

# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS PARA COMUNIDADES VULNERABLES DEL SECTOR RURAL EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

## **Plan de Desarrollo Departamental**

Actualmente la necesidad de ampliar la cobertura energética en el todo el territorio nacional ha llevado a que departamentos como el Tolima incluyan dentro de sus planes de desarrollo estrategias enfocadas a la búsqueda de energías alternativas y renovables que brinden una solución efectiva a dicha problemática. De esta manera, los planes de desarrollo del departamento incorporan políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación a través de estrategias basadas en investigación, desarrollo de productos, adopción de bases tecnológicas y equipos, estrategias de marketing y mejoramiento de la infraestructura física.

## **INFORMACIÓN AMPLIADA: PERTINENCIA CON PLANES DE DESARROLLO**

### **PERTINENCIA CON PLANES DE DESARROLLO**

La creciente búsqueda de fuentes de energía alternativas y renovables es una tendencia mundial, sustentada por muchos factores económicos, sociales y ambientales, dentro de los cuales se podrían mencionar los de mayor impacto y prevalencia, tales como, el agotamiento de las reservas de petróleo, la necesidad por reducir las emisiones de gases contaminantes generados por la combustión de combustibles fósiles, el interés por dar mayor valor agregado a productos agrícolas potenciales como materias para biocombustibles y el apremiante afán de alcanzar la cobertura energética total en el territorio. Muchas de estas necesidades han sido entendidas claramente por el Gobierno y se ha enmarcado dentro de las actuales políticas y planes de desarrollo nacional y regional con medidas económicas y políticas importantes, como la apertura a la inversión extranjera, el establecimiento de marcos normativos y regulatorios estables y el fortalecimiento de la institucionalidad, aspectos que sin duda, tendrán un impacto directo en el crecimiento y expansión del sector energético del país (DNP, 2011).

### **PLAN DEPARTAMENTAL DE DESARROLLO TOLIMA: Unidos por la grandeza del Tolima (2012-2015)**

A este respecto, en el departamento del Tolima, se han fijado lineamientos convergentes con las políticas nacionales para alcanzar la autosuficiencia energética y el aprovechamiento responsable y sostenible de recursos naturales, incluyendo en el Plan de Desarrollo del Tolima (2012-2015) programas para diversificar las fuentes energéticas disponibles. Dicho programa, especifica la importancia de garantizar el suministro energético y su sostenibilidad, a través del apoyo y la gestión de proyectos ante instituciones públicas y el sector privado, que promuevan el uso de tecnologías limpias, biocombustibles y nuevas fuentes de energía, acorde al potencial de cada municipio,

buscando una transformación productiva del departamento y como alternativa energética para comunidades en áreas rurales dispersas.

Es apropiado resaltar que la promoción de proyectos de energías alternativas, no solo permite ampliar la cobertura energética del departamento, si no también, diversificar la canasta energética, como el uso de motores para dinamizar el sector agrícola, agroindustrial e industrial, a través del autoabastecimiento energético parcial o total y la generación de productos de mayor valor agregado, como sería el caso de la obtención de biocombustibles (bioetanol, biogás, biodiesel) a partir de cultivos tradicionales de la región o mejor aún, a partir de los residuos del procesamiento. Lo cual constituiría una herramienta valiosa para dar cumplimiento a políticas del plan de desarrollo departamental y así alcanzar un sector agropecuario más competitivo y desarrollo rural con valor agregado.

## **CAPÍTULO 1**

### **Título proyecto: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS PARA COMUNIDADES VULNERABLES DEL SECTOR RURAL EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

#### **1. Problema Central:**

Desabastecimiento energético en áreas rurales dispersas en el departamento del Tolima.

#### **2. Descripción de la situación existente**

La limitada cobertura energética en las zonas relegadas del departamento del Tolima, genera problemas de disponibilidad, abastecimiento y racionamiento de energía, lo que conlleva al deterioro de la calidad de vida de la comunidad y trae consigo un efecto negativo en las diferentes actividades económicas de la región.

#### **3. Magnitud actual del problema**

Actualmente, alrededor de 17928 viviendas de la región carecen de cobertura energética, siendo un factor predominante la implementación de energías alternativas como un modelo que permita el mejoramiento de la calidad de vida de esta población.

### **INFORMACIÓN AMPLIADA: MAGNITUD ACTUAL DEL PROBLEMA**

El inevitable agotamiento de las reservas de petróleo en Colombia, proyectada para el año 2020 (DPN, 2011) y la falta de cobertura energética en áreas apartadas del territorio nacional, son los factores predominantes para la implementación de energías alternativas,

dentro de las cuales se destacan la energía solar y los biocombustibles, como soluciones factibles de implementar, donde las condiciones geográficas no permiten el establecimiento de fuentes de energía tradicionales por sus altos costos de instalación.

No obstante, la posibilidad de usar determinada fuente de energía alternativa debe justificarse en diferentes sentidos, tanto técnicos como económicos, de acuerdo a las condiciones propias de cada región (ubicación, clima, economía) y a las potencialidades que cada una de estas puedan presentar, que favorezcan en mayor medida determinado modelo de energía alternativa.

El abastecimiento energético que pretende suplir este proyecto, no solo contribuiría a mejorar las calidad de vida de las poblaciones ubicadas en áreas dispersas que actualmente no están interconectas por el sistema de energía eléctrico (población objetivo), sino que también, podría ser una herramienta para impulsar su labor productiva relegada en estas regiones, generalmente actividades agrícolas que se desarrollan sin mayores tecnificación y uso de maquinaria, por la limitada disponibilidad energética.

En este contexto, los planteamientos anteriores, son el sustento para aunar esfuerzos entre las entidades participantes, buscando materializar las muchas investigaciones y tecnologías desarrolladas, que pueden dar una solución concreta a necesidades de la población, que difícilmente pueden contemplarse como reales en esta época, pero que difícilmente han podido ser atendidas por el gobierno nacional y departamental.

Para sintetizar el desabastecimiento energético en áreas dispersas en los departamentos del Tolima, al cual queremos dar respuesta, se muestra a continuación las cifras de Viviendas sin servicio de energía eléctrica, reportadas para el año 2009, estadística más reciente publicada por el Sistema de Información Eléctrico Colombiano (SIEC), debe aclararse que tales estadísticas corresponden al área urbana de los municipios reportados, ya que no existe información completa y detallada que realice el reporte a nivel rural.

