | \$ 300.000 |
| Instalación y puesta en marcha | 1 | \$ 940.000 | \$ 940.000 |
| Transporte | 1 | \$ 1.200.000 | \$ 1.200.000 |
| | | Sub Total | \$ 9.628.736 |
| | | IVA | \$ 1.540.598 |
| | | TOTAL | \$ 11.169.334 |

Fuente. Ecoenergy. Octubre 2010.

Tiempo de recuperación de capital de inversión inicial.

Tabla 21. Tiempo de recuperación de implementación energía fotovoltaica.

| Aplicación | Tiempo de recuperación años |
|--------------------------|-----------------------------|
| Escuela rural | 26,8 |
| Vivienda rural | 52,3 |
| Estación de bombeo rural | 17,1 |
| Centro de salud rural | 20,8 |

Fuente: El autor.

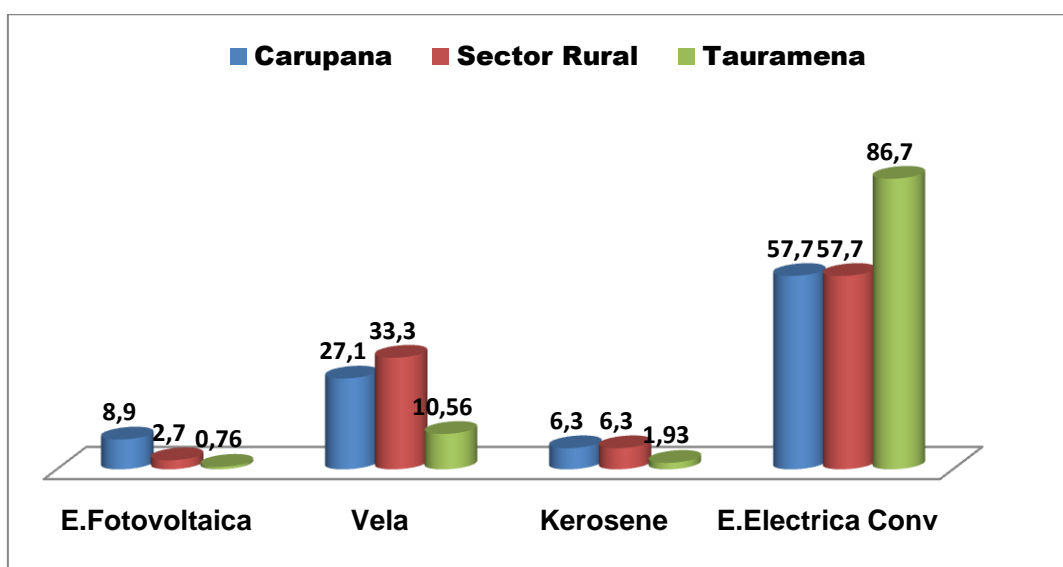
El resultado del análisis de las tablas de costos y las cotizaciones realizadas por la empresa Ecoenergy, se realizó por modelación en la hoja electrónica de Excel (Anexo 17) lo que permitió realizar las proyecciones en el tiempo para la recuperación de capital, lo que arrojó los resultados mostrados en la tabla 33. Donde el tiempo de recuperación de la vivienda rural es de 52 años.

5.1.4 Dimensión Ambiental.

Indicadores Ambientales energía para la iluminación.

Una de las transformaciones de la energía consiste en llevarla a estados de iluminación; este efecto se puede conseguir bajo diferentes formas de conversión utilizando energía proveniente de la electricidad hídrica, fotovoltaica o la transformación a través de reacciones químicas como la vela y el Kerosene. En Tauramena se combinan estas energías para lograr el efecto de iluminación; a través de la información recopilada se elaboró la tabla 24, Recursos energéticos en Tauramena Sector Rural, (anexo 15); Recursos energéticos en el municipio de Tauramena, tabla 25 (anexo 16), para construir la Gráfica 12.

Gráfica 12. Energía que utilizan las familias para iluminación.



Fuente: El autor.

En Carupana el 8,9% (4 de las 45 viviendas) cuenta con energía fotovoltaica como fuente de iluminación (no existen otras estadísticas). En el sector rural la fuente de iluminación principal es la eléctrica con el 57,7%, (894 familias de un total de 1.551), seguida por la energía fotovoltaica con el 2,7% (40 familias). El municipio cuenta con una electrificación convencional del 86,7% para un total de 5.539 familias iluminando con este energético; EL 6,3% (40 familias) lo hace con energía fotovoltaica, y otras familias recurren a la vela y el kerosene.

Producción Limpia.

En las zonas rurales colombianas las fuentes de combustión empleadas usualmente en la cocción de alimentos y la iluminación han sido gasolina, leña, velas y bagazo, fuentes que poseen CO₂, gas que, según el Protocolo de Kioto, contribuye en gran medida al calentamiento global. El área rural de Tauramena se ha ido electrificando con energía convencional o con energía renovable EFV tratada en el presente estudio, contribuyendo así con un desarrollo sostenible ⁵⁵.

Con el fin de dar respuesta a la incidencia de la EFV en Carupana y su relación con el medio ambiente, se tuvo en cuenta la prevención del CO₂ como medida de protección climática para disminuir el efecto invernadero; para esto se consideró el Factor CO₂ (cantidad de CO₂ que se produce por kwh de

⁵⁵ Una de las definiciones de “desarrollo sostenible”, es la que utilizó la Comisión de Brundtland, “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”.

electricidad generada) y en el caso colombiano, la UPME lo determinó en⁵⁶ 0,2129 kg de CO₂ / kwh. La tabla 27 indica que el total de energía anual generada por los sistemas fotovoltaicos es de 5.642,4 kwh lo que equivale a 5,6424 MWh.

Cálculo de la reducción de emisiones de CO₂ para Carupana:

$$4.126,8 \text{ Kwh} \times 0,2129 \text{ Kg CO}_2 / \text{Kwh} = 878,5 \text{ Kg de CO}_2.$$

Se evita cada año la emisión de 0,875 toneladas de CO₂, contribuyendo con la reducción del calentamiento global.

Energía fotovoltaica y los recursos naturales.

Después de instalado y puesta en funcionamiento, por falta de documentación el autor se remitió a los planes de Desarrollo de Energías Renovables de la UPME donde se estableció la tabla 22, abajo referenciada.

De la tabla 22, la generación de energía eléctrica es realizada a través de las fuentes convencionales como carbón, petróleo y gas natural; estas fuentes contaminan el ambiente, como el carbón en el caso de El Cerrejón en la Guajira, donde su explotación genera impactos sobre el suelo desde la pérdida de la cobertura vegetal, cavidades hasta 300 metros, alteración del paisaje, emisión de partículas cuando el carbón viaja en trenes de 125 vagones, a una velocidad de 100 Km/h, alteración de los acuíferos y el agua superficial. El petróleo altera los cuerpos de agua desde su extracción, afecta la fauna y es uno de los grandes contribuyentes del calentamiento global.

⁵⁶ UPME. Cálculo del factor de emisión de CO₂ del sistema eléctrico interconectado colombiano. Informe de gestión 2009.

Tabla 22. Matriz de impactos de las fuentes de energía.

| | IMPACTO | Fuentes de energía | | | | | | |
|------------------|---|----------------------|----|----|---------------------|-------|-----|------|
| | | Combustibles fósiles | | | Energías renovables | | | |
| | | CM | PT | GN | EF | Eolic | PCH | Biom |
| Abióticos | Cambio en las características fisicoquímicas del agua | | | | | | | |
| | Afectaciones de la dinámica del agua superficial. | | | | | | | |
| | Afectaciones de la dinámica del agua superficial. | | | | | | | |
| | Emisión de material particulado. | | | | | | | |
| | Emisión de gases. | | | | | | | |
| | Incremento de niveles de ruidos. | | | | | | | |
| | Aumento de temperatura. | | | | | | | |
| | Alteraciones de las propiedades fisicoquímicas del suelo. | | | | | | | |
| Biótico | Remoción y pérdida de la cobertura vegetal. | | | | | | | |
| | Afectación de la fauna. | | | | | | | |
| Alto impacto | | | | | | | | |
| Medio impacto | | | | | | | | |
| Bajo impacto | | | | | | | | |
| Sin impacto | | | | | | | | |

Fuente: UPME. Formulación de un plan de desarrollo para fuentes no convencionales de energía en Colombia. Pág.108.

El gas natural en la combustión contribuye al calentamiento global, y en su forma natural emitido a la atmosfera contribuye con metano, generando daño en la capa de ozono. De las energías renovables y no renovables la que no impacta ni la parte biótica ni la abiótica es la energía fotovoltaica, por lo cual se puede afirmar su nula contaminación en la vereda de Carupana.

5.2 Resultados incidencias en el desarrollo rural con la EFV.

Como la población de Carupana cuenta con sistemas de energía fotovoltaica, implementada y funcionando aproximadamente hace cinco años, y con el fin de describir las incidencias sociales, económicos y ambientales de ésta, entrevisté al Ingeniero Carlos Peña de la Secretaría de Obras de Tauramena, responsable directo de la implementación del proyecto de sistemas de energía solar, y a otras personas de la comunidad como la promotora de salud, el presidente de Junta de Acción Comunal y algunos niños.

Se plasman en este apartado las opiniones, el análisis de los puntos relativos a las ventajas y desventajas de la implementación del sistema en los marcos ambientales, sociales y económicos.

Durante el desarrollo del trabajo se tuvo en cuenta un cuestionario elaborado por la FAO, (el documento completo de la encuesta se encuentra en el anexo número uno) donde contempla diferentes aspectos relacionados con el Desarrollo Rural y la Energía Fotovoltaica; éste se aplicó al ingeniero diseñador e instalador de los sistemas FV y a expertos profesionales de ingeniería con conocimientos de sistemas FV en la ciudad de Bogotá. No se tuvieron en cuenta otras personas de la región por la complejidad técnica del documento.

Se realizaron diversas entrevistas a personas de Yopal, Tauramena y de Carupana, que tuvieron responsabilidad directa en el desarrollo del proyecto fotovoltaico en esta región. La experiencia social desarrollada por la Alcaldía de Tauramena, a través del ingeniero Carlos Peña, los diseños e instalación de los sistemas fotovoltaicos realizados por el ingeniero Jimmy Mosquera, la utilización de estos sistemas por la comunidad de Carupana, testimonios de viva voz del presidente de la Junta de Acción Comunal Henry Jaramillo, del vocero docente de la escuela profesor Mauricio Carvajal Barrero, de los niños estudiantes -que con sus voces tímidas expresaron algunos criterios-, y de la promotora de salud María Torres quien tiene relación directa con la comunidad de la región.

Todos aportaron su experiencia y conocimiento y transmitieron su pensamiento: los de la región, en contacto directo y a través de entrevistas no estructuradas, espontáneas; los de la ciudad de Bogotá con sus conocimientos de ingeniería y a través de nueve cuestionarios.

En el análisis sobre el sistema FV se tuvieron en cuenta los hogares y los servicios comunitarios. Es importante señalar el aporte del sistema de bombeo para el suministro de agua potable al centro de salud y a la escuela con el fin de suplir una necesidad básica.

5.2.1 Resultados de entrevistas con actores vereda Capurana.

Las veredas de Tauramena que cuentan con energía fotovoltaica son seis, de treintaicinco que conforman el municipio: Carupana, Zambo, Guafal, Tambo, Bendiciones y Tinapá; estas fueron escogidas por ser las alejadas de la zona urbana y no poder prestar servicio técnicos y operativos de redes de energía convencional en algunas de ellas. La población atendida con energía fotovoltaica es aproximadamente de 35 ó 40 familias por vereda, conformadas por 4 ó 5 personas.

En Carupana el empleo de la energía FV es principalmente para el centro de salud, la escuela y las casas.

Tabla 23. Beneficiarios de la energía fotovoltaica Carupana.

| | Aplicación | Beneficiarios |
|------------------------|--|-------------------------------------|
| Centro de salud | Iluminación, refrigeración, bombeo, comunicaciones | Todos los habitantes de Carupana |
| Familiar | Iluminación, comunicación | Núcleos familiares |
| Escuela | Bombeo de agua. | Estudiantes, profesores y comunidad |

Fuente: El autor.

El uso general de energía fotovoltaica en la zona rural es para iluminación y comunicación por vía telefónica celular. Es de destacar que con la introducción de este sistema de energía, los operadores han colocado antenas repetidoras de señal, ampliando la cobertura. En la parte de televisión también se ha progresado porque en la zona no se conocía este medio de comunicación. El ingeniero Peña destaca: “Ahora muchas de las viviendas tienen sus propios televisores; incluso en una vivienda de la vereda Guafal, una de las más alejadas, tienen un televisor de 24”; ¡eso asombra a cualquiera!”

