

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD-

Escuela de Ciencias Jurídicas y Políticas ECJP

Programa Especialización en Gestión Pública

ENERGIAS ALTERNATIVAS EN LA AMAZONIA COLOMBIANA

Elaborado por:

Magda Piedad García Cardona

John Alexander Silvara Guerrero

Leticia, Amazonas

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD-

Escuela de Ciencias Jurídicas y Políticas ECJP

Programa Especialización en Gestión Pública

ENERGIAS ALTERNATIVAS EN LA AMAZONIA COLOMBIANA

Monografía de Compilación

Dr. Henry Hurtado

Administrador de empresas

Especialista en Administración de Salud.

Magíster en Ciencias de la Organización

Director de Proyecto de Grado

Elaborado por:

Magda Piedad García Cardona

John Alexander Silvara Guerrero

Leticia, Amazonas

2018

Índice

1. Resumen
2. Palabras clave
3. Abstract
4. Keywords
5. Introducción
6. Planteamiento del problema
7. Justificación
8. Objetivos
9. Marco de referencia
 - a) Marco teórico
 - i. Generación de energía a base de fuentes alternativas.
 - Energía solar.
 - energía eólica.
 - Energía a base de Biomasa
 - Energía mareomotriz.
 - Energía Geotérmica.
 - b) Marco contextual
 - i. Información socio económica departamento del Amazonas
 - ii. Situación energética actual en el departamento del Amazonas.
 - iii. Fuentes de energía no convencional existentes en el Amazonas.
 - c) Marco legal
 - i. Marco regulatorio para el uso de energía alternativas en Colombia.
10. Hallazgos
11. Conclusiones

12. Referencias Bibliográficas

13. Referencias Electrónicas

Resumen

Dadas las actuales condiciones que viene afrontando nuestro planeta, la humanidad está en mora de tomar medidas inmediatas sobre el uso de recursos no renovables en los sistemas de generación de energía eléctrica, dependiendo de las necesidades de cada región, es así que focalizando los análisis en la materia, el presente trabajo pretende brindar a la comunidad académica un panorama claro respecto a la aplicación de energías alternativas en los diferentes sistemas eléctricos de la amazonia colombiana.

Se presentan las actuales características de los sistemas de generación de energía eléctrica en el departamento del Amazonas, analizando el tipo de combustible que utilizan, y su incidencia en los niveles de contaminación de la región, de la misma manera se determinarán las condiciones geográficas, sociales y políticas del departamento con el fin de verificar el impacto que representaría para estas comunidades.

Considerando que la implementación de las nuevas tecnologías en nuestro país, presenta connotaciones de tipo regulatorio y tributario, el presente estudio analizara como el marco normativo y legislativo incide en la aplicación e incentivación de este tipo de energías alternativas en el departamento del Amazonas.

Palabras clave

Energías alternativas, medio ambiente, sistemas auto sostenibles, combustibles fósiles, emisión de gases de efecto invernadero.

Abstract

Given the current conditions facing our planet, humanity is in the process of taking immediate action on the use of non-renewable resources in the systems of regeneration of electric energy, depending on the needs of each region, so focusing the analyzes in The present work intends to offer to the academic community a clear panorama regarding the application of alternative energies in the different electrical systems of the Colombian Amazon.

The present characteristics of the systems of electric power generation in the department of Amazonas are presented, analyzing the type of fuel they use and their incidence in the levels of pollution of the region, in the same way the geographic, social conditions, Policies of the department in order to verify the impact that would represent for these communities.

Considering that the implementation of the new technologies in our country presents regulatory and tax connotations, this study will analyze how the normative and legislative framework affects the application and incentive of this type of alternative energy in the department of Amazonas.

Keywords

Alternative energies, environment, self-sustainable systems, fossil fuels, emission of greenhouse gases.

Introducción

El Amazonas, es un símbolo a nivel mundial, cuando se habla de producción de oxígeno, se trata de una espesa selva tropical húmeda que brinda un equilibrio ambiental a la naturaleza, que, por su gran extensión y poca densidad poblacional, se convierte en un área de importantes connotaciones ambientales en el país, sin embargo, es posible que el Amazonas cuente con un enemigo propio, que pueda estar destruyendo ambientalmente la región, debido a la utilización de combustible fósil en el 100% de la generación de energía eléctrica, esta situación será objeto de análisis en el presente estudio.