<b>VIVIENDAS SIN SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS DEPARTAMENTOS DEL TOLIMA PARA EL AÑO 2009</b>	
Municipio	Número de Viviendas sin servicio de energía eléctrica
Alvarado	285
Armero	217
Ataco	2173
Cajamarca	708
Chaparral	2484
Coello	102
Coyaima	2129
Cunday	502
Falan	251
Flandes	10
Herveo	159
Honda	27
Icononzo	61
Melgar	197
Natagaima	524
Ortega	1632
Palocabildo	234
Planadas	1283
Purificación	440
Rioblanco	2596
Roncesvalles	227
Rovira	452
Saldaña	513
San Antonio	637
Suárez	85
Número Total de Viviendas sin servicio de energía eléctrica por departamento	<b>17928</b>

Sin embargo, para la ejecución del proyecto es necesario segmentar la cantidad total población sin servicio de energía eléctrica que podrían ser atendidas, para lo cual se prevé focalizar los esfuerzos a lugares comunes e institucionales de aquellas zonas de mayor afección y con un posible potencial agrícola identificado, ante lo cual, municipios como Planadas, Ataco, Rioblanco, Chaparral, Ortega, Coyaima, Natagaima, Purificación, Saldaña, Armero, Alvarado, Falan, Palocabildo y Herveo, serían las zonas más factibles para la instalación de los prototipos de energía alternativas, debido a su concentración geográfico, vulnerabilidad y difícil acceso. Teniendo como beneficiarias 3000 familias, que corresponden a unas 15000 personas aproximadamente.

#### **4. Efectos**

##### Efectos Directos

- ✓ No existe apropiación del conocimiento técnico por la población rural afectada.

- ✓ Disponibilidad limitada de fuentes convencionales de energía en poblaciones rurales regionales
- ✓ Baja productividad, competitividad y calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales.

#### Efectos indirectos

- ✓ Inconformismo de las regiones por la falta de presencia del estado.
- ✓ Aumento de los índices de analfabetismo-baja escolaridad
- ✓ Pérdidas de poscosecha significativas

### **5. Causas**

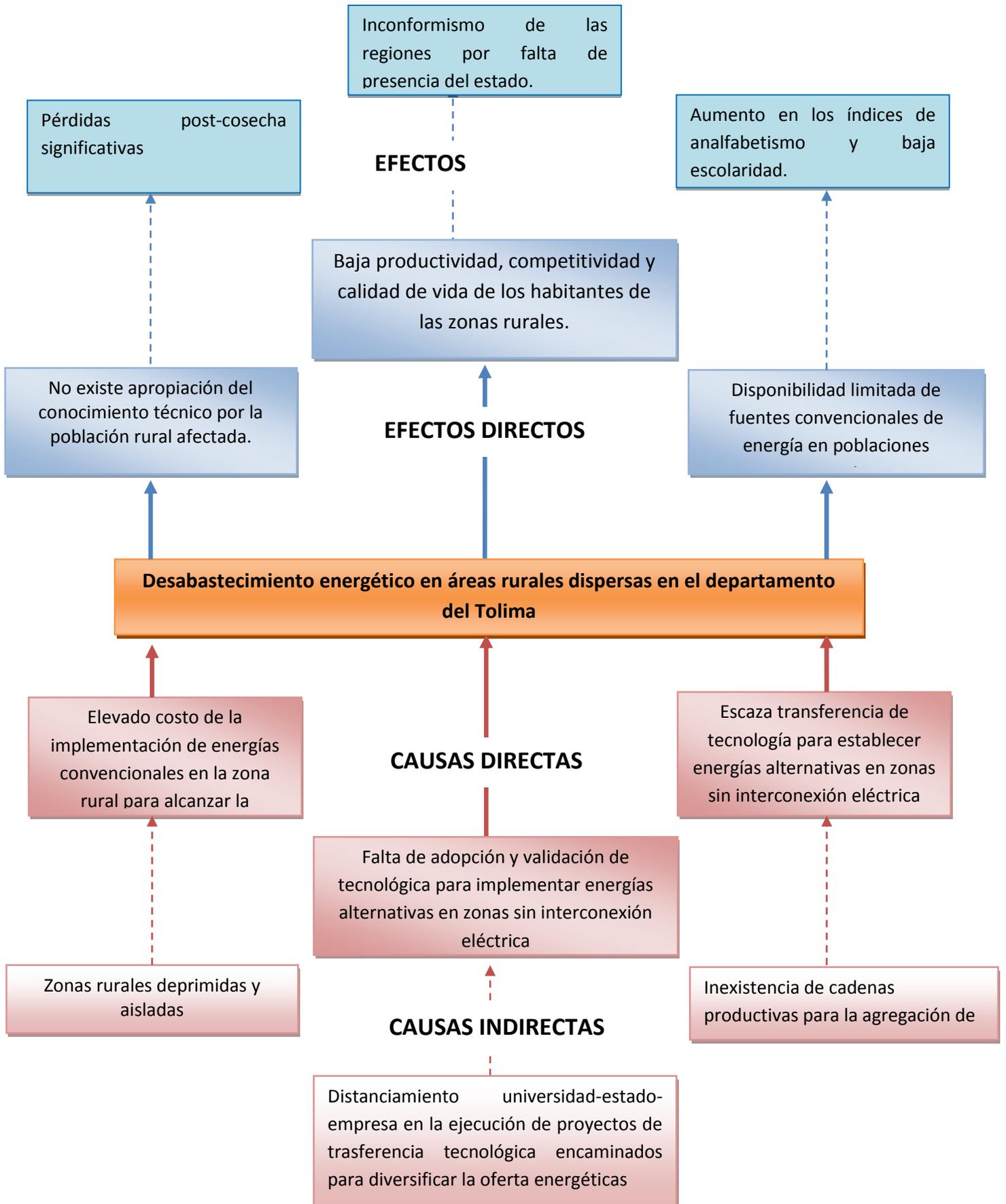
#### Causas directas

- ✓ Falta de adopción y validación de tecnológica para implementar energías alternativas en zonas sin interconexión eléctrica.
- ✓ Elevado costo de la implementación de energías convencionales en la zona rural para alcanzar plena cobertura
- ✓ Escasa transferencia de tecnología para establecer energías alternativas en zonas sin interconexión eléctrica.

#### Causas indirectas

- ✓ Distanciamiento universidad-estado-empresa en la ejecución de proyectos de transferencia tecnológica encaminados para diversificar la oferta energética
- ✓ Zonas rurales deprimidas y aisladas
- ✓ Inexistencia de cadenas productivas para la agregación de valor

### **INFORMACIÓN AMPLIADA: ÁRBOL DE PROBLEMAS**



## 6. Análisis de Participantes

### a. Identificación de participantes

Actor	Nombre del actor	Posición*	Tipo de contribución o desacuerdo (pendiente)
Departamental	Universidad del Tolima	Cooperante	Ejecutor principal
Departamental	Universidad de Ibagué	Cooperante	Ejecutor
Internacional	Universidad de Ghent-Bélgica	Cooperante	Asesoría Internacional
Internacional	InstitutNational de la RechercheAgronomique. Centre de Montpellier-Francia	Cooperante	Asesoría Internacional
Internacional	UNESP Guaratinguetá Brasil	Cooperante	Asesoría Internacional
Internacional	Universidad de Almeria-España	Cooperante	Asesoría Internacional
Otro	Población rural de zonas dispersas en el Tolima	Beneficiarios	Participación en el proceso de transferencia de conocimiento
Otro	Asopiscinorte	Beneficiarios	Participación en el proceso de transferencia de conocimiento

\*Cooperante, perjudicado, beneficiario, oponente

- b. Análisis de participantes presentan una trayectoria en el desarrollo de proyectos de investigación y transferencia de tecnologías en fuentes de energía alternativa.