Hoy día los habitantes de estas zonas rurales tienen acceso a un noticiero, están informados de lo que va pasando en el país, El ingeniero Carlos Peña

dice “hay gente que llega de muy lejos a traer noticias que uno ni siquiera ve: “oiga, ¿sí ve que pasó esto?, ¿cómo vamos a hacer con aquello?; que van a cambiar esto, que lo del subsidio, lo del Sisbén, y más”; éste es uno de los grandes beneficios.

Otros de los beneficiados son los centros de salud de la zona, donde se implementó esta tecnología para refrigeración y congelación, y para almacenamiento de vacunas y medicamentos; uno de los centros cuenta con el sistema de extracción de agua que en la actualidad es prueba piloto para ser implementado en los otros centros de salud. La promotora de salud sostiene:” La luz fotovoltaica es una ayuda; un ejemplo es cuando se coloca un suero, ¿cómo hace uno para coger una vena si no hay adecuada iluminación?; nos ha tocado ayudarnos con una linterna, eso es difícil; sobre todo, en la noche se necesita hacer una sutura y toca hacerla con la ayuda de una linterna, ¿se imagina?”. Por otro lado el Docente Mauricio Carvajal expresa: “Los beneficios son para toda la comunidad, la luz fotovoltaica es algo excepcional. Acá falla mucho la energía eléctrica y la única forma como se puede tomar energía es de este sistema, especialmente en el centro de salud. La energía solar no falla porque el sol está las 24 horas en función, es una energía constante que no requiere de que se subió, que se bajó la represa o que se dañó la red; al tener el sistema hay energía constante”.

Para los centros de salud el sistema a implementar es diferente con respecto al de la vivienda rural, porque éste tiene dos sistemas individuales; aunque van en la misma estructura, los sistemas de paneles, el banco de baterías y el controlador son autónomos. El banco del control para la nevera no tiene ningún accesorio adicional conectado que le quite carga, por lo tanto necesita un panel independiente. Otro sistema es para la iluminación que generalmente son seis o siete bombillas en cada centro de salud, y 700 vatios que se le dejan disponibles con un inversor que se instala con la energía a 110 voltios.

En cuanto a las labores de campo, las familias se ven beneficiadas en faenas como el ordeño para el cual pueden madrugarse más, gracias a que cuentan con iluminación; al igual, los establos y los trapiches funcionan mejor porque pueden aumentarse las horas de trabajo.

En la región se están desarrollando pruebas piloto para implementar el sistema en escuelas, de tal forma que se estudie la viabilidad técnica y económica debido a que no todas las escuelas cuentan con las mismas condiciones físicas. La energía fotovoltaica se empleará de forma completa para extracción de agua, iluminación, centros de cómputo donde se requiere de inversores de alta potencia y de bancos de baterías de gran capacidad.

Otro de los beneficios de estos sistemas es la implementación para suministro de energía a plantas de bombeo. Inicialmente en esta vereda el sistema se accionaba por una planta Diesel; sin embargo el costo del combustible y del transporte es elevado y no puede ser asumido por la comunidad. Por esto se ha instalado un sistema fotovoltaico para la extracción de agua de pozo profundo.

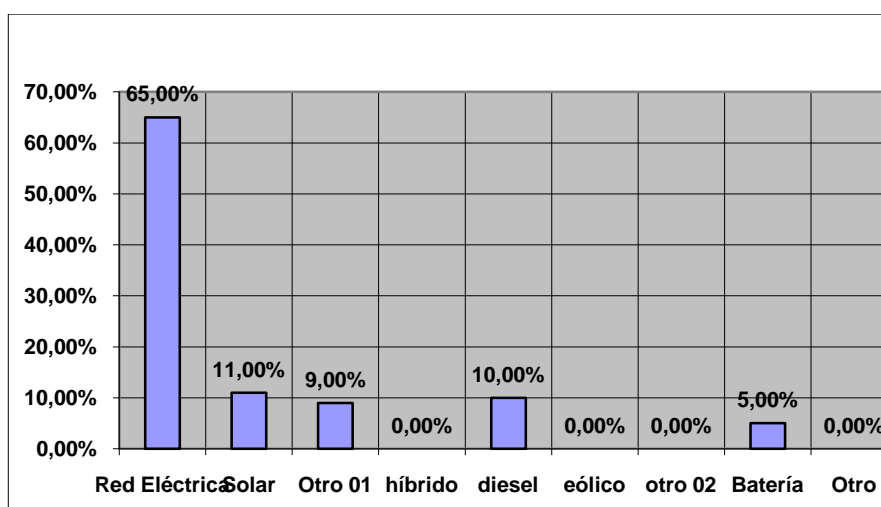
En las viviendas algunas costumbres han cambiado; por ejemplo, la hora de la merienda es mas tarde, las personas no tienen miedo a trabajar de noche hasta las tres o cuatro de la mañana, porque primero, no les significa ningún costo la iluminación y segundo, la luz blanca es muy cómoda, no cansa la vista. Las costumbres en cuanto al estudio también cambian, los muchachos se programan para realizar algunas tareas en la noche.

La Alcaldía ha proyectado bien el proceso de implementación de este sistema; se ha generado una alta demanda. Sin embargo hace falta dinero para la ejecución de los proyectos y para la ampliación de este tipo de sistemas. Los campesinos identifican que este sistema funciona; en unas veredas donde se dieron cuenta de su utilidad la gente comenzó a interesarse. De acuerdo con el Ingeniero Peña “es como una bola de nieve”; la gente ha venido a decir “hágame la instalación, yo tengo energía en mi casa pero me llega una vez a la semana, yo quiero que me quiten esa energía, que me den la planta que eso sí sirve”; entonces estamos cambiando totalmente el concepto de servicio energético”. Por otro lado la promotora de salud afirma “Con la energía por cableado no se cuenta, porque si hay ocho días de servicio, dura un mes que no se tiene”.

5.2.2 Indicadores en el desarrollo rural a partir de cuestionario FAO.

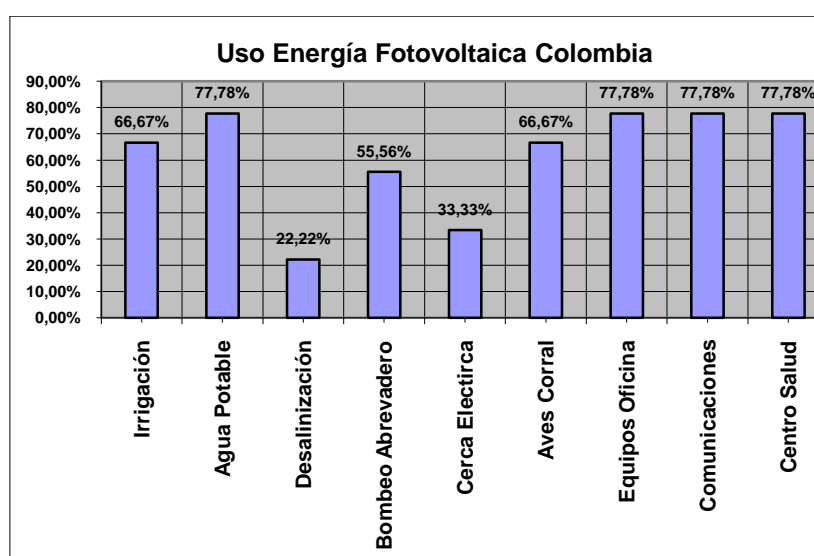
Resultados de encuesta de evaluación técnica, económica ambiental y social realizada a expertos en Energía Fotovoltaica en la ciudad de Bogotá. Se aplicó con el fin de analizar diferentes aspectos sociales, culturales, ambientales y económicos relacionados con el uso de la energía fotovoltaica, a distintos actores dentro del proceso de implementación y uso del recurso.

Gráfica 13. Tipos de energías utilizadas en la región.



En la gráfica 13 se aprecia que la región cuenta con sistemas de red eléctrica convencional en un 65%, generalmente de largas distancias y deterioradas por falta de servicio técnico calificado; presenta la región sistemas solares con captación fotovoltaica y acumulación en baterías en varias veredas como Carupana, Vigía, Guafal, Zambos, del orden del 11%; sistemas solares de aplicación directa en bombeo de agua del 5%; otros sistemas energéticos como la leña, las velas del orden del 9%. Según estadísticas del DANE 2005 el servicio de electricidad con que cuenta Tauramena es del 92%, resultado de la energía convencional y renovable.

Gráfica 14. Uso de la energía solar.

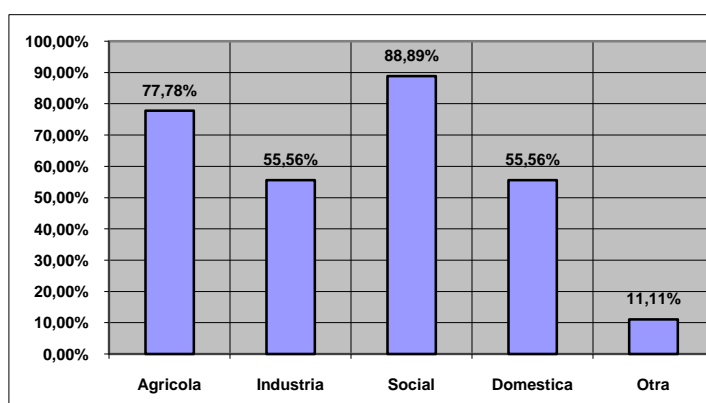


En la gráfica 14 se muestra un panorama general de las respuestas dadas por especialistas en el área a la encuesta sobre los usos de los sistemas FV en Colombia.

El cuestionario permitía señalar más de una aplicación y, por lo tanto, las aplicaciones suman más del 100 por ciento. La utilización comunal de la energía FV para los centros de salud y en la agricultura ocupan los primeros niveles con un porcentaje superior al 77%, predominando el bombeo para suministrar agua potable, después para irrigación y abrevaderos; esto genera un amplio desarrollo para el sostenimiento domestico y la ampliación de los sistemas productivos agrícolas y de producción animal.

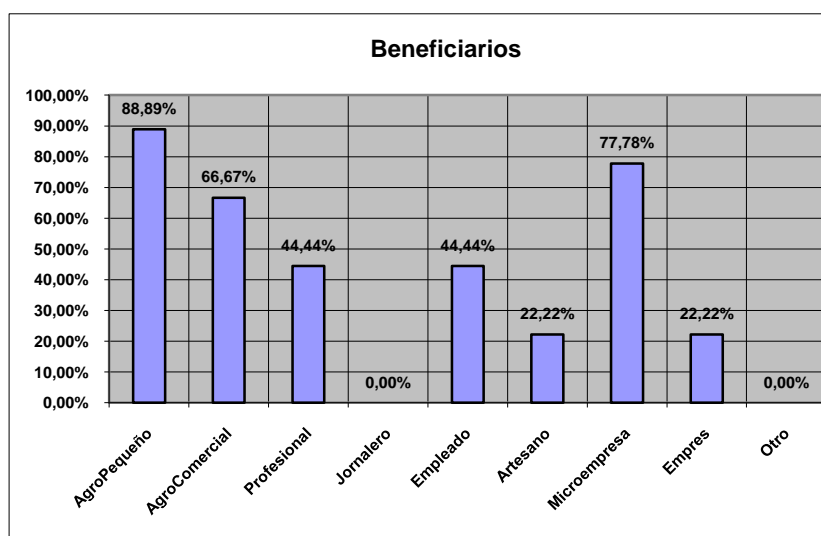
La importancia de las comunicaciones es notable con un porcentaje superior también al 77%; es claro que esto denota mayor acceso a la información y otros indicadores importantes cuando se introduce energía FV en las zonas rurales.

Gráfica 15. Uso por sector económico.



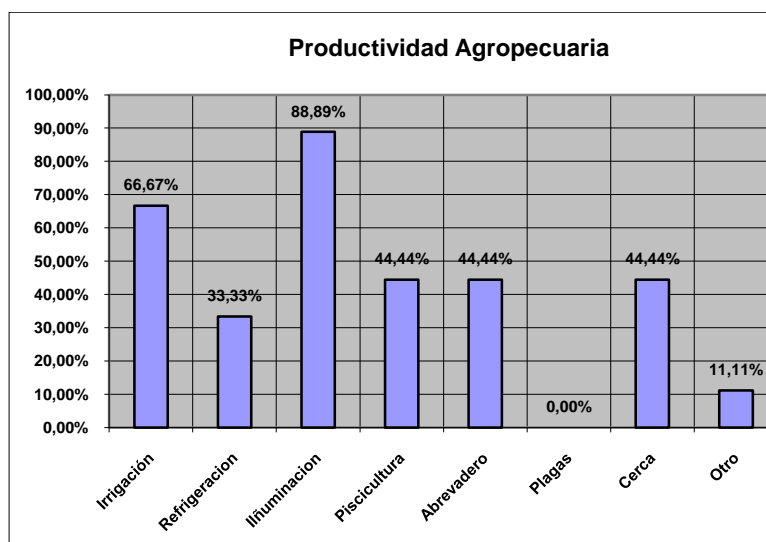
En el gráfica 15 se puede observar el uso de energía fotovoltaica en los diferentes sectores económicos. En este caso también la mayoría de las respuestas correspondió a las repercusiones sociales, en donde el sistema de energía FV se ha aplicado generalmente en servicios comunitarios como los centros de salud y las escuelas. Es importante destacar que el empleo de Energía FV en áreas tan importantes a nivel rural se destaca en el desarrollo de actividades agrícolas e industriales. No se queda atrás el uso a nivel domestico donde la energía de este tipo puede cambiar las características de desarrollo de la comunidad como es expresado en la entrevista realizada en Carupana. Según DANE (2005) en Tauramena los establecimientos se dedican a: el 11,7% a la industria, 54,8% al comercio, 30,9% a los servicios, y 2,6% a otra actividad.