El mayor centro poblado de la amazonia colombiana es la ciudad de Leticia, Amazonas, cuenta con cerca de 30.000 habitantes, los cuales suplen sus necesidades energéticas de una central eléctrica que genera energía a base de combustible diésel, el servicio se presta las 24 horas del día todos los días del año, de esta manera se tiene un sistema de generación de energía que genera desarrollo económico a la región, pero que puede estar afectando de manera sustancial los niveles de contaminación ambiental en la región.

¿Cómo se puede concebir que con los avances tecnológicos que se han presentado en fuentes alternas de energía a lo largo de los últimos años, el denominado pulmón del mundo, genere el 100 % de la energía eléctrica a base de combustibles fósiles ?, en el presente estudio se tratara de determinar cuáles son las causas que han impedido la implementación a gran escala de energías alternativas como fuente de energía eléctrica en el departamento del Amazonas.

A pesar de ser el departamento de mayor extensión en nuestro país, el Amazonas es también el departamento con menor población y, por tanto, no representa gran importancia para el gobierno central, donde ven al Amazonas como una región aislada y de poca importancia para los intereses de desarrollo económico de la nación, esta situación hace que la ciudad no

cuenta con suficientes estudios técnicos en la materia, lo que puede dificultar un poco la investigación.

La presente investigación contemplará una recopilación de información proveniente de las diferentes entidades del orden nacional, territorial y privada que ejerzan alguna influencia en todos los sistemas eléctricos del departamento, se contempla una búsqueda de información que nos permita conocer el detalle de cómo operan estos sistemas eléctricos en la región, se incluirá un análisis al marco regulatorio y normativo que se aplica en las áreas de influencia. Debido a la gran importancia que representa el departamento en cuanto a los aspectos ambientales se refiere y siendo coherentes con las políticas mundiales sobre el cambio climático, se incluirán en el trabajo, cifras sobre actuales emisiones de gases contaminantes por parte de los actuales sistemas de generación de energía existentes en el departamento.

Surtida la etapa de recopilación de información, descrita en el párrafo anterior, procederemos a analizar el estado actual en el que se encuentra el departamento del Amazonas, frente a las posibilidades energéticas existentes en la región, con el fin de dictaminar si los mismos son acordes a las fuentes de energía existentes o si por el contrario cuentan con sistemas eléctricos poco convenientes para la región.

De la misma manera el presente estudio, contemplará una revisión bibliográfica, que permita conocer en detalle las diferentes tecnologías que existen, para ser aplicadas en sistemas de generación de capacidad similar a los existentes en la región objeto de estudio, verificando el nivel de dichas fuentes, y la implicación que pueda tener el uso de las mismas en el proceso energético.

Se determinará el nivel de consumo energético de la región objeto de estudio, con el fin de diferenciar si dentro de la misma existen diferencias marcadas en cuanto a ubicación geográfica y densidad de consumo, para de esta manera determinar si es más adecuado

analizar diferentes fuentes de energía de acuerdo a las características de la zona donde se aplicará.

Justificación

El desarrollo económico y social del departamento del Amazonas, se encuentra rezagado en comparación con los niveles de desarrollo que presenta el país, el Amazonas es el departamento de Colombia donde se paga el servicio de energía mas costoso del país, esto en gran medida se presenta por la dependencia de combustibles fósiles en los sistemas de generación existentes, lo cual requiere una difícil logística para el transporte del combustible y aceites a la región. A pesar de esta situación, no se han generado políticas públicas locales encaminadas a la implementación de esta clase de sistemas, no se evidencian incentivos para la masificación de tecnologías limpias, se carece de estudios que permitan determinar la conveniencia de esta clase de tecnologías.

Se hace necesario realizar un análisis detallado que permita brindar información suficiente para la toma de decisiones encaminadas hacia un desarrollo energético auto-sostenible y amigable con el medio ambiente, un desarrollo que permita explotar las diferentes fuentes no convencionales existentes en el departamento del Amazonas y de esta manera aportar de manera importante al desarrollo económico de la región, por cuanto la implementación de estas tecnologías generara una reducción en los costos energéticos presentes en la actualidad.

Planteamiento del problema

La Amazonia Colombiana, es considerada como uno de los lugares del mundo que más incidencia tiene en la protección del medio ambiente, allí existen 390.707,6 km² de bosques naturales, situación que la hace especial en el marco internacional, principalmente por su aporte en la absorción de CO₂ que realizan estos bosques.