La Universidad del Tolima y la Universidad de Ibagué, a través de sus grupos de investigación CEDAGRITOL y GMAE La Universidad de Ghent colabora con su reconocida trayectoria en empresas con producción de biocombustible en Europa; El InstitutNational de la RechercheAgronomique de amplia experiencia en investigación y desarrollo de biodigestores y plantas de biogás; UNESP, expertos en energías alternativas, instalaciones eléctricas, sistemas de generación, transmisión y distribución de energía; y finalmente la Universidad de Almería aportando su experiencia en control automático y aplicaciones a procesos relacionados con las energías alternativas

- Señale la experiencia previa de los participantes involucrados en problemas de esta naturaleza:

La Universidad del Tolima y la Universidad de Ibagué, se presentan como ejecutoras del proyecto. Dichas instituciones cuentan con una trayectoria importante en el desarrollo de

proyectos de investigación y transferencia de tecnologías en fuentes de energía alternativas, a través de los grupos de investigación adscritos a cada una de ellas: el **Centro de Desarrollo Agroindustrial del Tolima-CEDAGRITOL**(Organizadores del *Primer Encuentro Regional en Biocombustibles y Energías Renovables, 2008*; con Proyectos como: *Aplicações de secagem para o aproveitamento de resíduos da banana, visando suaaplicaçãona industria, 2010 – 2011*; Trabajos en eventos de *Estudio y modelación de grano grueso de mezclas de alcanos mediante GC/MS con energía de impacto variable, 2005*;y otros trabajos como *sistemas de aprovechamiento de energía solar térmica, 2007*. El grupo **Conservación y aprovechamiento de los recursos naturales-GMAE** (publicación del Libro *Alternativa para la transformaciòn del biogas producido en la PTAR el tejar en energía eléctrica, 2010*; generación de productos tecnológicos: *Horno para la determinación de las variables involucradas en la transformación de la cascarilla de arroz en energía eléctrica, 2011*; participación en proyectos: *Diseño y construcción de un secador de Cafe de Energía solar, 2003*; *Desarrollo de Una Tecnología de generación de Energía Electrica Y Energía Termica Utilizando Como Combustibles Residuos Agrícolas(Prototipo de Arroz de 2 Kw); 2005* y el *Estudio sobre la viabilidad técnico económica para la generación de energía eléctrica a partir de cascarilla de arroz en el departamento del Tolima.; 2009*).

También se han ejecutado proyectos financiados por convocatorias internas de cada institución y por convocatorias a nivel nacional por COLCIENCIAS.

Como asesor experto en energías alternativas, contamos con el apoyo de la Universidad de Ghent (Bélgica), Institut National de la Recherche Agronomique (Francia), UNESP Guaratinguetá (Brasil) y la Universidad de Almeria (España) instituciones que cuentan con importantes investigadores, de reconocida trayectoria en la implementación de proyectos y empresas exitosas para la producción de biocombustibles en Europa y Suramérica.

Este proyecto pretende ser ejecutado en los departamentos de Tolima, con el objetivo de lograr el mayor impacto posible en la población rural ubicada en zonas dispersas no interconectadas por el sistema eléctrico, siendo estos los beneficiarios de la ejecución del proyecto. Inicialmente se logró vincular a la Asociación de Piscicultores del Norte del Tolima, para dar solución al manejo de los residuos piscícolas para la producción de biocombustible (biodiesel), sin embargo, se espera integrar e involucrar otras asociaciones, gremios o empresas que puedan constituir un socio estratégico en pro de la ejecución del proyecto del proyecto.

- Indique tipo de concertación y coordinación que se ha dado entre los participantes:

Las universidades participantes, cuentan con un personal altamente capacitado en los diferentes aspectos técnicos, tecnológicos y científicos sobre los diferentes sistemas de energías alternativas que se pretender implementar. La Universidad del Tolima, será la institución que lidere el accionar de los participantes y la realización de las actividades para la implementación del proyecto. El diseño y aplicación de tecnología de los sistemas

de energías alternativas contará con la asesoría de la Universidad de Ghent (Bélgica), InstitutNational de la RechercheAgronomique (Francia), UNESP Guaratinguetá (Brasil) y la Universidad de Almeria (España)

- Si la comunidad es un participante, describa su participación:

Se espera cubrir inicialmente las comunidades rurales identificadas en el departamento del Tolima que se listaron en el inciso 3. De igual manera, se procederá a vincular con otras asociaciones de productores que requieran asesoría en la implementación de energías limpias y que puedan ser cooperantes en la ejecución del proyecto.

## INFORMACIÓN AMPLIADA: ANÁLISIS DE PARTICIPANTES

### 7. Población Objetivo

Número de personas afectadas por el problema: 17928 familias, 89640 personas aproximadamente

Fuente: Sistema de Información Eléctrico Colombiano-SIEC, (2009), vinculado al Ministerio de Minas y Energía.

Localización de las personas afectadas:Tolima

Número de personas en la población objetivo: 3000 familias, 15000 personas aproximadamente

Fuente: Sistema de Información Eléctrico Colombiano-SIEC, (2009), vinculado al Ministerio de Minas y Energía.

Localización de las personas: Planadas, Ataco, Rioblanco, Chaparral, Ortega, Coyaima, Natagaima, Purificación, Saldaña, Armero, Alvarado, Falan, Palocabildo y Herveo.

Características demográficas de la población objetivo:

<b>Población afectada</b>	Tolima	Fuente
Nro. Habitantes de la población objetivo.	15000	Dane
Necesidades básicas insatisfechas (NBI) %	29.85	Dane
Producto Interno Bruto (PIB) Regional	9668Miles de millones de pesos	Dane
PIB Percapita Regional	\$ 8.624.113	Dane
Tasa de Desempleo Regional	14,6%	Dane
<b>Descripción de la Población Objetivo: quienes son la población objetivo</b>		
Edad		
0 a 6 años	1396	TOLIMA EN CIFRAS
7 a 14 años	2850	TOLIMA EN CIFRAS
15 a 17 años	1461	TOLIMA EN CIFRAS

18 a 26 años	1334	TOLIMA EN CIFRAS
27 a 59 años	6000	TOLIMA EN CIFRAS
Más de 60 años	1959	TOLIMA EN CIFRAS
Total Población por Edad	15000	TOLIMA EN CIFRAS
Género		
Másculino	7533	TOLIMA EN CIFRAS
Femenino	7467	TOLIMA EN CIFRAS
Total Población por Género	15000	