Gráfica 16. Beneficiarios directos del uso de EFV.



De acuerdo con los resultados obtenidos en el gráfica 16 se debe destacar cuáles son los mayores beneficiados cuando se implementan sistemas FV: el pequeño agricultor, porque las faenas son más eficientes; por otro lado los microempresarios aumentan en las regiones ya que se puede aplicar un sistema que les permite generar nuevos sistemas de producción y energía para maquinaria.

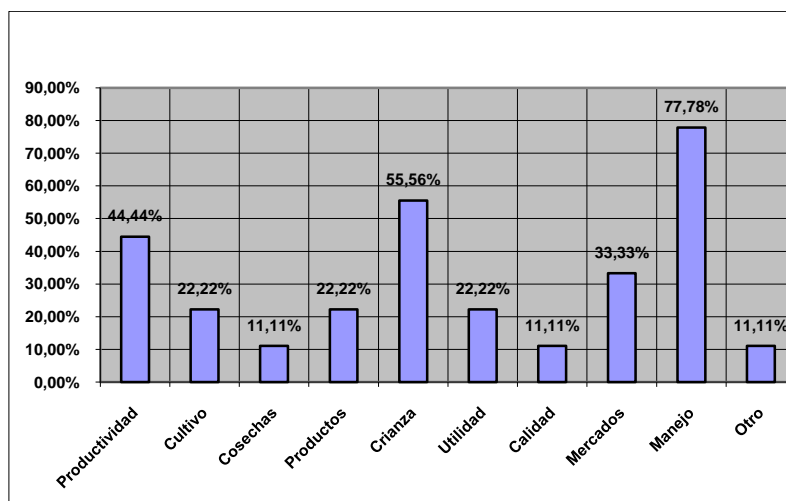
Gráfica 17. Utilización de EFV en agricultura.



Es importante denotar que el empleo de la energía fotovoltaica en el sector agrícola es especialmente para iluminación, permitiendo al agricultor y a los microempresarios establecer nuevos horarios, aumentar la producción y los ingresos para las familias de acuerdo a la gráfica.

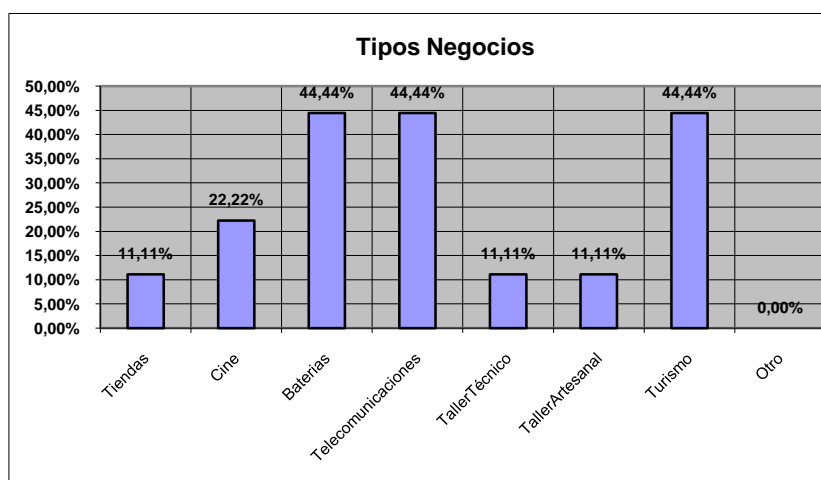
En el caso de Carupana el uso de esta energía aumenta los periodos de las faenas, como las moliendas.

Gráfica 18. Procesos productivos y la EFV.



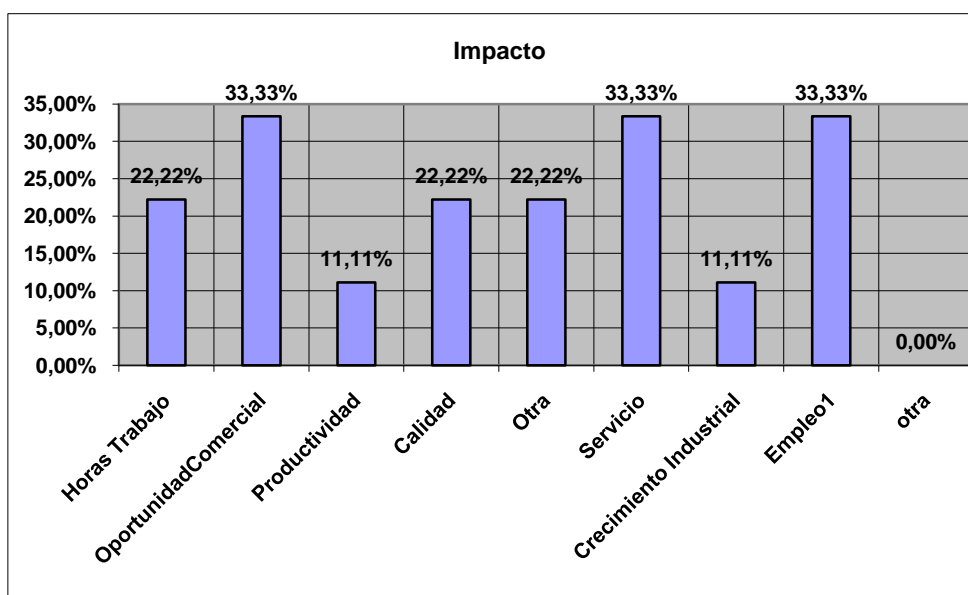
Por otro lado es de destacar que el empleo de la energía FV genera nuevos métodos de irrigación favoreciendo los cultivos en las regiones donde se implementa este servicio. Es de notar que los impactos positivos en el sistema social se relacionan en especial con nuevas oportunidades comerciales, generación de empleo y coberturas de servicios.

Gráfica 19. Tipos de negocios que se realizan en la comunidad.



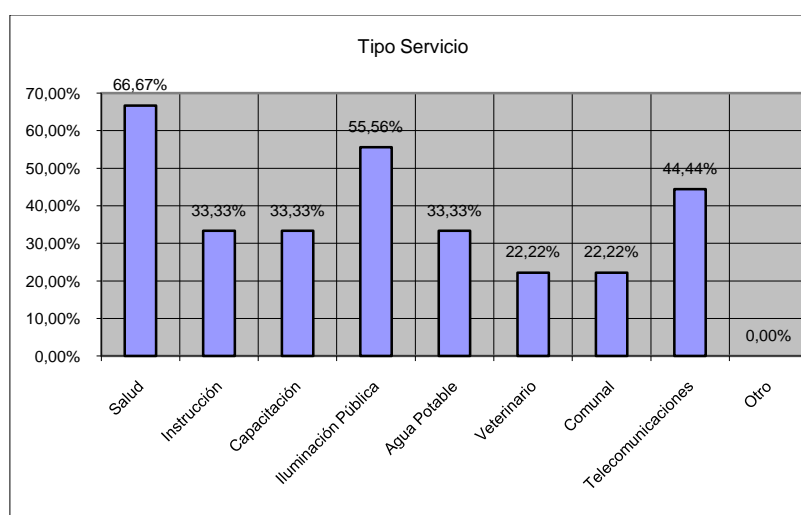
La implementación de los sistemas FV trae nuevos tipos de negocios a las regiones relacionadas con el sistema de sostenimiento de la energía; es de destacar la comercialización de baterías, el aumento de las telecomunicaciones y la generación de turismo como se muestra en el gráfico 19.

Gráfica 20. Impactos generados por la implementación de la EFV.



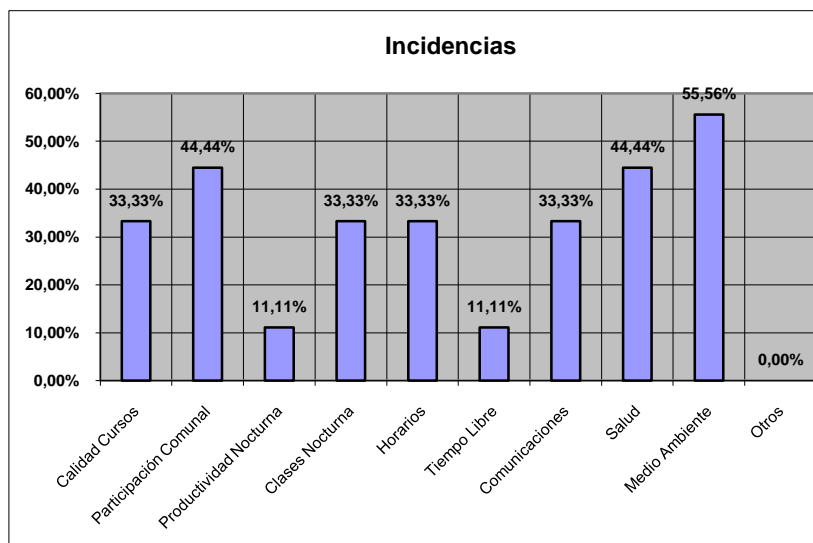
Entre los servicios a los que la población rural tiene acceso cuando se implementa la EFV, se destaca la prestación de la salud; en el caso del Municipio de Tauramena es notable la implementación del sistema para las neveras y la iluminación, permitiendo a los habitantes contar con servicio de salud las 24h, y mantener medicamentos refrigerados.

Gráfica 21. Tipos de servicios en los cuales se emplea EFV.



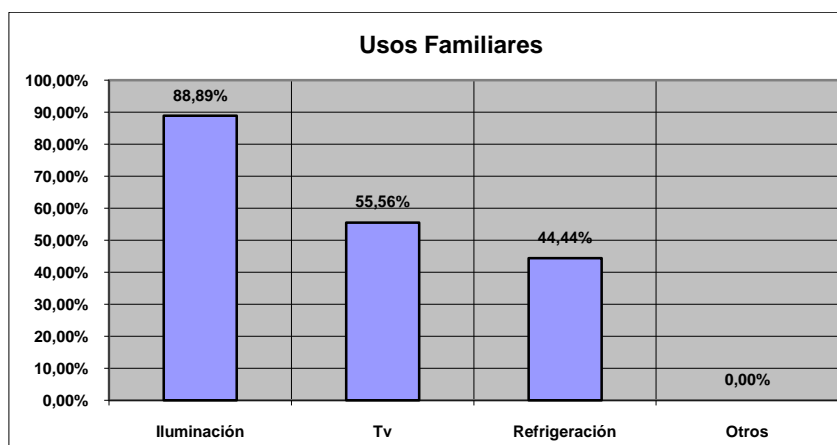
Por otro lado genera nuevos impactos en los sistemas sociales de la región aumentando la iluminación pública. En el gráfica 21 se destaca la utilización del sistema como ampliación de la cobertura de las comunicaciones.

Gráfica 22. Incidencias sociales en la comunidad por el uso de EFV.



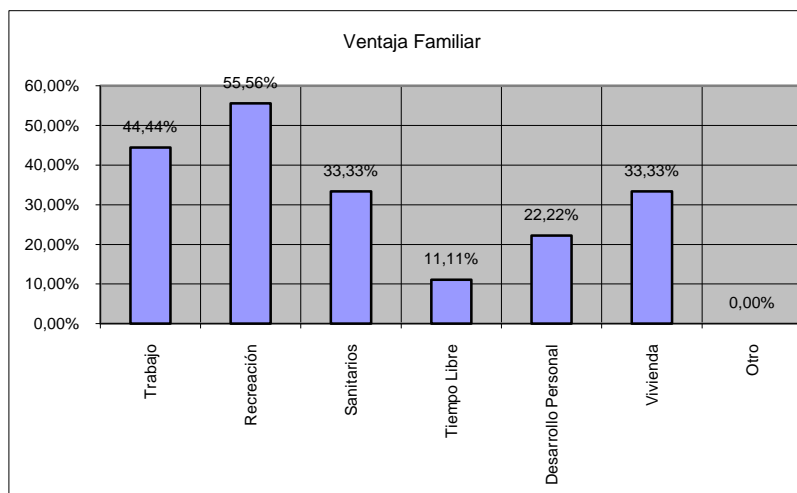
Se debe destacar que las comunidades se benefician positivamente ya que se generan nuevos eventos sociales y culturales, se implementan métodos nuevos en las aulas de clase, la contaminación se reduce ya que el sistema de energía es ecológico. Gráfica 22

Gráfica 23. Diferentes usos de la EFV por parte de las familias.