A pesar de ello, esta región ha venido presentando una considerable disminución en sus características fundamentales, efectos como la tala indiscriminada, la proliferación de cultivos ilícitos, la minería ilegal, indudablemente implican una disminución en las maravillas ambientales que provee esta selva colombiana.

Se suma a esta situación que más del 99 % de la generación de energía eléctrica se realiza mediante tecnologías a base de combustible fósil, (Diésel y Fuel Oil pesado), generando altos niveles de contaminación a la atmosfera, además de los altos costos que se presentan al generar energía eléctrica a base de esta tecnología, solo la central eléctrica de Leticia, consume 200.000 galones de combustible al mes, combustible que debe ser transportado de países vecinos o desde el interior del país, involucrando costos representativos a la hora de calcular la tarifa del servicio.

El departamento del Amazonas, presenta una inusual característica negativa en cuanto al desarrollo económico se refiere, al ser una región aislada del resto del país, presenta una economía muy limitada, basada en el comercio, la pesca y el sector turístico, estos tres aspectos son los pilares de la economía de la región, pilares que se encuentran en una situación preocupante, ya que todos dependen directamente del servicio de energía, y el hecho de contar con el kwh más costoso de todo el país, pone a la región en una desventaja frente a economías de otras regiones.

Es importante resaltar el contraste que se presenta en esta región rica en recursos naturales y cuya generación se realiza sin utilizar ninguna de estas fuentes, llama la atención la poca o casi nula intervención del estado colombiano en fomentar la aplicación de nuevas tecnologías en los sistemas de generación de energía eléctrica en el departamento.

La central de generación de Leticia, capital y mayor centro poblado del departamento, cuenta con un sistema de generación compuesto de cinco (5) unidades de generación, tres a base de diésel y dos a base de fuel oil, que si bien es cierto según estudio realizado en el último año¹, los niveles de emisiones se encuentran dentro de los límites que establece la norma colombiana², también es cierto que dichas emisiones podrían reducirse significativamente con la implementación de energías alternativas de manera escalonada.

Las unidades de la central de generación de Leticia, de acuerdo al tipo de combustible que utilizan, emiten a la atmosfera gases contaminantes tales como, Dióxido de Azufre, Neblina acida, Óxido de Nitrógeno y Monóxido de Carbono.

Lo anterior indudablemente nos debe ubicar en una situación critica respecto a ¿si definitivamente se debe implementar el uso de tecnologías limpias en los sistemas de generación de la Amazonia Colombiana?

¹ Consultoría, Estimado de emisiones Atmosféricas ENAM, PROINSA LTDA 2017

² Decreto 948 de 1995 y resolución 909 de 2008 del Ministerio del Medio ambiente.

Justificación

El desarrollo económico y social del departamento del Amazonas, se encuentra rezagado en comparación con los niveles de desarrollo que presenta el país, el Amazonas es el departamento de Colombia donde se paga el servicio de energía mas costoso del país, esto en gran medida se presenta por la dependencia de combustibles fósiles en los sistemas de generación existentes, lo cual requiere una difícil logística para el transporte del combustible y aceites a la región. A pesar de esta situación, no se han generado políticas públicas locales encaminadas a la implementación de esta clase de sistemas, no se evidencian incentivos para la masificación de tecnologías limpias, se carece de estudios que permitan determinar la conveniencia de esta clase de tecnologías.

Se hace necesario realizar un análisis detallado que permita brindar información suficiente para la toma de decisiones encaminadas hacia un desarrollo energético auto-sostenible y amigable con el medio ambiente, un desarrollo que permita explotar las diferentes fuentes no convencionales existentes en el departamento del Amazonas y de esta manera aportar de manera importante al desarrollo económico de la región, por cuanto la implementación de estas tecnologías generara una reducción en los costos energéticos presentes en la actualidad.

Objetivos

Objetivo general

Analizar las características energéticas que existen en el departamento del Amazonas para determinar si existe una necesidad real de implementar soluciones energéticas a base de fuentes no convencionales de energía.

Objetivos específicos

Establecer el impacto económico que se generara a los usuarios del servicio de energía eléctrica en la Amazonia colombiana, si se implementaran soluciones energéticas no contaminantes.

Determinar el impacto ambiental que se podría presentar en la región con sus respectivas implicaciones internacionales, si la región abandera políticas energéticas enfocadas a la reducción del uso de combustibles fósiles.

Plantear alternativas de generación de energía de manera independiente en las localidades indígenas, garantizando que las mismas, sean acordes a las necesidades reales que presentan las diferentes comunidades.