## 8. Objetivos

Objetivo general	Diseñar e implementar modelos de transferencia tecnológica para la generación de energías alternativas en comunidades rurales vulnerables del departamento del Tolima.
Indicador del Objetivo general	# de familias con servicio de energía / # total de la población afectada

### Relación Causa - Objetivo Específico

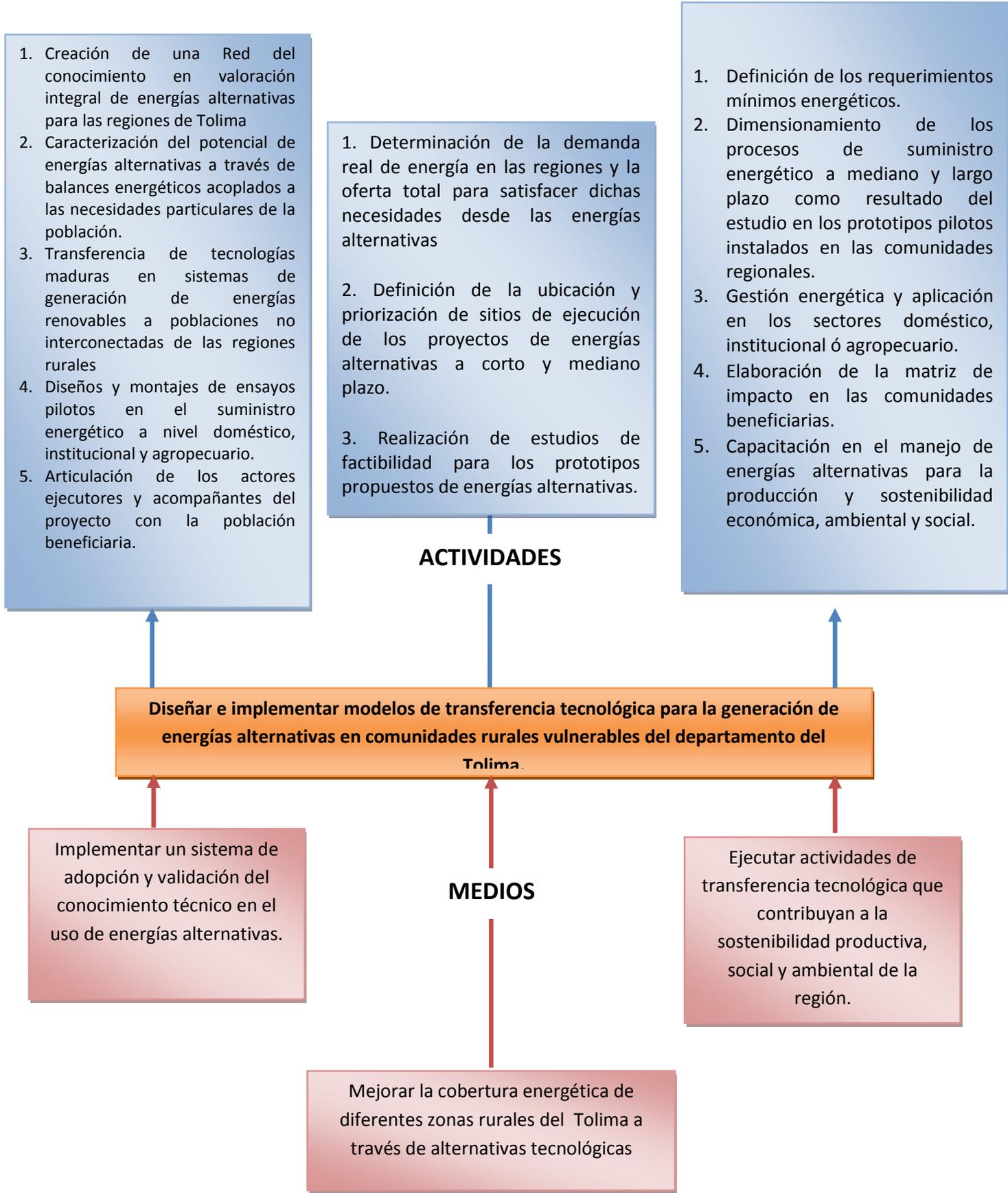
CAUSA	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Falta de adopción y validación de tecnológica para implementar energías alternativas en zonas sin interconexión eléctrica.	Implementar un sistema de adopción y validación del conocimiento técnico en el uso de energías alternativas
Elevado costo de la implementación de energías convencionales en la zona rural para alcanzar plena cobertura	Mejorar la cobertura energética de diferentes zonas rurales del departamento del Tolima a través de alternativas tecnológicas.
Escasa transferencia de tecnología para establecer energías alternativas en zonas sin interconexión eléctrica.	Ejecutar actividades de transferencia tecnológica que contribuyan a la sostenibilidad productiva, social y ambiental de la región.

### INFORMACIÓN AMPLIADA: ÁRBOL DE OBJETIVOS

EFFECTOS	ACTIVIDADES
----------	-------------

<p>No existe apropiación del conocimiento técnico por la población rural afectada.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Creación de una Red del conocimiento en valoración integral de energías alternativas para las regiones de Tolima</li> <li>2. Caracterización del potencial de energías alternativas a través de balances energéticos acoplados a las necesidades particulares de la población.</li> <li>3. Transferencia de tecnologías maduras en sistemas de generación de energías renovables a poblaciones no interconectadas de las regiones rurales</li> <li>4. Diseños y montajes de ensayos pilotos en el suministro energético a nivel doméstico, institucional y agropecuario.</li> <li>5. Articulación de los actores ejecutores y acompañantes del proyecto con la población beneficiaria.</li> </ol>
<p>Disponibilidad limitada de fuentes convencionales de energía en poblaciones rurales regionales</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinación de la demanda real de energía en las regiones y la oferta total para satisfacer dichas necesidades desde las energías alternativas</li> <li>2. Definición de la ubicación y priorización de sitios de ejecución de los proyectos de energías alternativas a corto y mediano plazo.</li> <li>3. Realización de estudios de factibilidad para los prototipos propuestos de energías alternativas.</li> </ol>
<p>Baja productividad, competitividad y calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definición de los requerimientos mínimos energéticos.</li> <li>2. Dimensionamiento de los procesos de suministro energético a mediano y largo plazo como resultado del estudio en los prototipos pilotos instalados en las comunidades regionales.</li> <li>3. Gestión energética y aplicación en los sectores doméstico, institucional ó agropecuario.</li> <li>4. Elaboración de la matriz de impacto en las comunidades beneficiarias.</li> <li>5. Capacitación en el manejo de energías alternativas para la producción y sostenibilidad económica, ambiental y social.</li> </ol>

**Gráfico árbol de objetivos:**



## 9. Alternativas de solución

Energías alternativas: radiación solar, biogás y biodiesel.