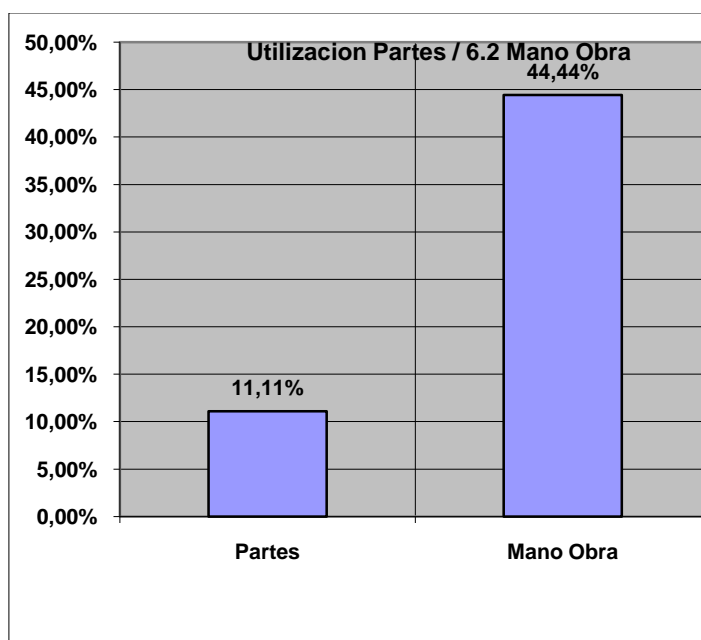
Con la implementación de estos sistemas, las familias del sector rural, contarán con procedimientos eficientes para utilizar electrodomésticos (televisor y refrigerador), como en el caso de Tauramena. Gráfica 23

Gráfica 24. Incidencia de la EFV en las actividades familiares.



A nivel doméstico se permite obtener periodos de iluminación que incentivan mejores relaciones familiares y las actividades domésticas, destacándose la recreación y mejoras en las condiciones de trabajo. Gráfica 24.

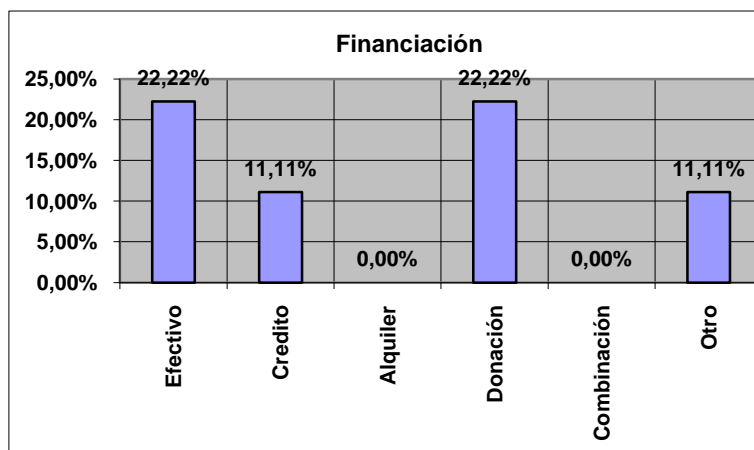
Gráfica 25. Empleo de partes nacionales en la construcción del sistema EFV.



Dentro de las partes de los sistemas fotovoltaicos de fabricación nacional se encuentran los soportes, los cables, las estructuras metálicas y de madera. El desarrollo tecnológico del país no ha permitido el avance tecnológico de los paneles fotovoltaicos, baterías, reguladores o inversores.

La mano de obra de fabricación de las partes vitales es netamente extranjera pero a nivel nacional, la mano de obra de instalación y fabricación de algunas partes equivale al 43%.

Gráfica 26. Métodos de financiación para la adquisición de sistemas FV.



Los sistemas fotovoltaicos en Colombia se pueden obtener generalmente por donación o compra en efectivo. En el caso del Municipio de Tauramena el sector rural se benefició con donaciones de la Administración, donde el principal objetivo es generar cobertura eléctrica a zonas de difícil acceso y mantener la energía convencional. Gráfica 26

Para poder analizar los impactos de la energía FV dentro de la comunidad es bueno conocer los indicadores de desarrollo rural y las debilidades que tiene el empleo de esta energía.

El sistema de energía solar se puede generar como programa de inversión a las regalías de las zonas petroleras aumentando la calidad de vida de las zonas rurales. Tauramena es la mejor evidencia de este proceso. El sistema es totalmente subsidiado, las familias solicitan el servicio y éste es conectado. Ver gráfica.

Los expertos reconocen que es una energía limpia, que sus periodos de uso y mantenimiento son altos; si se da un buen manejo el sistema logra funcionar de manera continua un periodo mínimo de dos años y con mantenimiento de las baterías el sistema continúa funcionando; al igual se puede percibir que la vida útil de los paneles puede llegar a los veinte años, lo cual reduce la producción de residuos.

Dentro de los indicadores económicos se puede reconocer que la implementación del sistema genera fuentes de ingresos para las personas de la región, aun cuando la utilización de partes nacionales no alcanza al 12%, pero

se puede detectar a través de la entrevista, que se brinda trabajo a personas de la región, empleadas para aserrar los postes de soporte de los paneles FV, para transportar los materiales y como soporte técnico.

Por otro lado, este servicio es continuo y no se generan pagos tarifarios, mejorando la calidad de vida del propietario, pues el dinero para tarifas puede ser reinvertido en su bienestar.

El sistema de energía fotovoltaica es empleado en su mayoría para la producción de luz, televisión y refrigeración. Este sistema es de fácil conexión y no se necesita personal altamente capacitado para su operación. El mantenimiento no es constante, facilitando en estas zonas, donde el desplazamiento es difícil, mantener el servicio de forma continua. Como se describe en los ventajas ambientales, su garantía es de hasta veinte años. Importante destacar que este sistema de suministro eléctrico permite a las veredas mantener comunicación vía celular entre vecinos y con interlocutores a nivel nacional. El sistema de luz FV permite a las zonas rurales mantener sistemas de bombeo para el acueducto veredal.

El reciclaje de baterías, paneles y otros elementos eléctricos después de varios años de funcionamiento, se dificulta por las distancias a recorrer hacia los centros de acopio.

Como no se cuenta con un sistema de tarificación, la inversión inicial es asumida por el municipio de Tauramena; la adquisición del sistema sólo es posible por medio de un subsidio total. Esto coloca a los posibles usuarios en listas de espera, condiciona la entrega a comités y presupuestos de las Alcaldías y no cubre el servicio en su totalidad. Por otro lado, si se utiliza con energía eléctrica no es rentable ya que la recuperación de la inversión inicial, solo se da después de diez años. (Entrevista con el ingeniero de obras públicas, Carlos Peña).

Se debe reconocer que el sistema posee equipos cuyos repuestos es imposible adquirir en zonas rurales, por lo cual es necesario que la Administración prevea los recursos para mantenimientos y operación eficiente del sistema; los usuarios se ven en lista de espera para un mantenimiento sencillo como fusibles, quema de cables o luminarias. Además esta energía no puede mover motores superiores a 220V; para equipos o maquinaria pesada, la inversión sería alta.

5.2.3 Incidencias de la EFV en el desarrollo caso Capurana.

Después de realizar el estudio de caso y de considerar los aspectos más relevantes para esta investigación sobre las características y las incidencias de diferentes aspectos de la energía fotovoltaica en Carupana, como quedaron

consignados en los objetivos. En el presente capítulo se pretende analizar y concluir el caso de estudio.

5.2.4 Incidencias sociales.

Salud: de acuerdo con los resultados de la entrevista y la encuesta, se evidencia que llevar luz a una comunidad que no cuenta con este servicio, mejora su calidad de vida, -porque puede contar con luz día en periodos nocturnos-, facilita el trabajo en el centro de salud, siendo para esta comunidad el aporte más importante, debido a que permite la atención de emergencias en horario nocturno.

Educación: en las regiones apartadas de las cabeceras municipales, la implementación de estrategias pedagógicas de parte del docente para orientar y enseñar a grupos de diferentes grados en una misma aula (como en el caso de Carupana) se centra en el uso de diferentes recursos como la monitoria, asumida por los estudiantes más aventajados en sus diferentes áreas; la implementación de ayudas audiovisuales que necesariamente deben ser alimentadas por energía eléctrica; el manejo de computadores y video grabadoras, contando para ello con una adecuada iluminación. Aunque la escuela de Carupana no cuenta con el servicio SFV, la alcaldía de Tauramena proyecta, dentro de sus programas sociales, implantarlo en las escuelas; posiblemente a corto plazo estos estudiantes estén disfrutando de las bondades de este tipo de energía.

En los hogares, con la implementación de la EFV, existe una mayor integración familiar nocturna y es posible la colaboración académica de padres a hijos o entre hermanos.

Comunicación: La comunicación hacia Tauramena y otros sitios del país se realiza a través de la telefonía celular, lo que ha permitido a los habitantes rurales usar este tipo de tecnología con la implementación de los SFV en las casas, y que en forma cómoda puedan recargarlos y operarlos. La televisión y la radio son otras bondades de este SFV. El campesino accede a la información en tiempo real.

Comunidad: Alrededor de los SFV, la comunidad de Carupana se integra: inicialmente se agrupan para realizar la petición a la Alcaldía de Tauramena a través de su líder comunitario; luego en la instalación y capacitación técnico-operativa. La comunidad se comunica con su vecino, la promotora de salud, el profesor.

5.2.5. Beneficios Ambientales y Económicos.

Los beneficios para el medio ambiente son altos. La energía fotovoltaica hace parte del grupo de “energía verde”: no produce ruido, ni derrame, y ningún tipo de contaminante, no afecta de manera alguna el medio ambiente.

Las baterías se reciclan. Tauramena cuenta con una planta de tratamiento de residuos sólidos a veinte minutos de camino a Cusiana; sin embargo el manejo es complicado, porque es muy difícil que un campesino transporte en mula una batería durante cuatro horas, para llevarla a la planta recicladora; hasta ahora este problema no se ha presentado, debido a que las baterías no han cumplido su vida útil, ya que el sistema más antiguo lleva instalado cuatro años.

El costo a octubre de 2010 para implementar un sistema fotovoltaico de una vivienda rural de Carupana es de \$4.893.866 (Pesos), el sistema de extracción de agua tiene un costo de \$4.988.520 (Pesos), la instalación para iluminación y nevera del centro de salud \$11.169.334 (Pesos), el sistema de energía fotovoltaica para la escuela tiene un costo de \$16.950.964 (Pesos). Lo anterior ante cotización con una empresa colombiana de energía, como se ha hecho referencia en las tablas.

En cuanto al servicio este, no se tarifa ni posee un costo adicional. El sistema, como es la solución definitiva para el usuario, no deja de ser responsabilidad de la Administración. En el caso de que ésta decidiera darle la cobertura del servicio al usuario, y si lo hiciera por red eléctrica normal, tendría que tener los técnicos para que estuvieran pendientes del cableado, de los materiales, de la línea, y mantener las líneas funcionando para el usuario. Como el SFV no requiere ese tipo de personal, la Administración ha desarrollado unos proyectos para hacer un mantenimiento posterior en unos dos o tres años.

5.2.6. Técnico.

El sistema es alimentado por medio de baterías que poseen una carga que les alcanza para unas 8 horas. Generalmente se consigue que funcione toda la noche.

El sistema empleado en las veredas está limitado para uso doméstico; para ser empleado a nivel productivo en faenas agrarias está restringido, debido a que se requiere verificar la relación costo-beneficio, que es bien alta, porque el sistema de energía solar existente para mover motores trifásicos o incluso bifásicos a 220V es muy reducido y no hay inversores en el mercado en Colombia.

La región cuenta con personal técnico calificado para la implementación y mantenimiento del sistema. Los paneles del sistema se garantizan a veinte años, las baterías entre cinco y diez años, igual que los controladores. Aún cuando el sistema es altamente efectivo y los sistemas sencillos de manejar, los inconvenientes se presentan porque se conectan algunos aparatos que no se deben y se producen cortos y como las instalaciones no son vigiladas, ni supervisadas, se han presentado problemas pero el 95% son debidos al mal uso.

5.2.7. Política Institucional.

Las estrategias para transferencia tecnológica en la región se hacen a través de formatos de solicitud en la Alcaldía: los líderes comunitarios reúnen a la comunidad y tramitan una solicitud; una vez presentada, dicha solicitud se evalúa en la oficina de infraestructura. Finalmente, con el criterio del Secretario y el Comité Técnico se decide a qué comunidades se les entrega el sistema fotovoltaico. Sin embargo hay muchas solicitudes que no pueden ser atendidas porque limita la parte económica, ya que no se cuenta con presupuesto suficiente, y la instalación corre por cuenta de la Administración. Entre los costos a asumir por la Alcaldía están el sistema fotovoltaico total, el transporte material, el soporte técnico y el mantenimiento; en la implementación se contrata mano de obra de la región y se les brinda la capacitación para su uso.