Marco de referencia

Marco teórico

A lo largo de los años el ser humano ha masificado la generación de energía a base de combustibles fósiles, definidos por Yudy Alexandra Guerrero Gallego, en su trabajo final de grado “La enseñanza de conceptos de energías alternativas a través de un objeto virtual de aprendizaje significativo y la comprensión de los principios de sostenibilidad ambiental, de Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2012, como todas aquellas materias primas empleadas en la combustión, las cuales se han formado a partir de las plantas y otros organismos que existieron en tiempos remotos en la Tierra. El carbón en todas sus variedades, el petróleo y el gas natural son hacen parte de estos productos.

Las energías alternativas, también llamadas energías renovables, son llamadas así porque brindan una alternativa a la hora de generar energía, sin la necesidad de utilizar recursos no renovables. Son procesos mediante los cuales se produce la energía eléctrica, pero utilizando como fuente de combustible, fuentes naturales virtualmente inagotables porque son capaces de regenerarse por medios naturales, entre otras tenemos:

- El viento.
- El sol,
- Los mares,
- El calor de la tierra
- Vegetación – Biomasa

Estas clases de energía ayudan a reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera, coadyuvando en las políticas medioambientales, que tanto interés está despertando en la comunidad a lo largo de los últimos años, ya que no implican quema de combustibles fósiles

o tratamiento de particulares como la energía nuclear, al ser energías limpias de emisiones, se garantiza un desarrollo sostenible en el planeta, el cual se está viendo afectado fuertemente por los desbalances medio ambientales que se están presentando, deforestaciones, deterioro de la capa de ozono, calentamiento global, sequias, inundaciones etc.

Las energías alternativas utilizan fuentes no convencionales de energía, fuentes renovables que alimentan sistemas eléctricos no convencionales, pero que ofrecen las mismas garantías a la hora de generar energía.

Existen diversas clases de energías alternativas según el tipo de “combustible” que utilicen, dentro de los cuales tenemos los siguientes tipos:

Energía solar

La energía solar como su nombre lo indica corresponde al sistema de generación de energía que utiliza los rayos solares como fuente de combustible, a su vez se divide en dos tipos: Energía Solar fotovoltaica y Energía solar Térmica, a continuación, una descripción de la operación de cada una de ellas:

Energía Solar fotovoltaica

Sobre la energía fotovoltaica existe una extensa bibliografía, tomaremos para la descripción de esta tecnología, lo que al respecto establece el Grupo de Nuevas Actividades Profesionales del Colegio oficial de ingenieros en Telecomunicaciones de Madrid, España, en su texto, Energía Solar Fotovoltaica, ed. Almagro 2002, donde se define la Energía Solar Fotovoltaica como una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece.

Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías. Algunas células solares vienen manteniéndose en operación terrestre o en el espacio desde hace 30 años.

Las células solares están hechas de materiales semiconductores, que poseen electrones débilmente ligados ocupando una banda de energía denominada “banda de valencia”. Cuando se aplica un cuanto de energía por encima de un cierto valor a un electrón de valencia, el enlace se rompe y el electrón pasa a una nueva banda de energía llamada “banda de conducción”. Mediante un contacto selectivo, estos electrones pueden ser llevados a un circuito externo y realizar un trabajo útil, perdiendo así la energía captada y regresando por otro contacto a la banda de valencia con la energía inicial, anterior al proceso de absorción de un fotón luminoso.

El flujo de electrones en el circuito exterior se llama corriente de la célula y su producto por el voltaje con el que se liberan los electrones por los contactos selectivos determina la potencia generada. Todo esto ocurre a temperatura ambiente y sin partes móviles, pues las células solares, que convierten en electricidad sólo una parte de la energía de los fotones absorbidos se calientan sólo unos 25-30°C por encima de la temperatura ambiente.

La estructura típica de una célula solar es una unión *pn* similar a los diodos semiconductores, pero no necesariamente la única posible. En las aplicaciones fotovoltaicas, las células solares se interconectan y encapsulan en elementos llamados módulos fotovoltaicos, que es el producto final vendido al usuario. Estos módulos producen corriente continua que suele transformarse en corriente alterna, más útil, mediante un dispositivo electrónico llamado inversor u ondulator. El inversor, las baterías recargables, en caso de que se necesite almacenamiento, las estructuras sobre las que se montan y orientan los módulos, así como otros elementos necesarios para construir un sistema fotovoltaico (FV) se llama BOS (Balance of System), que significa, sencillamente, “resto de sistema”.