## SEGUNDO CAPÍTULO

### 10. Descripción de la alternativa

Diseño, desarrollo e implementación de soluciones de estructuras de: *captación de energía solar para un aprovechamiento eficiente de la radiación solar*; generación *debiogas a partir de residuos orgánicos* y obtención de *biodiesel a partir de residuos agroindustriales*.

### INFORMACIÓN AMPLIADA: ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Conectar áreas remotas a la red eléctrica pública sigue siendo una de las principales dificultades que afectan algunas zonas rurales de nuestra región, especialmente por las dificultades logísticas, una demanda de energía relativamente baja en lugares escasamente pobladas y los altos costos de construcción, los cuales se convierten en un obstáculo para el desarrollo integral.

En este sentido, desarrollar soluciones independientes fuera de la red, que también contribuyen considerablemente al desarrollo de toda la zona es una apuesta fundamental para el crecimiento productivo, social y ambiental de nuestras regiones. Actualmente existen sistemas de generación de energía a través de equipos fotovoltaicos, biodiesel y biogás que permiten suministrar buena calidad de energía, con una vida útil más larga y máxima fiabilidad.

Además del interés por lograr la autosuficiencia energética regional, otro aspecto que llama poderosamente la atención es la visión ambiental, es la emisión de gases contaminantes a partir de la combustión de combustibles fósiles (CO, CO<sub>2</sub> y SOX), especialmente óxidos de azufre, regulados de forma estricta por las normativas vigentes (Norma ASTM D6751, Norma Europea para Biodiésel en 14214). Ante esta situación, alternativas como el biodiesel, el biogás y especialmente la energía solar se perfilan como una solución factible, resaltando las bajas o nulas emisiones, como una de las mayores ventajas comparativas frente a los combustibles tradicionales (Kralova & Sjöblom, 2010; Xue, 2013).

Estos generadores de energía están disponibles con diferentes características de rendimiento y costos de adquisición relativamente bajos. Es por ello que vale la pena promover la instalación de capacidad energética a partir de fuentes de energía renovables.

El proyecto apunta al mejoramiento de la calidad de vida de la población afectada, mejorando el futuro regional de estas zonas rurales basado en el uso de modernos sistemas alternativos para áreas fuera de la red.

## **METODOLOGÍA/ACTIVIDADES**

**1:** Definir los diferentes prototipos (energía solar, biogás y biodiesel), basados en las posibilidades que brinda las múltiples formas de energía alternativa.

**2:** Estructuración (aplicación) de los diferentes prototipos definidos en la Fase 1.

**3:** Análisis y aplicación de cada uno de los tipos de energía alternativa definidos.

### **Diseño e Implementación de Biodiesel**

**Fase 1: Caracterización de las materias primas.** Como actividad preliminar para la puesta en marcha de los prototipos de biodiesel se recopilará información acerca de producción, localización geo-espacial, de posibles fuentes de producción de aceite susceptible para su conversión a biodiesel, mediante revisión de literatura y fuentes de información primaria, tales como, encuestas que serán aplicadas en las zonas donde reside la población objetivo. Con esta información será posible proyectar la disponibilidad de materia prima para producción de biodiesel y la posible proyección de centros de acopio del material. Posteriormente la información se someterá a clasificación, organización y tabulación, que se evaluará mediante análisis de frecuencia y tendencia de mayor impacto.

**Fase 2. Diseño del proceso de obtención de biodiesel.** Por otra parte, la obtención de aceites o grasas se realizará mediante calentamiento, prensado y centrifugado, seguido de pre-tratamientos propuestos por Lin & Li (2009) con el fin de eliminar posibles impurezas. Los materiales utilizados para la conversión a biodiesel (grasas o aceites), dentro de los cuales ya se establecieron, los residuos grasos piscícolas como una de las materias primas a utilizar, serán analizados mediante un análisis proximal siguiendo los procedimientos recomendados por la AOAC (1990) y Bernal (1994), perfil de ácidos grasos mediante CG-MS, índice de acidez, punto de nube (ASTM D2500), índice de peróxido, número ácido (ASTM D664), índice de yodo e índice de refracción, punto de fluidez (ASTM D97), gravedad específica, viscosidad cinemática y pH.

**Fase 3. Diseño, implementación y puesta a punto de un prototipo para la obtención de biodiesel y determinación de uso del biodiesel.** La puesta en marcha de los prototipos para producción de biodiesel, serán realizados según las especificaciones propias de las casas matrices fabricantes puestas a consideración para la adquisición de los equipos respectivos y parámetros clásicos de diseño (Moulijn & Stankiewicz, 2003; Robberts, 2013; Benhabib, 2003; Stuart & El-Halwagi, 2012). La cantidad de biodiesel a producir se determinará en función de la materia prima disponible y la capacidad de

producción del reactor. Se pretende adquirir reactores con una capacidad de producción de 70 galones por bache.

La caracterización del biodiesel permitirá determinar la posible aplicación como combustible en calderas para la generación de calor o su uso en motores diésel a través de la medición de algunos de los siguientes parámetros de calidad: número ácido (ASTM D664), índice de acidez, punto de nube (ASTM D2500), punto de fluidez (ASTM D97), índice de yodo (método de Hanus), estabilidad a la oxidación a 110°C, viscosidad cinemática (ASTM D445), punto de inflamación (ASTM D93), contenido de éster de metilo mediante CG, cenizas sulfatadas (ASTM D874), azufre (ASTM D5453), agua y sedimentos (ASTM 2709), corrosión cobre (ASTMD130), número de cetano (ASTMD613), residuo de carbono (ASTM D4530), glicerina libre y total (ASTM D6584), contenido de fósforo (ASTM 4951), valor calorífico, temperatura de destilación (ASTM D 1160) y densidad (Método del hidrómetro ISO 3675:1998). Comparando los resultados con las especificaciones basadas en normas técnicas (ASTM D6751) y con literatura relacionada con biodiesel obtenidos a partir de otras fuentes. Las mezclas de diésel-biodiesel

**Fase 4. Pruebas y evaluación del comportamiento del biodiesel frente al diésel y mezclas biodiesel-diésel en motores y vehículos.** Con el propósito de obtener resultados válidos, la evaluación de los equipos funcionando con las mezclas propuestas debe tener una duración que permita observar cambios en todo su sistema y en especial el de inyección de combustible y en la salida de los quemadores industriales. Por lo cual se propone realizar pruebas durante un año aproximadamente en un motor diésel marca LISTER y un quemador industrial. No se descartan ensayos posteriores con maquinaria propia en alguno de los centros de producción.

Las pruebas de desempeño de las mezclas diésel-biodiesel serán realizadas como mínimos tres veces en cada uno de los equipos, a fin de minimizar el error inducido por las diversas variables y refinar la calidad de los resultados. El anterior proceso aplica también para la toma de las muestras de los gases de escape, la potencia entregada, el consumo específico de combustible, entre otros parámetros.