Para la instalación de los paneles solares se emplean postes de corazón de madera, que la misma comunidad asierra en el lugar donde se instalarán y que ellos mismos garantizan a 25 años de vida. Se les compra directamente a ellos y ellos realizan ese trabajo. Adicional al beneficio del servicio como tal, se está generando empleo.

La mayoría de las veces los repuestos son de fácil adquisición en el comercio. La Alcaldía no tiene stop de esos materiales. Para daños superiores a un simple repuesto se desarrollan programas conjuntos donde el usuario entra a una lista de espera para el mantenimiento. A más tardar, en seis meses se desarrolla un contrato para hacer un mantenimiento general de todas las plantas.

En el momento de entregar la planta, al usuario se le hacen las recomendaciones de operación y mantenimiento. Generalmente el mantenimiento y preservación del sistema deben ser realizados por técnicos y del cuidado está encargado el usuario; la responsabilidad es compartida y el usuario asume esta tecnología como propia, y como única fuente energética.

5.3. Recomendaciones implementación de EFV zonas rurales.

5.3.1. Económicas y financieras

Al considerar los proyectos fotovoltaicos en zonas rurales colombianas se debe tener en cuenta la inversión inicial, el costo promedio de generación y la recuperación para alcanzar el punto de equilibrio, el cual se alcanza en promedio entre nueve y trece años. Se debe considerar el costo de generación eléctrica contra el costo fotovoltaico. Los insumos fotovoltaicos, aunque sus precios están bajando, todavía no son competitivos frente a otras fuentes de energía.

Las fuentes de financiamiento para este tipo de proyectos son muy pobres; los bancos nacionales, las entidades de fomento deberían establecer préstamos blandos y de fácil adquisición para el campesino.

5.3.2. Políticas e institucionales.

Implementar políticas públicas colombianas que articulen el desarrollo rural con las energías renovables especialmente la fotovoltaica.

El desconocimiento del tema por parte de los dirigentes es una barrera a vencer, por lo tanto es necesario crear *voluntad política* de inversión pública para establecer sistemas fotovoltaicos hasta alcanzar los huertos solares.

Incluir dentro de los planes energéticos nacionales el desarrollo de las energías renovables, aunque en el Plan Energético 2006-2025 se consideran como aspectos importantes y transversales, no se realizan especificaciones de fondo para alcanzar los objetivos de este plan, como lo es ampliar la cobertura energética local.

5.3.3. Técnicas

La localización de los centros de consumo energético ya sea una población, una escuela, un centro de salud, una casa, que se encuentre por fuera del corredor eléctrico y en distancias prolongadas generalmente de 5 Km, se debe pensar en las energías renovables.

Las consideraciones técnicas deben estar asociadas a las necesidades del habitante rural y a partir de ello identificar las variables climatológicas como la irradiación, brillo solar, ubicación geográfica; con ello establecer el número de paneles fotovoltaicos, acumulación en baterías, inversores, reguladores, luminarias, balastros, bombas, cables y accesorios, transporte y mano de obra, adicionando el costo total.

5.3.4. Desarrollo Territorial Rural

Este desarrollo debe ir asociado a la disminución de la pobreza rural la cual se ha mantenido en las últimas décadas. De acuerdo con Schejtman, se deben considerar como aspectos fundamentales para el DTR: la competitividad, la innovación y transferencia tecnológica, la vinculación de los espacios rurales con los urbanos para el desarrollo de proyectos, incluir la energía fotovoltaica como un factor que contribuya a mejorar las condiciones de vida del habitante rural, permita realizar pequeños y medianos proyectos.

5.3.5. Ambientales y sociales

La identificación de los periodos para la realización de actividades nocturnas (tareas escolares, reuniones familiares), y labores productivas propias de la región (el trapiche panelero y el ordeño), permiten la integración de la comunidad y mantener el núcleo familiar. Como consideración ambiental están la identificación de forma de alumbrado, la cocción de alimentos con energía térmica y estufas solares, lo cual puede reducir los impactos de contaminación y deforestación.

Finalmente los sistemas de energía FV pueden ser una estrategia positiva que ayude al desarrollo de las comunidades rurales a las cuales es muy difícil prestar un servicio eficiente de energía eléctrica; este sistema de energía requiere de inversiones altas que pueden ser asumidas por sectores económicos fuertes como alcaldías municipales, ONGS, cooperación internacional y empresarios. Este servicio debe prestarse y mantenerse con una política clara de preservación a largo plazo, sosteniendo programas de mantenimiento preventivo. De no ser así, el recurso, que tiene una inversión fuerte, se perdería en el tiempo y no sería sino paños de agua tibia frente a la necesidad de energía en el campo.

Como uno de los resultados de la presente investigación se realizó la exposición “El uso de la energía solar fotovoltaica vereda de Carupana. Casanare”, desarrollada el día 29 de marzo de 2008 en la ciudad de Paipa, durante el IV Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica.⁵⁷

⁵⁷ UPTC. IV Congreso Ingeniería Electromecánica. Obtenida el 26 de Diciembre de 2010 en www.fuac.edu.co/...electromecánica/Programa_-_IV_CIEM.pdf.

En la Universidad de La Salle se realizó el día 29 de abril de 2009 la exposición de “Energía fotovoltaica, experiencia Carupana”, durante el XI Congreso de Ingeniería Ambiental.

En la Universidad Distrital, a partir de la presente investigación, el autor hizo parte de la base de un grupo de investigación en Energías Renovables.

A nivel académico, en la Universidad Autónoma de Colombia, Facultad de Ingeniería, carrera de Electromecánica, se desarrolló una línea de análisis y presentación de proyectos de curso para todos los semestres, sobre energías renovables, incluyendo energía fotovoltaica.

6. CONCLUSIONES

A través de la presente investigación se encontró que las ZNI, están dispersas de los centros urbanos, alejadas de la energía eléctrica convencional y solo con programas sociales pueden acceder a las energías renovables como única fuente energética sostenible en la búsqueda de mejoramiento en su calidad de vida. No obstante las comunidades rurales beneficiadas como es el caso de la vereda de Carupana, luego de instaladas no existen programas sociales y técnicos de seguimiento, control y mantenimiento de estos sistemas, que permita conocer información útil para replicar estos resultados a otras comunidades rurales.

Sobre los mercados energéticos renovables especialmente la energía fotovoltaica existe información pero no es suficiente, que permita algún grado de aproximación su aplicabilidad en Colombia a mediano plazo. Las políticas públicas mencionan las energías alternativas, pero no puntualizan programas concretos hacia las zonas rurales colombianas.

Existen instituciones, investigadores, ingenieros, técnicos, importadores en Colombia, los cuales colaboran en las proyecciones de las energías renovables, sin embargo no existe un verdadero desarrollo de esta tecnología.

La población dispersa de la zona rural de Carupana, su representación esta en el profesor, promotora de salud y líder comunal, por las distancias y dificultad de transporte, no hay comunicación directa con los entes gubernamentales que permitan la socialización de los proyectos energéticos generados.

La energía en las ZNI colombianas empieza a estar presente como es el caso de la vereda de Carupana, donde existen programas de la Alcaldía de Tauramena para implementar EFV como solución alterna a la energía convencional a seis de las treinta y cuatro veredas: Carupana, Zambo, Guafal, Monserrate, Tunupe y Vigía, las cuales por ser las más alejadas y no contar con redes convencionales de energía eléctrica.

El proceso de generación de energía fotovoltaica de Carupana, es un sistema directo de conversión energética, donde existen una serie de elementos que transforman la energía solar en energía eléctrica, la dirigen y orientan hacia un sistema de acumulación, para ser aprovechada en momentos distintos, para viviendas rurales, centros de salud, escuelas . En este proceso se involucran partes importantes para la generación eléctrica como los paneles solares, el controlador de carga, el arreglo de baterías y el inversor.

El programa desarrollado en la vereda de Carupana ofreció resultados de bienestar a la población: Centro de salud, (iluminación, refrigeración de medicinas, vacunas; comunicaciones vía celular, atención de emergencias en la noche); en las viviendas rurales (aumento de iluminación nocturna, acceso a las comunicaciones por radio y televisión), la escuela (bombeo de agua y manejo de aguas residuales), estos servicios no existían antes de la implantación de la energía fotovoltaica. Sin embargo no ha existido un seguimiento a este proyecto de la vereda de Carupana que permita medir los impactos de estos sistemas en la comunidad rural, donde la falta de un control social no permite conocer las verdaderas implicaciones en la población de estudio.

En el aspecto técnico la falta de programas de seguimiento y mantenimiento hace obsoleto el sistema de EFV, antes de cumplir su ciclo de vida, por lo tanto se desconoce los resultados y los efectos en la población de la aplicación de este tipo de tecnología.

Teniendo en cuenta el primer objetivo, para la implementación de la EFV, se establecieron los indicadores sociales, ambientales, económicos y de política en la vereda de Carupana el sector Rural municipal y el total de Tauramena.

Dimensión Social:

El sisbén como una metodología de análisis social y de procesos comunitarios permitió encontrar que la población de Carupana se encuentra en un 83% por abajo de 17,5 en el puntaje rural y de acuerdo con Machado referenciado anteriormente, es una población que está dentro del “grupo de incidencia” enmarcado en la pobreza rural, mostrando una ausencia de servicios públicos domiciliarios y no domiciliarios. El servicio público de Energía Eléctrica y Telefonía está presente con índices menores al 10%, no hay evidencia de acueductos y alcantarillados.

Lo anterior propicia que dentro de los programas sociales y comunitarios realizados por la Alcaldía de Tauramena se realicen proyectos con una tecnología no convencional como la EFV, para suplir la falta de los servicios básicos, es así que se implementa en la vereda un mini acueducto, con el sistema de bombeo de EFV, para extraer agua de un pozo profundo dando el servicio a la Escuela y Centro de Salud y los habitantes cercanos, lo cual repercute en la eliminación de excretas a través de los pozos sépticos. Las viviendas por ser una población dispersa no goza de este servicio y no tienen una forma de eliminación de la excretas.

De lo anterior la línea de la equidad no está presente entre lo urbano y lo rural, se requieren procesos comunitarios que en forma conjunta pobladores rurales y Administración Local que lleven a proyectos que puedan mejorar la calidad de vida.

Dimensión política:

En la revisión de los Planes Nacionales de Desarrollo, las energías renovables para las ZNI están presentes sin una estructura que permita la masificación de estas energías y muy alejada esta la EFV. En los Planes Departamentales y Municipales de Casanare y Tauramena respectivamente, se incluye este tipo de energía para las zonas alejadas y de difícil acceso como es el caso de la vereda de Carupana, dentro de estos planes está inmerso el diseño de sistemas alternativos de energía.

A través de los planes de Desarrollo Nacionales se van incorporando algunas leyes y decretos que visualizan un horizonte a las energías renovables. A través de ellos se impulsaron decretos como el 1140 del 30 de junio de 1999 para crear el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las ZNI. Este instituto tiene como objeto desarrollar e implementar soluciones energéticas empresariales para las ZNI.

La Ley 633 de 2000 por la cual se creó el Fondo de Apoyo Financiero para las Zonas No Interconectadas FAZNI que tiene como objetivo primordial financiar los programas y proyectos de inversión en las ZNI; posteriormente la ley 1099 de 2006 permite la ampliación de captación de recursos, para FAZNI hasta el 2014, autorizando inversiones en mejoramiento de la infraestructura energética. Surgen resoluciones como la 1821 de 2008 del Ministerio de Minas y Energía donde se expiden procedimientos para otorgar subsidios al sector eléctrico en ZNI.

Las estrategias locales para acceder a fuentes alternas de energía, se basa inicialmente en la necesidad de la comunidad de Carupana para tener servicios que cubran las NBI, para lo cual apelan a los programas sociales Municipales. Una estrategia consiste en comparar las alternativas energéticas; enmarcan las condiciones geográficas aceptables de radiación solar de Carupana la cual es de 4,5 Kwh/m² y de 1643 Kwh/m² año, condición favorable para implementar la EFV. La distancia a las líneas convencionales de energía eléctrica y el costo del tendido de red, el transporte de gasolina o diesel para plantas de energía, son otros parámetros de comparación que permite tomar una decisión final energética.

La vereda de Carupana pertenece a un Departamento con las regalías de los hidrocarburos que superan seiscientos cincuenta mil millones de pesos al año

2009, hecho que favorece la adopción de recursos para la implementación de programas sociales a las ZNI.

Dimensión Económica:

Una familia Rural de Carupana con recursos propios, no puede acceder a energías no convencionales como la fotovoltaica, debido a que los costos de implementación alcanzan los 2500 dólares (4.800.000.00 pesos colombianos), sin establecer los respectivos mantenimientos. De igual manera la comunidad de Carupana no puede pagar las instalaciones de EFV, para los servicios educativos y de salubridad (escuela y centro de salud).

De acuerdo al análisis técnico de los diferentes componentes de las instalaciones de EFV con que cuenta la vereda de Carupana, para la Escuela, Centro de Salud y viviendas rurales y en base a los resultados del análisis de las tablas de costos y las cotizaciones realizadas por la empresa Ecoenergy, se realizó por modelación en la hoja electrónica de Excel lo que permitió obtener las proyecciones en el tiempo para la recuperación de capital, lo que arrojó los resultados mostrados en la tabla 33. Donde el tiempo de recuperación de la vivienda rural de 52 años, la escuela 27 años, la estación de bombeo de 17 años, el Centro de Salud 20 años.

El análisis económico realizado permite determinar el mayor costo de un sistema de energía fotovoltaica, siendo la batería un componente importante que superó el 17%, donde su duración es una de las partes más sensibles a ser cambiadas a menor tiempo, lo cual implica nuevos recursos para ser reemplazada.

Las soluciones con EFV llevan tiempos de recuperación largos, los proyectos de EFV para ZNI, que no se amorticen en siete años son inviables económica y técnicamente. Esta es una barrera para acceder a préstamos bancarios para soluciones individuales, solo con programas sociales subsidiados por el estado se puede acceder a esta tecnología.

Dimensión Ambiental:

Carupana como zona rural Colombiana usa como la fuente de combustión, en la cocción de alimentos y la iluminación la gasolina, leña, velas y bagazo, fuentes que poseen CO₂, gas que, según el Protocolo de Kioto, contribuye en gran medida al calentamiento global. El área rural de Tauramena se ha ido electrificando con energía convencional o con energía renovable EFV tratada en el presente estudio, contribuyendo así con un desarrollo sostenible. Para este estudio se tomó como indicador el factor CO₂, obteniendo como resultado que bajo la implementación de la EFV en Carupana se deja de lanzar a la atmósfera 876 Kg de CO₂ a la atmósfera.

Lo encontrado en Carupana, el campesino realiza la tala de árboles para utilizarlos como soporte de los paneles solares. Las baterías son residuos que no pueden ser recicladas por las largas distancias y los costos para llevarlas a sitios de acopio estas son dejadas a la intemperie influyendo en la afectación de la cobertura vegetal.

Con la implementación de la EFV en la vereda de estudio y con la ayuda del documento de la UPME, Formulación de un plan de desarrollo para fuentes no convencionales de energía en Colombia, se estableció la nula participación de contaminación ambiental en los cuerpos de agua, aire y tierra. Sin embargo se reconoce que luego de implementada esta tecnología los residuos sólidos generados por las baterías inservibles y otras partes deterioradas del sistema generan una contaminación de la tierra.

Incidencias en el desarrollo rural con la implementación de la EFV.

El Centro de Salud de Carupana y en testimonio verbal mediante la entrevista no estructurada la Promotora de Salud, evidencia que mediante la EFV se mantienen refrigerados medicamentos y vacunas, atender casos nocturnos de emergencia con la ayuda de la iluminación de EFV.

La educación primaria es un derecho fundamental, que está presente en la vereda de Carupana el indicador permite establecer que el 66% de los niños y niñas asisten a la escuela; con la implementación de la EFV los estudiantes, docente y comunidad acceden a recursos informáticos y medios audiovisuales como ayudas de aprendizaje. Es de anotar el esfuerzo que realiza el único docente para impartir la educación básica primaria a los cinco niveles básicos.

En los hogares, con la implementación de la EFV, existe una mayor integración familiar nocturna y es posible la colaboración académica de padres a hijos o entre hermanos. El sistema empleado en las veredas está limitado para uso domestico; a nivel productivo en las fincas y faenas agrarias está restringido el uso energético con EFV, debido que se requiere verificar la relación costo-beneficio, que es bien alta, porque el sistema de energía solar existente para mover motores trifásicos o incluso bifásicos a 220V es muy reducido y no hay inversores en el mercado en Colombia.

La comunicación hacia Tauramena y otros sitios del país se realiza a través de la telefonía celular, lo que ha permitido a los habitantes rurales usar este tipo de tecnología con la implementación de los SFV en las casas, y que en forma cómoda puedan recargarlos y operarlos. La televisión y la radio son otras bondades de este SFV. El campesino accede a la información en tiempo real.

Para culminar el autor propone separar los objetivos de energía convencional, con respecto de las energías renovables debido que cada una involucra actores, instituciones, e intereses diferentes. Cada una requiere de políticas de precios, incentivos del gobierno, regulaciones y estructura de mercados por separado. Pero al mismo tiempo deben ser articuladas mediante políticas públicas energéticas regionales y nacionales, por lo tanto las energías renovables debería ser plenamente integrada a planes y leyes del gobierno para obtener resultados que contribuyan al mejoramiento de las poblaciones rurales de Colombia en las ZNI.

Conforme a lo anterior surgen los siguientes interrogantes:

- ¿Cómo aprovechar los acuerdos internacionales sobre el cambio climático y el uso de las fuentes de energía renovable fotovoltaica en el Desarrollo Rural?,
- ¿Qué estrategias se deben implementar con las energías renovables, especialmente la fotovoltaica, para acceder al mercado de los bonos verdes, que beneficie a las comunidades rurales colombianas?

Recomendaciones:

Lo encontrado en la presente investigación está de acuerdo con Gustavo Best, este tipo de energía es viable técnicamente para zonas rurales no interconectadas, donde la comunidad rural es dispersa y alejada de las redes de energía eléctrica convencional, donde se dificulta el acceso a la parte rural o se tienen restricciones de tipo ambiental, se debe considerar la competitividad de la EFV comparada con otros energéticos.

Para establecer el recurso energético de la EFV, se debe tener en cuenta inicialmente la necesidad latente del recurso energético tener en cuenta que las aplicaciones son de potencias menores a dos Kw. Consultar los planes Municipales para la implementación de este tipo de tecnología. Considerar la geografía de la región principalmente la radiación, consultando los mapas de los organismos nacionales como la UPME. Realizar los cálculos previos y las cotizaciones pertinentes.

La solución energética de EFV, no es viable económicamente para una familia rural, solo con programas del Estado, se puede acceder a esta tecnología. Como se constato en campo, con los programas sociales las tarifas de energía para esta población es subsidiada totalmente. Si una familia rural opta por esta solución, la recuperación de este capital es a un tiempo de 52 años. Para otros servicios supera la recuperación en veinte años. Solo es justificable por la necesidad imperiosa del servicio.

Finalmente los sistemas de energía FV pueden ser una estrategia positiva que ayude al desarrollo de las comunidades rurales a las cuales es muy difícil prestar un servicio eficiente de energía eléctrica; este sistema de energía requiere de inversiones que pueden ser asumidas por sectores económicos fuertes como alcaldías municipales, ONGS, cooperación internacional y empresarios.

En la tabla 39 se establecen algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta para la implementación de energías renovables, se muestran algunos indicadores sociales, comunitarios, políticos, institucionales, técnicos y ambientales para ser tenidos en cuenta en la implementación de este tipo de tecnología en aras de contribuir a un Desarrollo Rural.

Tabla 39. Recomendaciones para la implementación de energía renovable en ZNI colombianas.

| SOCIAL Y COMUNITARIA | POLITICAS INSTITUCIONALES | ECONOMICAS FINANCIERAS | DESARROLLO RURAL | TECNICAS Y AMBIENTALES |
|--|---|---|--|---|
| Análisis y observación del problema social. Identificar los factores internos o externos que afectan el problema. | Estudio de los planes y leyes energéticos existentes. Plan Nacional de energía. Leyes sobre regalías. | Establecer los costos del sistema, individual o comunal. | Generación de una cartera de proyectos competitivos y de alta tecnología enfocado al sector rural. | Determinación de posibles fuentes energéticas renovables. Construcción de matriz de alternativas. |
| Establecer las necesidades energéticas de la comunidad o de la familia. Descripción verbal o escrita del problema energético. | Acercamiento a las instituciones como UPME, CREG, SDSPD, IGAC | Conocer las bondades económicas proyectos de índole social proyectados por la alcaldía y gobernación sobre energía renovable. | Elaboración de proyectos y certificaciones rurales con EFV o renovable para entrar a los mercados verdes. | Establecer el tipo de energía que cubra la necesidad. |
| Organización comunitaria. Apoyo a las juntas de acción y líderes comunales. | Creación de políticas públicas específicas para el desarrollo de energías renovables para el sector rural | | Creación de cooperativas rurales para administrar el uso de la energía eléctrica comunal. Huertos solares. | Consulta a técnicos y profesionales sobre las diferentes energías |
| | | | | Verificación de la existencia en el mercado regional de partes y accesorios. |
| | | | | Establecer normatividades técnicas y capacitación en la operación de SFV. |
| | | | | Identificar y evaluar los impactos ambientales en la aplicación de EFV o renovable. |

Fuente: el autor.



Vivienda rural Tauramena con energía fotovoltaica. Alcaldía de Tauramena.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, Juan Carlos. El estudio de caso simple: un diseño de investigación cualitativa. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales.

ALTOMONTE, Hugo; COVIELLO, Manlio y LUTZ, Wolfgang. Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe: restricciones y perspectivas. Naciones Unidas. 2003. 80 p.

BERMÚDEZ, Herber y TÉLLEZ, Gonzalo. Estudio de factibilidad para el establecimiento de un centro de acopio y comercialización de pescado en las veredas de Tunupe y Carupana del municipio de Tauramena (Casanare) Colombia, 2001. Tutor principal orientador: Herber Camilo Bermúdez Aguirre. Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

BEST, Gustavo y CAMPEN B., Van. Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural. FAO. Roma, 2000.

BEST, Gustavo y CAMPEN B., Van. Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo sostenibles. Documento de trabajo sobre medio ambiente y recursos naturales, nº 3. FAO. Roma, 2000.

0

BEST, Gustavo y CAMPEN B., Van. Estudio de impacto de sistemas solares fotovoltaicos en el desarrollo rural. FAO. Roma, 2003.

BLANCO, José María, consultor PNUD. Electrificación rural a base de energía fotovoltaica en el Perú. Nov.2006.

BORROTO BERMÚDEZ, Aníbal; MARTÍNEZ GONZÁLEZ, Daniel y MONTESINO PÉREZ, Milagros. Energización de comunidades rurales ambientalmente sostenibles. Universidad de Cienfuegos, Cuba. Junio de 1999.

CUADERNOS DE DESARROLLO RURAL. Pérez Edelmira, Farah María Adelaida. Los modelos de desarrollo y las funciones del medio rural en Colombia. Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales. Número 49.2002.

DEMEYER, Albert. La conversión bioenergética de la radiación solar y las biotecnologías. Editorial Alambra, 1985.

DYNER, ISAAC y HOYOS, Santiago. Contribución de la energía al desarrollo de las comunidades aisladas no interconectadas. Universidad Nacional de Colombia Medellín. Documento de trabajo en:
www.scielo.org.co/pdf/dyna/v75n154/a19v75n154. Marzo de 2008

DYNER, Isaac. De la eficiencia a la sostenibilidad energética. Instituto de Energía, Universidad Nacional, 2002

FONSECA, Carlos. Hacia los servicios públicos de cuarta generación: las empresas de capital social
www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/4generacion.pdf. 2000.

HERNÁNDEZ, Roberto y FERNÁNDEZ, Carlos. Metodología de la investigación. México: Editorial Mac Graw Hill, 2003. 705 p.

HIMAT. Régimen de brillo solar en Colombia. 1990

ISAZA, Jairo Guillermo y RENDÓN, Jaime Alberto, profesores “Guía metodología para la formulación y presentación de proyectos de investigación”. Universidad de La Salle. Bogotá, febrero de 2007.

JUTGLAR, Lluís. Energía Solar, CEAC, Barcelona, España, 2004

LERMA, Héctor Daniel. Metodología de la investigación. Ecoe Ediciones, 2008.

OPAZO GUTIÉRREZ, Mario. Energías Alternativas. Revista Javeriana. Marzo de 2004

OPAZO GUTIÉRREZ, Mario. Tecnologías alternativas. El colegio verde de Villa de Leyva. 1992.

ORTEGA RODRÍGUEZ, Mario. Energías renovables. Editorial Thomson, 2003.

OULLET, André. Procesos de investigación. Bogotá. EAN, 2001.

PLAN NACIONAL ENERGÉTICO 2006-2025.

PERALES, Tomás. Energías renovables. Editorial Limusa, 2006.

PONGUTÁ, Juan José. Guía para el manejo de energías alternativas. Convenio Andrés Bello. Ciencia y Tecnología No 123. 2003.

POVEDA RAMOS, Gabriel. La electrificación en Colombia. Centro general de investigaciones Universidad de Medellín. 1993.

SALKIND, Neil. Métodos de investigación. México: Prentice Hall, 1998.