Buscando determinar la influencia de los factores que pueden afectar el comportamiento, en el transcurso de la evaluación se realizarán seguimientos periódicos a cada una de las siguientes variables asociadas a cada equipo.

- Metodología y horario de operación.
- Revisión del sistema de refrigeración.
- Revisión general de fluidos e insumos de operación.
- Temperatura del tanque de alimentación de combustible en el momento del encendido inicial.
- Registro de la humedad relativa y temperatura ambiente al momento del encendido de los equipos.

#### **Consideraciones adicionales:**

Buscando tener trazabilidad en el proceso, se registrarán aspectos como:

- Mantenimientos correctivos de algunos de los equipos involucrados durante los días de ejecución de las pruebas.
- Cambios marcados en los resultados de las emisiones sólidas y gaseosas.
- Informe verbal proveniente de los operarios de los equipos, acerca de cambios en el funcionamiento de los mismo operando con la mezcla propuesta.

Equipos de medición:

- Analizador de gases.
- Recolector de material particulado.
- Sensores de presión, humedad relativa, temperatura y flujo.
- Termómetros, higrómetros, calibrador pie de rey, micrómetro.

Otras consideraciones:

- Un taller certificado en sistemas de inyección y quemadores industriales debe ser vinculado al proyecto para contar con personal técnico especializado para realizar la inspección inicial y final de los equipos, así como también los ajustes, calibraciones y otros. Esta fase tendrá el seguimiento y acceso a reporte por parte del personal autorizado por la Universidad de Ibagué.
- Se realizaran evaluaciones periódicas a algunas de las propiedades del biodiesel y del aceite RBD.

### **Diseño e Implementación de Biogas**

El biogás es una mezcla de gases, principalmente metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que se forma cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno, es decir en condiciones anaeróbicas. En la naturaleza podemos encontrar ejemplos de producción de biogás en las lagunas, en aguas estancadas, en los sedimentos marinos, en la panza de los rumiantes. Los responsables de la transformación de la materia orgánica en biogás son mezclas de microorganismos anaerobios: bacterias acidogénicas y acetogénicas encargadas de biodegradar la materia orgánica en ácidos grasos volátiles y las arqueas responsables de la biotransformación de los ácidos grasos volátiles en biogás. El biogás con altas concentraciones de metano puede ser usado para cocinar, iluminar y calentar. También puede ser utilizado como combustible para un motor, siempre y cuando este sea modificado ligeramente. Adicionalmente el proceso anaerobio deja lodos digeridos con condiciones apropiados para ser utilizados como mejoradores de suelo y posiblemente como fertilizantes. Este proceso debe ser realizado en depósitos cerrados, llamados digestores, que garanticen la completa ausencia de oxígeno.

En zonas rurales se puede hacer uso de diferentes materias primas con alto contenido orgánico que generalmente son residuos como el estiércol, material vegetal, residuos de cocina, residuos de mataderos, residuos de plazas de mercado, etc.

Para el diseño y montaje de los prototipos de biogás en las zonas rurales se propone la siguiente metodología:

- Caracterización de las materias primas de la región.

- Selección de la ubicación del biodigestor.
- Diseño del prototipo de biogás.
- Construcción del prototipo de digestión anaerobia.
- Arranque del proceso anaerobio.
- Seguimiento del proceso, obtención de las condiciones óptimas para la transformación de la materia orgánica.
- Obtención y análisis de resultados.
- Caracterización y determinación del uso de biogás en la zona rural (incluyendo el arranque y seguimiento del proceso).
- Capacitación

Durante la ejecución del proyecto se debe realizar seguimiento de las variables del proceso anaerobio por lo que se requiere diferentes análisis fisicoquímicos:

- La caracterización de las materias primas requiere la determinación de material volátil y mineral, concentración de carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos grasos volátiles, DQO, pH, nitrógeno orgánico, alcalinidad, salinidad.
- El arranque y el seguimiento del proceso deben ser respaldados por análisis fisicoquímicos semanales que incluyen carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos grasos volátiles, DQO, pH, nitrógeno orgánico, concentraciones de amonio y sulfatos, y el análisis del biogás que incluye caudal, concentraciones de metano, dióxido de carbono, hidrogeno y ácidosulfídrico.

### **Diseño e Implementación de Energía Solar**

Para el prototipo de energía solar. Se estima que se debe implementar una instalación básica de condiciones mínimas de producción de energía, esto es del orden de 350 vatios y desde este, hacer las mediciones en los diferentes sitios definidos para su implementación, con el objetivo de medir su rendimiento y capacidad a partir de la energía solar. Se estima como mínimo adquirir los siguientes dispositivos y algunos más que son de control, pero que no se definen aún, por ser dependientes de las diferentes opciones de lugar y condiciones climáticas, por ejemplo.

**PANEL FOTOVOLTAICO:** es una unidad formada por materiales semiconductores capaces de producir mediante una unión positivo-negativo, una barrera de potencial que haga posible el efecto fotovoltaico, entendiéndose que este consiste, en esencia, en la conversión de la energía que transporta los fotones de luz, cuando incide sobre materiales semiconductores, convenientemente tratados, en energía eléctrica capaz de impulsar los electrones despedidos a través de un circuito exterior, realizando un trabajo útil.

**ACUMULADORES:** cumplen dos importantes misiones suministrar una potencia instantánea, o durante un tiempo limitado, superior a la que el campo de paneles podría generar aun en los momentos más favorables posibles. Tal es el caso de los arranque de los motores, por ejemplo, los de los frigoríficos, que requieren durante unos segundos una

potencia varias veces superior a la de su normal funcionamiento. Y segundo mantener un nivel de tensión estable. La tensión de salida del panel varía en función de la intensidad radiante, lo cual no puede ser adecuado para el funcionamiento de los aparatos. El acumulador proporciona un voltaje estable y constante.

**REGULADORES:** como los paneles fotovoltaicos se diseñan para que puedan producir una tensión de salida algunos voltios superior a la tensión que necesita una batería para cargarse, el regulador de carga como su nombre lo indica (también se le denomina controlador), tiene la misión de regular la corriente que absorbe la batería

**CONVERTIDORES:** Son dispositivos capaces de alterar la tensión y características de la corriente eléctrica que reciben, transformándola de manera que resulte más apta para los usos específicos a que valla destinada en cada caso. Los convertidores son de corriente continua-corriente alterna y de corriente continua-corriente continua.