SERWAY, Raymond y JEWET, Jhon. Física para ciencias e ingeniería. Editorial Thomson, 2005.

UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). Energías renovables: descripción, tecnologías y usos finales. Bogotá, 2003.

UPME. Atlas solar (2003)

www.alboan.org/archivos/1viendo.pdf. JARA, Oscar. ¿Qué es sistematizar? 1994.

www.fao.org/sd/SPdirect/EGre0042.htm SD dimensiones. FAO.1998

www.tauramena-casanare.gov.co

Cooperación energética acuerdan países de Suramérica, tras cumbre en Isla Margarita (Venezuela). 18 de abril 2007.Sección Economía. Se encuentra en www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3518381 - 40k

8. ANEXOS.

Anexo 1. Instituciones educativas de Tauramena.

DEPARTAMENTO DE CASANARE
SECRETARIA DEPARTAMENTAL DE EDUCACION Y CULTURA
DIRECCION NUCLEO EDUCATIVO TAURAMENA
Centro Administrativo Municipal * Tel. 098 6247115 Ext. 147 * berbonilla@gmail.com

INSTITUCIONES Y SEDES MUNICIPIO TAURAMENA

| CODIGO DANE INSTITUCION | NOMBRE DE LAS INSTITUCIONES | NOMBRE DE LAS SEDES | UBICACIÓN | NUMERO DE ESTUDIANTES POR SEDE | NUMERO DOCENTES POR SEDE | NOMBRE DEL RECTOR Y CONTACTO |
|-------------------------|---|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------|--|
| 185410000016 | JOSE MARIA CORDOBA | JOSE MARIA CORDOBA | CR 12 NO 8-22 | 2418 | 83 | LILIA MARIA VEGA SANABRIA 098 6247246 3103490328 colcordoba@hotmail.com |
| | | SEDE LA UNION | VDA EL OSO | 11 | 1 | |
| | | SEDE EL GUAFAL | VDA EL GUAFAL | 15 | 1 | |
| | | SEDE DIVINO NIÑO | VDA CABAÑAS | 183 | 8 | |
| | | SEDE LA FLORIDA | VDA BENDICIONES | 12 | 1 | |
| | | SEDE LAS BRISAS | VDA EL PALMAR | 15 | 1 | |
| | | SEDE LA PALESTINA | VDA EL ZAMBO | 14 | 1 | |
| | | SEDE EL TRIUNFO | VDA LAGUNITAS | 6 | 1 | |
| 185410001004 | INSTITUTO EDUCATIVO DEL LLANO | INSTITUTO EDUCATIVO DEL LLANO | DIAG. 8 No. 12-96 | 1126 | 38 | JAIME HUMBERTO SUELTA ANGEL 8 6247119 3114856745 jedellano@hotmail.com |
| | | SEDE CHAPARRAL | VDA EL CHAPARRAL | 14 | 1 | |
| | | SEDE AGUA BLANCA | VDA AGUA BLANCA | 17 | 1 | |
| | | SEDE AGUAMACO | VDA AGUAMACO | 10 | 1 | |
| | | SEDE LA VEGA | VDA MONSERRATE (B) | 10 | 1 | |
| | | SEDE LA ESPERANZA | VDA JAGUITO | 50 | 2 | |
| | | SEDE LA LIBERTAD | VDA VISINACA | 14 | 1 | |
| 285410000045 | INSTITUTO EDUCATIVO SIGLO XXI | SIGLO XXI | VEREDA EL RAIZAL | 370 | 15 | LUIS EMILIO PATARROYO PATIÑO 3138164740 iesigloxxi@gmail.com |
| | | SEDE LAS DELICIAS | VDA LAS DELICIAS | 24 | 1 | |
| | | SEDE SANTA EVELIA | VDA EL GÜIRA | 23 | 1 | |
| 285410000916 | CRIEET (Centro Regional de Investigación Educación y Extensión de Tauramena) | CRIEET | VDA ALTOS DE PIÑALITO | 209 | 9 | YOHN FAVER RUIZ FERNANDEZ 3112062275 3112264028 colegiocrieet@hotmail.com |
| | | SEDE HENRY GARCIA BOHORQUEZ | VDA CARUPANA | 23 | 1 | |
| | | SEDE VIGIA TROMPILLOS | VDA VIGIA | 23 | 1 | |
| | | SEDE LA VORAGINE | VDA LA URAMA | 83 | 3 | |
| | | SEDE ANA MILENA MUÑOZ | VDA LA ESMERALDA | 45 | 2 | |
| | | SEDE PIÑALITO | VDA PIÑALITO | 18 | 1 | |
| | | SEDE CAMILO TORRES | VDA TUNUPE | 28 | 1 | |
| | | SEDE LA PRADERA | VDA COROCITO | 26 | 2 | |
| 285410000649 | EL CUSIANA | SEDE PRINCIPAL | CORREG. EL CUSIANA | 444 | 20 | PEDRO SALCEDO RODRIGUEZ 3208082538 colcusiana@gmail.com |
| | | SEDE LA IQUIA | VDA LA IQUIA | 20 | 2 | |
| | | SEDE LOS YAGUAROS | VDA LOS YAGUAROS | 61 | 3 | |
| | | SEDE SAN CARLOS | VDA VILLA ROSA | 29 | 1 | |

Anexo 2. Población Carupana Sisbén

Tabla 24. Población Carupana Sisbén

| Tema | Subtema | indicador | COMPONENTE | |
|---------|---------|--|---|-----|
| Pobreza | Sisbén | Porcentaje de población en nivel uno. 83% | Número total habitantes en Sisbén uno. | 134 |
| | | | Número total de habitantes. | 162 |
| | | Porcentaje de población en nivel dos. 14% | Número total habitantes en Sisbén dos. | 23 |
| | | | Número total de habitantes. | 162 |
| | | Porcentaje de población en nivel tres. 3% | Número total habitantes en Sisbén tres. | 5 |
| | | | Número total de habitantes. | 162 |
| | | Porcentaje de población en nivel cuatro. 0% | Número total habitantes en Sisbén . | 0 |
| | | | Número total de habitantes. | 162 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 3. Población Rural Tauramena Sisbén.

Tabla 25. Población Rural Tauramena Sisbén.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR SOCIAL | COMPONENTE | |
|--------|--------------------|---|---|-------|
| Sisbén | Niveles de pobreza | Porcentaje de población en Sisbén uno. 61% | Número total habitantes en Sisbén uno. | 3.614 |
| | | | Número total de habitantes. | 5.889 |
| | | Porcentaje de población en Sisbén dos. 37% | Número total habitantes en Sisbén dos. | 2.158 |
| | | | Número total de habitantes. | 5.889 |
| | | Porcentaje de población en Sisbén tres. 1,6% | Número total habitantes en Sisbén tres. | 95 |
| | | | Número total de habitantes. | 5.889 |
| | | Porcentaje de población en Sisbén cuatro. 0,4% | Número total habitantes en Sisbén cuatro. | 22 |
| | | | Número total de habitantes. | 5.889 |
| | | Porcentaje de población en Sisbén cinco y seis. 0% | Número total habitantes en Sisbén cinco y seis. | 0 |
| | | | Número total de habitantes. | 5.589 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 4. Población Tauramena por puntaje en el Sisbén

Tabla 26. Población Tauramena Sisbén

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR SOCIAL | COMPONENTE | |
|--------|--------------------|---|---|--------|
| Sisbén | Niveles de pobreza | Porcentaje de población en Sisbén uno. 60% | Número total habitantes en Sisbén uno. | 10.642 |
| | | | Número total de habitantes. | 17.686 |
| | | Porcentaje de población en Sisbén dos. 33% | Número total habitantes en Sisbén dos. | 5.959 |
| | | | Número total de habitantes. | 17.686 |
| | | Porcentaje de población en Sisbén tres. 6% | Número total habitantes en Sisbén tres. | 1.060 |
| | | | Número total de habitantes. | 17.686 |
| | | Porcentaje de población en Sisbén cuatro. 0,15% | Número total habitantes en Sisbén cuatro. | 25 |
| | | | Número total de habitantes. | 17.686 |
| | | Porcentaje de población en Sisbén cinco y seis. 0% | Número total habitantes en Sisbén cinco y seis. | 0 |
| | | | Número total de habitantes. | 17.686 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 5. Servicios Públicos Carupana.

Tabla 27. Servicios Públicos Carupana.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR SOCIAL | COMPONENTE | |
|---------|---------------------|---|--------------------------------------|----|
| Equidad | Servicios Publicos. | Porcentaje de vivienda con electricidad. | Vivienda con electricidad comercial. | 4 |
| | | 8,9% | Número total de vivienda. | 45 |
| | | Porcentaje de vivienda con gas natural. | Vivienda con gas natural. | 0 |
| | | 0% | Número total de vivienda. | 45 |
| | | Porcentaje de vivienda con telefonía. | Vivienda con telefonía. | 2 |
| | | 4,5% | Número total de vivienda. | 45 |
| | | Porcentaje de vivienda con acueducto . | Vivienda con acueducto. | 0 |
| | | 0% | Número total de vivienda. | 45 |
| | | Porcentaje de vivienda con alcantarillado. | Vivienda con alcantarillado | 0 |
| | | 0% | Número total de vivienda. | 45 |
| | | Porcentaje de vivienda con recolección de residuos sólidos. | Vivienda con recolección de residuos | 0 |
| | | 0% | Número total de vivienda. | 45 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 6.Servicios Públicos Sector Rural Tauramena.

Tabla 28.Servicios Públicos Sector Rural Tauramena.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR SOCIAL | COMPONENTE | |
|---------|---------------|--|---------------------------------------|-------|
| EQUIDAD | Accesibilidad | Porcentaje de viviendas con electricidad convencional. 57,5% | Viviendas con electricidad comercial. | 764 |
| | | | Número total de viviendas. | 1.327 |
| | | Porcentaje de viviendas con gas natural. 0,1% | Viviendas con gas natural. | 3 |
| | | | Número total de viviendas. | 1327 |
| | | Porcentaje de viviendas con telefonía convencional. 0,82% | Viviendas con telefonía. | 11 |
| | | | Número total de viviendas. | 1327 |
| | | Porcentaje de viviendas con acueducto. 8,7% | Viviendas con acueducto. | 357 |
| | | | Número total de viviendas | 1327 |
| | | Porcentaje de viviendas con alcantarillado. 0,45% | Viviendas con alcantarillado | 6 |
| | | | Número total de viviendas | 1327 |
| | | Porcentaje de viviendas con recolección de residuos sólidos. 5,4% | Viviendas con recolección de residuos | 72 |
| | | | Número total de viviendas | 1327 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 7. Servicios Públicos Tauramena.

Tabla 29. Servicios Públicos Tauramena.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR SOCIAL | COMPONENTE | |
|---------|---------------|---|---------------------------------------|-------|
| EQUIDAD | Accesibilidad | Porcentaje de viviendas con electricidad convencional. 87% | Viviendas con electricidad comercial. | 4.817 |
| | | | Número total de viviendas. | 5537 |
| | | Porcentaje de viviendas con gas natural. 37% | Viviendas con gas natural. | 2050 |
| | | | Número total de viviendas. | 5537 |
| | | Porcentaje de viviendas con telefonía. 16% | Viviendas con telefonía. | 880 |
| | | | Número total de viviendas. | 5.537 |
| | | Porcentaje de viviendas con acueducto. 76% | Viviendas con acueducto. | 4.205 |
| | | | Número total de viviendas | 5.537 |
| | | Porcentaje de viviendas con alcantarillado. 63% | Viviendas con alcantarillado | 3.496 |
| | | | Número total de viviendas | 5.537 |
| | | Porcentaje de viviendas con recolección de residuos sólidos. 71,6% | Viviendas con recolección de residuos | 3.966 |
| | | | Número total de viviendas | 5.537 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 8. NBI. Carupana.

Tabla 30.NBI. Carupana.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR NBI | COMPONENTE | |
|------------------------------------|-------------------------------------|---|---|-----|
| Necesidades básicas insatisfechas. | Acceso a la Educación. | Porcentaje de niños en edad escolar asistiendo a un establecimiento educativo. 65,6% | Número total de niños asistiendo a clases en escuela. | 21 |
| | | | Número total de niños. | 32 |
| | Sistema de eliminación de excretas. | Porcentaje de vivienda con alcantarillado. 0% | Vivienda con alcantarillado | 0 |
| | | | Número total de vivienda. | 45 |
| | | Porcentaje de viviendas con letrinas. 0% | Vivienda con letrinas. | 0 |
| | | | Número total de vivienda. | 45 |
| | | Porcentaje de viviendas con pozos sépticos. 29% | Vivienda con pozo séptico. | 13 |
| | | | Número total de vivienda. | 45 |
| | | Porcentaje de viviendas sin sistema de eliminación de excretas. 71% | Vivienda sin sistema de eliminación de excretas | 32 |
| | | | Número total de vivienda. | 45 |
| | Hacinamiento crítico. | Promedio de personas por vivienda. 3,6 | Número total de habitantes. | 162 |
| | | | Número total de vivienda. | 45 |
| | Disponibilidad de agua potable | Porcentaje de viviendas con servicio público de acueducto. 0% | Número total vivienda con acueducto. | 0 |
| | | | Número total de vivienda. | 45 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 9. NBI Población Rural de Tauramena.