Lo anterior tiene la versatilidad de poder ser utilizados en otros procesos con solo algunos ajustes técnicos, por ejemplo para mover un generador de corriente, para procesos de secado y producción de agua caliente. Posteriormente se realizará la valoración de la producción del prototipo y su viabilidad en el escalamiento.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS**

Los análisis experimentales y de laboratorio que sean requeridos, en lo posible serán realizados con tres replicas, reportando los datos como la media de tres determinaciones ( $n=3 \times 3$ ) seguido de la desviación estándar. Los datos se someterán a un análisis de varianza, por ANOVA simple y pruebas de comparación múltiple de LSD Fisher. Para determinar el nivel de asociación entre las variables evaluadas se llevará a cabo un análisis de componentes principales y un análisis multivariado de varianza-MANOVA, cuando se requiera. InfoStat/Profesional® versión 1.2. y Design-Expert 8, serán los programas estadísticos utilizados.

## 11. Estudio de Mercado

Bien o Servicio producido: Describir el bien o servicio producido

Unidad de medida: Estudios de Factibilidad

	Oferta	Demanda
2013	0	3
2014	1	2
2015	3	0

Unidad de medida: Prototipos en Marcha

	Oferta	Demanda
2013	0	27
2014	14	13
2015	27	0

## 12. Capacidad y beneficiarios

Capacidad generada:	Aplicación de tecnología y conocimiento sobre energías alternativas
Total capacidad generada:	27 prototipos (Energía solar, biodiesel y biogás)
Unidad medida:	Prototipo
Número de beneficiarios:	3000 familias

## 13. Localización de la alternativa

Región	Norte
Departamento	Tolima
Municipio	Herveo, Palocabildo, Falan, Armero, Alvarado
Centro poblado	Veredas y demás zonas rurales dispersas

Región	Centro – Sur
Departamento	Tolima
Municipio	Saldaña, Purificación, Natagaima, Coyaima, Ortega

Centro poblado	Veredas y demás zonas rurales dispersas
----------------	---

Región	Sur
Departamento	Tolima
Municipio	Chaparral, Rioblanco, Ataco y Planadas
Centro poblado	Veredas y demás zonas rurales dispersas

**14.1 Factores Analizados** *(De las siguientes opciones seleccionar cuales influyeron en la elección de la localización del proyecto)*

✓ Aspectos administrativos y políticos	X
✓ Cercanía a la población objetivo	X
✓ Cercanía a las fuentes de abastecimiento	X
✓ Comunicaciones, costo y disponibilidad de terrenos	X
✓ Disponibilidad de servicios públicos	X
✓ Disponibilidad y costo de mano de obra	
✓ Estructura impositiva y legal	
✓ Factores ambientales	X
✓ Impacto para la equidad de género	
✓ Medios y costos de transporte	X
✓ Orden público	
✓ Otros	
✓ Topografía	

**14. Estudio Ambiental**

¿Se requiere estudio ambiental, permisos, o licencias para el desarrollo del proyecto?

No

**15. Análisis de Riesgos\***

<b>Descripción del riesgo</b>	Falta de compromiso por parte de los beneficiarios para ejecutar el proyecto y dar continuidad al mismo después de implementado.
<b>Probabilidad</b> ✓ Frecuente ✓ Ocasional ✓ Poco probable ✓ Probable ✓ Remoto	Poco probable

<b>Impacto</b> ✓ Alto ✓ Bajo ✓ Moderado ✓ Muy alto ✓ Muy bajo	Muy Alto
<b>Efectos</b>	El desabastecimiento energético de las poblaciones rurales dispersas continuará, sin la opción de mejorar su calidad de vida, condiciones de confort y nivel de productividad rural
<b>Medidas de mitigación</b>	Mantener el interés de la comunidad beneficiada, vinculándola en la mayor cantidad de actividades posibles, para generar el sentido de pertenencia y compromiso con el proyecto, que garanticen la continuidad del proyecto

## 16. Costeo de la alternativa

### RESUMEN DEL PRESUPUESTO

RUBROS		FUENTES					
		CONTRAPARTIDA				SGR	TOTAL
		Universidad del Tolima		Universidad de Ibagué		Efectivo	
Especie	Efectivo	Especie	Efectivo				
01.	Talento humano	\$116.939.472,00	\$ -	\$ 89.356.800,00	\$ -	\$ 887.585.088,00	\$ 1.093.881.360,00
02.	Equipos y software			\$ -	\$ -	\$ 1.665.550.000,00	\$ 1.665.550.000,00
03.	Capacitación y participación en eventos			\$ -	\$ -	\$ 51.200.000,00	\$ 51.200.000,00
04.	Servicios tecnológicos y pruebas			\$ -	\$ -	\$ 75.000.000,00	\$ 75.000.000,00
05.	Materiales, insumos y documentación	\$ 7.500.000,00	\$ -	\$ 7.500.000,00	\$ -	\$ 5.000.000,00	\$ 20.000.000,00
06.	Protección de conocimiento y divulgación			\$ -	\$ -	\$ 56.100.000,00	\$ 56.100.000,00
07.	Gastos de viaje			\$ -	\$ -	\$ 274.660.015,00	\$ 274.660.015,00
08.	Infraestructura	\$ 32.000.000,00	\$ -	\$ 68.000.000,00	\$ -	\$ -	\$ 100.000.000,00
09.	Administrativos	\$ 90.000.000,00		\$ 90.000.000,00	\$ -	\$ -	\$ 180.000.000,00
10.	Interventoria			\$ -	\$ -	\$ 84.000.000,00	\$ 84.000.000,00
11.	Otros			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	<b>TOTAL</b>	\$ 246.439.472,00	\$ -	\$ 254.856.800,00	\$ -	\$ 3.099.095.103,00	\$ 3.600.391.375,00

## Depreciación activos fijos

Nombre activo fijo: Equipos y software

Descripción activo fijo: Equipos de medición, análisis y producción para la puesta en marcha de los prototipos propuestos (Ver descripción y cuantificación de los equipos y software en libro Excel Presupuesto)

Valor activo: \$ 1.665.550.000,00

Año de adquisición:2014

### 17. Cuantificación de Ingresos

Tipo de ingreso: Ingreso per capita zona rural

Ingreso (ventas) \_\_\_\_ ó Beneficio \_x\_

Descripción: Mejoramiento de la calidad de vida de la población beneficiaria a través del incremento de sus ingresos

Bien producido:

Año	Cantidad	Valor Unitario (\$)
2013	15000	196672*
2014	15000	214372
2015	15000	233666

\* Ingreso per capita en zonas rurales para Colombia (DANE, 2011)

### 18. Costo de oportunidad

Tasa de interés de oportunidad: 12 %

Justificación de la tasa de oportunidad: es una Tasa de Interés Social.