Tabla 31. NBI Población Rural Tauramena.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR NBI | COMPONENTE | |
|------|------------------------------------|---|---|-------|
| NBI | Acceso a la Educación primaria* | Porcentaje de niños en edad escolar asistiendo a un establecimiento educativo. niños entre 5 y 14 años 71,8% | Número total de niños asistiendo a clases en escuela. niños entre 5 y 14 años | 811 |
| | | | Total niños | 1.129 |
| | Sistema de eliminación de excretas | Porcentaje de viviendas con alcantarillado. 0,45% | Viviendas con alcantarillado | 6 |
| | | | Número total de viviendas | 1.327 |
| | | Porcentaje de viviendas con letrinas. 3,3% | Viviendas con letrinas. | 43 |
| | | | Número total de viviendas | 1.327 |
| | | Porcentaje de viviendas con pozos sépticos. 54,2% | Viviendas con pozo séptico. | 719 |
| | | | Número total de viviendas | 1.327 |
| | | Porcentaje de viviendas sin sistema de eliminación de excretas. 42,1% | Viviendas sin sistema de eliminación de excretas | 559 |
| | | | Número total de viviendas | 1.327 |
| | Hacinamiento crítico | Promedio de personas por vivienda. 3,9 | Número total de familias. | 1.551 |
| | | | Número total de viviendas. | 1.327 |
| | Disponibilidad de agua potable. | Porcentaje de viviendas con servicio público de acueducto. 26,9% | Número total viviendas con acueducto. | 357 |
| | | | Número total de viviendas. | 1.327 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 10. NBI Tauramena.

Tabla 32. NBI Tauramena.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR NBI | COMPONENTE | |
|------|------------------------------------|---|---|-------|
| NBI | Acceso a la Educación primaria | Porcentaje de niños en edad escolar asistiendo a un establecimiento educativo. niños entre 5 y 14 años 72,2% | Número total de niños asistiendo a clases niños entre 5 y 14 años | 3.006 |
| | | | Número total de niños | 4.161 |
| | Sistema de eliminación de excretas | Porcentaje de viviendas con alcantarillado. 63% | Viviendas con alcantarillado | 3.069 |
| | | | Número total de viviendas | 4.868 |
| | | Porcentaje de viviendas con letrinas. 1% | Viviendas con letrinas. | 48 |
| | | | Número total de viviendas | 4.868 |
| | | Porcentaje de viviendas con pozos sépticos. 22,8% | Viviendas con pozo séptico. | 1.112 |
| | | | Número total de viviendas | 4.868 |
| | | Porcentaje de viviendas sin sistema de eliminación de excretas. 12% | Viviendas sin sistema de eliminación de excretas | 586 |
| | | | Número total de viviendas | 4.868 |
| | Hacinamiento crítico. | Promedio de personas por vivienda. 3,9 | Número total de familias. | 5.539 |
| | | | Número total de viviendas. | 4.868 |
| | Disponibilidad de agua potable | Porcentaje de viviendas con servicio público de acueducto. 86,4% | Número total viviendas con acueducto. | 4.205 |
| | | | Número total de viviendas. | 4.868 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 11.Paredes vivienda. Sector Rural Tauramena.

Tabla 33. Paredes vivienda. Sector Rural Tauramena.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR SOCIAL | COMPONENTE | |
|------|----------------|---|--|-------|
| NBI | Pared Vivienda | Porcentaje de familias viviendo sin pared. 0,65% | Familias viviendo sin pared. | 10 |
| | | | Número total de familias. | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en zinc, tela, cartón. 12,5% | Familias viviendo en zinc, tela. | 194 |
| | | | Número total de familias. | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en guadua. 2,9% | Familias viviendo con pared en guadua. | 45 |
| | | | Número total de familias. | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en madera. 21,34% | Familias viviendo con pared en madera. | 331 |
| | | | Número total de familias. | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en bahareque. 1,16% | Familias viviendo con pared en bahareque. | 18 |
| | | | Número total de familias. | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en tapia pisada. 6,64% | Familias viviendo con pared en tapia pisada. | 103 |
| | | | Número total de familias. | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en bloque, ladrillo. 54,8% | Familias viviendo con pared en bloque. | 850 |
| | | | Número total de familias. | 1.551 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 200

Anexo 12. NBI. Paredes vivienda Tauramena.

Tabla 34. NBI. Paredes vivienda Tauramena.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR SOCIAL | COMPONENTE | |
|------|----------------|--|--|-------|
| NBI | Pared Vivienda | Porcentaje de familias viviendo sin pared. | Familias viviendo sin pared. | 16 |
| | | 0,3% | Número total de familias. | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en zinc, tela, cartón. | Familias viviendo con pared en zinc, tela. | 70 |
| | | 1,3% | Número total de familias. | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en guadua. | Familias viviendo con pared en guadua. | 971 |
| | | 16,5% | Número total de familias. | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en madera. | Familias viviendo con pared en madera. | 655 |
| | | 11,4% | Número total de familias. | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en bahareque. | Familias viviendo con pared en bahareque. | 33 |
| | | 0,6% | Número total de familias. | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en tapia pisada. | Familias viviendo con pared en tapia pisada. | 174 |
| | | 3,2% | Número total de familias. | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias viviendo con pared en bloque, ladrillo. | Familias viviendo con pared en bloque. | 3.720 |
| | | 67% | Número total de familias. | 5.539 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 13. NBI. Piso de vivienda. Sector Rural Tauramena.

Tabla 35. NBI. Piso de vivienda. Sector Rural Tauramena.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR SOCIAL | COMPONENTE | |
|------|-------------------|---|-------------------------------|-------|
| NBI | Piso de vivienda. | Porcentaje de familias rurales en Tauramena con piso en tierra o arena. | Familias con piso en tierra | 496 |
| | | 32% | Número total de familias | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias rurales en Tauramena con piso en madera. | Familias con piso en madera | 37 |
| | | 2,4% | Número total de familias | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias rurales en Tauramena con piso en cemento. | Familias con piso en cemento | 997 |
| | | 64,2% | Número total de familias | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias rurales en Tauramena con piso en baldosa. | Familias con piso en baldosa | 13 |
| | | 1,4% | Número total de familias | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias rurales en Tauramena con piso en alfombra. | Familias con piso en alfombra | 0 |
| | | 0% | Número total de familias | 1.551 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 14. NBI. Piso de vivienda. Tauramena.

Tabla 36.NBI. Piso de vivienda. Tauramena.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR SOCIAL | COMPONENTE | |
|------|-------------------|---|-------------------------------|-------|
| NBI | Piso de vivienda. | Porcentaje de familias En Tauramena con piso en tierra o arena. | Familias con piso en tierra | 774 |
| | | 14% | Número total de familias | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias en Tauramena con piso en madera. | Familias con piso en madera | 45 |
| | | 0,81% | Número total de familias | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias en Tauramena con piso en cemento. | Familias con piso en cemento | 4.264 |
| | | 77% | Número total de familias | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias en Tauramena con piso en baldosa. | Familias con piso en baldosa | 454 |
| | | 8,2% | Número total de familias | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias en Tauramena con piso en alfombra. | Familias con piso en alfombra | 2 |
| | | 0,036% | Número total de familias | 5.539 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 15. Recursos energéticos en Tauramena Sector Rural.

Tabla 37. Recursos energéticos Tauramena Sector Rural.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR ENERGETICO | COMPONENTE | |
|---------|---------------|--|---|-------|
| EQUIDAD | Asequibilidad | Porcentaje de familias que utilizan energías no convencionales (EFV).en iluminación. 2,7% | Familias que iluminan por energía fotovoltaica | 42 |
| | | | Número total de familias | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias que utilizan energías no convencionales (vela) en iluminación. 33,3% | Familias que iluminan por vela | 517 |
| | | | Número total de familias | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias que utilizan energías no convencionales (kerosene)en iluminación. 6,3% | Familias que iluminan por kerosene. | 98 |
| | | | Número total de familias | 1.551 |
| | | Porcentaje de familias que utilizan energías convencionales en iluminación eléctrica. 57,7% | Familias que iluminan con electricidad convencional | 894 |
| | | | Número total de familias | 1.551 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 16. Recursos energéticos en Tauramena.

Tabla 38. Recursos energéticos Tauramena.

| TEMA | SUBTEMA | INDICADOR ENERGETICO | COMPONENTE | |
|---------|---------------|---|---|-------|
| EQUIDAD | Asequibilidad | Porcentaje de familias que utilizan energías no convencionales (EFV) en iluminación. 0,76% | Familias que iluminan por energía fotovoltaica | 42 |
| | | | Número total de familias | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias que utilizan energías no convencionales (vela) en iluminación 10,56% | Familias que iluminan por vela | 585 |
| | | | Número total de familias | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias que utilizan energías no convencionales (kerosene) en iluminación 1,93% | Familias que iluminan por kerosene. | 107 |
| | | | Número total de familias | 5.539 |
| | | Porcentaje de familias que utilizan energías convencionales en iluminación eléctrica. 86,7% | Familias que iluminan por electricidad convencional | 4.805 |
| | | | Número total de familias | 5.539 |

Fuente: El autor. Documentos Tauramena 2008.

Anexo 17. Tiempo recuperación sistema EFV vereda Carupana.

| Tabla analisis tiempo de recuperacion de la inversion de los sistemas fotovoltaicos para Carupana | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------|----------|-----------|---------|--------|---------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| | | | | | | | | Convenc. | Fotovol. | Convenc. | Fotovol. | | |
| | | | | | | | Kw | \$Kwh | \$Kwh | \$Kwh/mes | \$Kwh/mes | Costo Inic. | Tiempo Rec |
| Aplicacion | No | Comp. | Potencia | Horas dia | Pot Dia | N.dias | Pot.Mes | Costo mes | Costo mes | Costo mes | cost mes | | Tiempo Rec |
| | 9 | lumin. | 25 | 4 | 900 | 20 | 18 | 240,6 | 439,75 | 4330,8 | 7915,5 | | |
| | 1 | TV | 120 | 2 | 240 | 20 | 4,8 | 240,6 | 439,75 | 1154,88 | 2110,8 | | |
| | 1 | VHS | 100 | 1 | 100 | 20 | 2 | 240,6 | 439,75 | 481,2 | 879,5 | | |
| Escuela | 1 | Grab | 100 | 1 | 100 | 20 | 2 | 240,6 | 439,75 | 481,2 | 879,5 | | |
| | 5 | Comp | 300 | 3 | 4500 | 20 | 90 | 240,6 | 439,75 | 21654 | 39577,5 | | |
| | 1 | impr | 150 | 1 | 150 | 20 | 3 | 240,6 | 439,75 | 721,8 | 1319,25 | | |
| | | | | | | | 119,8 | | Costo Total | 28823,88 | 52682,05 | 16950964 | 321,7597645 |
| | | | | | | | | | | | | | 26,81331371 |
| C.Salud | 5 | lumin. | 25 | 4 | 500 | 30 | 15 | 240,6 | 439,75 | 3609 | 6596,25 | | |
| | 1 | refrig | 240 | 12 | 2880 | 30 | 86,4 | 240,6 | 439,75 | 20787,84 | 37994,4 | | |
| | 1 | celul | 10 | 1 | 10 | 30 | 0,3 | 240,6 | 439,75 | 72,18 | 131,925 | | |
| | | | | | | | 101,7 | | Costo Total | 24469,02 | 44722,575 | 11169334 | 249,7471132 |
| | | | | | | | | | | | | | 20,81225943 |
| Vivienda | 5 | lumin. | 25 | 4 | 500 | 30 | 15 | 240,6 | 439,75 | 3609 | 6596,25 | | |
| | 1 | radio | 20 | 3 | 60 | 30 | 1,8 | 240,6 | 439,75 | 433,08 | 791,55 | | |
| | 1 | celular | 10 | 3 | 30 | 30 | 0,9 | 240,6 | 439,75 | 216,54 | 395,775 | | |
| | | | | | | | 17,7 | | Costo Total | 4258,62 | 7783,575 | 4893866 | 628,742705 |
| | | | | | | | | | | | | | 52,39522542 |
| Bombeo | 1 | bombas | 300 | 6 | 1800 | 30 | 54 | 240,6 | 439,75 | 12992,4 | 23746,5 | | |
| | | | | | | | 54 | | Costo Total | 12992,4 | 23746,5 | 4988520 | 210,0739056 |
| | | | | | | | | | | | | | 17,5061588 |

Fuente: el autor

Fuente: El autor. Datos.Alcaldía de Tauramena Octubre de 2010.