**INFORMACIÓN AMPLIADA: MARCO LÓGICO DE INTERVENCIÓN**

<b>1. MATRIZ MARCO LÓGICO DE INTERVENCIÓN</b>					
	<b>Lógica</b>	<b>Tiempo Planeado</b>	<b>Indicadores verificables</b>	<b>Fuentes y medios</b>	<b>Hipótesis</b>
	<b>de intervención</b>	<b>(Días)</b>	<b>objetivamente</b>	<b>de verificación</b>	
<b>Objetivo</b>	¿Cuál es el objetivo general a que va a contribuir la investigación?		¿Cuál es el indicador clave relacionado con el objetivo general?	¿Cuáles son las fuentes de información apropiadas para esos indicadores?	
Objetivo general	Diseñar e implementar modelos de transferencia tecnológica para la generación de energías alternativas en comunidades rurales vulnerables del departamento del Tolima.	730	# de personas con servicio de energía / # total de la población afectada  Presentación de informe final	Población beneficiada  Informe final	Zonas comunes y de concentración poblacional geográfica
<b>Objetivos específicos</b>	¿Qué objetivos específicos debe lograr la investigación como contribución al objetivo general?		Indicadores Verificables Objetivamente	Medios de Verificación	Supuestos
<b>A</b>	Implementar un sistema de adopción y validación del conocimiento técnico en el uso de energías alternativas	730	27 prototipos puestos en funcionamiento en energías alternativas	Actas de reuniones, memorias de eventos, tesis y artículos	Profesional calificado en la formulación y desarrollo de estudios en energías

					alternativas
<b>B</b>	Mejorar la cobertura energética de diferentes zonas rurales del departamento del Tolima a través de alternativas tecnológicas.	730	5 estudios: 1 de demanda real, 1 de micro localización y 3 de factibilidad de las energías.	Prototipos de los modelos de energía alternativa	Profesional calificado en la formulación y desarrollo de estudios en energías alternativas
<b>C</b>	Ejecutar actividades de transferencia tecnológica que contribuyan a la sostenibilidad productiva, social y ambiental de la región.	730	750 personas capacitadas en la Transferencia de los prototipos puestos en funcionamiento en energías alternativas	Informes de seguimiento del proyecto	Compromiso por parte de la población objetivo
<b>Resultados esperados</b>	<b>Los resultados son los logros que permiten alcanzar el objetivo específico ¿Cuáles son los resultados esperados?</b>		<b>Indicadores Verificables Objetivamente</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Supuestos</b>

<b>A1</b>	Creación de una Red del conocimiento en valoración integral de energías alternativas para las regiones de Tolima	365	Una Red internacional de energías alternativas	Conformación de la Red Internacional de Energías Alternativas.	Gestión, integración y articulación eficiente con los contactos de la red.
<b>A2</b>	Caracterización del potencial de energías alternativas a través de balances energéticos acoplados a las necesidades particulares de la población.	730	Un estudio de caracterización de energías alternativas	Protocolos y prototipos de los modelos de energía alternativa	Bases de datos actualizadas, conocimiento de las condiciones particulares de la población objetivo
<b>A3</b>	Transferencia de tecnologías maduras en sistemas de generación de energías renovables a poblaciones no interconectadas de las regiones rurales	730	Participación en un evento nacional para difusión de resultados  Participación en un evento internacional para difusión de resultados	Artículos científicos publicados en revistas científicas  Publicación de resultados en memorias de eventos  Certificados de	Profesional calificado y con experiencia en publicaciones científicas

				<p>asistencia y ponencias en eventos</p> <p>Bases de datos</p>	
<b>A4</b>	Diseños y montajes de ensayos pilotos en el suministro energético a nivel doméstico, institucional y agropecuario	365	Transferencia de 27 prototipos puestos en funcionamiento en energías alternativas	<p>Puesta en marcha de prototipos de energías alternativas</p> <p>Aplicación de prototipos a sistemas de energía eléctrica o uso domiciliario</p>	Profesional calificado y capacitado en el diseño de prototipos de energías alternativas
<b>A5</b>	Articulación de los actores ejecutores y acompañantes del proyecto con la población beneficiaria	365	Establecimiento de la base social, 60 actas de las reuniones de socialización, difusión y capacitación	<p>Actas de reuniones</p> <p>Listados asistencia</p> <p>Certificados emitidos</p>	Garantía y seguridad regional
<b>B1</b>	Determinación de la demanda real de energía en las regiones y la oferta total para satisfacer dichas necesidades desde las energías alternativas	730	Un estudio de demanda real de energía en la población objetivo	<p>Informes de demanda real de energía.</p> <p>Encuestas.</p> <p>Registros de salidas de campo.</p> <p>Archivos y fotografías digitales</p>	Bases de datos actualizadas

<b>B2</b>	Definición de la ubicación y priorización de sitios de ejecución de los proyectos de energías alternativas a corto y mediano plazo	730	Un estudio de micro-localización para los 27 prototipos de energías alternativas	Registro de la ubicación geo-espacial susceptibles de instalación de prototipos. Encuestas. Registros de salidas de campo. Archivos y fotografías digitales	Bases de datos actualizadas
<b>B3</b>	Realización de estudios de factibilidad para los prototipos propuestos de energías alternativas.	365	Tres estudios de factibilidad por cada tipo de energía alternativa	Informes de cada uno de los estudios de factibilidad	Personal calificado en el cálculo y evaluación de estos estudios
<b>C1</b>	Definición de los requerimientos mínimos energéticos.	730	Un estudio de demanda real y potencial de energía en la población objetivo	Informes de demanda real de energía. Encuestas. Registros de salidas de campo. Archivos y fotografías digitales	Bases de datos actualizadas

<b>C2</b>	Dimensionamiento de los procesos de suministro energético a mediano y largo plazo como resultado del estudio en los prototipos pilotos instalados en las comunidades regionales.	730	Un estudio de demanda real y potencial de energía en la población objetivo	Informes de demanda real de energía. Encuestas. Registros de salidas de campo. Archivos y fotografías digitales	Bases de datos actualizados para la toma de muestras
<b>C3</b>	Gestión energética y aplicación en los sectores doméstico, institucional ó agropecuario.	730	Transferencia de 27 prototipos puestos en funcionamiento en energías alternativas	Puesta en marcha de prototipos de energías alternativas  Aplicación de prototipos a sistemas de energía eléctrica o uso domiciliario	Condiciones mínimas complementarias de infraestructura
<b>C4</b>	Elaboración de la matriz de impacto en las comunidades beneficiarias.	730	Una matriz de impacto	Informe final de proyecto Matriz de impacto	Aseguramiento de la posterior utilización de la capacidad instalada generada.

<p><b>C5</b></p>	<p>Capacitación en el manejo de energías alternativas para la producción y sostenibilidad económica, ambiental y social.</p>	<p>730</p>	<p>Un programa de capacitación para los tres tipos de energías alternativas propuestas</p> <p>Entrega de 500 cartillas para difusión de los resultados</p> <p>Publicación de un libro para difusión de los resultados</p>	<p>Listados asistencia  Certificados emitidos  Informes técnicos.  Archivos digitales.  Cartillas de difusión  Publicación de libro</p>	<p>Herramientas, personal calificado y buenas disposiciones externas al proyecto</p>
------------------	--	------------	---	---	--