En el texto *Energía Solar Fotovoltaica y Energía Eólica*, del autor Javier Martín Jiménez, año 2014, 1ª Edición, se realiza un análisis de las ventajas y desventajas de esta tecnología, se presentan ventajas e inconvenientes tanto técnicas como no técnicas. A menudo, las ventajas y desventajas son diametralmente opuestas a las de las centrales convencionales de fuel. Por ejemplo, las plantas de combustibles fósiles provocan emisiones peligrosas para el medio ambiente, usan una fuente limitada, su costo tiende a crecer y no son modulares, es decir, no se pueden hacer plantas pequeñas. La Energía Solar Fotovoltaica no tiene ninguno de esos problemas; por el contrario, tiene la desventaja de su difícil almacenamiento. Por último, coinciden en ser ambas tecnologías muy fiables. A continuación, un resumen de las principales características de estas tecnologías:

Energía solar térmica

El ingeniero Antonio Creus Solé, ingeniero industrial y catedrático universitario, expone en el texto *Energía Termo solar*, año 2010, 1ª Edición, las diferentes teorías de aprovechamiento de la energía solar térmica, la cual define como el aprovechamiento de la energía procedente del sol para transferirla a un medio portador de calor, generalmente agua o aire.

La aplicación más utilizada corresponde a la tecnología que permite calentar agua con la radiación solar hasta producir vapor y posteriormente obtener energía eléctrica, en estos sistemas se concentra el calor en un punto para generar vapor, con el vapor se acciona una turbina para generar energía eléctrica, de allí en adelante el proceso es muy similar al de una central térmica o una central nuclear. La diferencia radica en que una central térmica el calor para generar el vapor proviene de la combustión de combustibles fósiles, normalmente carbón, y en una central nuclear, el calor se obtiene fisionando el núcleo de átomos de uranio.

Los elementos básicos que intervienen en una instalación de este tipo son los siguientes:

Captadores Solares: Nos permiten captar la radiación solar y calentar el fluido que circula por ellos. Los hay de diferentes tipos y con diferentes rendimientos.

Circuito Hidráulico: Lógicamente, necesitaremos un circuito por donde transportar el agua calentada en los captadores. Este circuito será cerrado (instalaciones más habituales), por lo tanto, hablaremos de circuitos de ida (salida de paneles) y retorno (entrada a paneles). Se puede hacer un símil, en el que los captadores corresponderían a una caldera que caliente el agua, y el circuito cerrado, a la ida y retorno de una instalación de calefacción.

Intercambiador de calor: En la instalación solar térmica, debemos ceder el calor transportado mediante un intercambiador de calor. Continuando con el símil de una instalación de calefacción, en ella cedemos el calor al ambiente mediante radiadores, mientras que, en una instalación solar, lo cedemos al agua de consumo mediante un intercambiador. El circuito cerrado que une los captadores se denomina Circuito Primario; el Circuito Secundario corresponde a aquél que parte del intercambiador al depósito de acumulación solar. Los intercambiadores pueden ser externos al depósito (intercambiadores de placas), o interiores (serpentín), en cuyo caso hablaremos de inter acumuladores.

Acumulador: La energía solar térmica, no se consume en su totalidad instantáneamente, ya que depende de la demanda existente en cada momento, por lo que, para no desaprovecharla, es necesario acumularla. Por ello, necesitamos un sistema de acumulación del agua caliente de consumo, para que se pueda suministrar a medida que se va demandando. Esto se consigue con los acumuladores o inter acumuladores, que no son más que depósitos con capacidad y aislamiento suficiente para evitar, en lo posible, las pérdidas de energía.

En el documento, Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas elaborado por Humberto Rodríguez Murcia, (2.009), Físico, M.Sc. Consultor Independiente. Bogotá D.C se plantea una perspectiva interesante de la energía solar en Colombia, extraemos del

mencionado documento algunas ideas que nos permiten visualizar ventajas y desventajas de la implementación de este tipo de sistemas.

Ventajas energía solar

- Combustible gratis e ilimitado.
- Amigable con el medio ambiente. No emite ningún tipo de contaminante al medio ambiente.
- Ideal para zonas remotas: Es la tecnología adecuada para abastecer de energía eléctrica a zonas donde el tendido eléctrico no llega o es inaccesible, por ejemplo, zonas rurales apartadas, islas o ciudades pequeñas.
- No presenta partes móviles, lo que implica bajo mantenimiento.
- Su montaje es modular, permitiendo flexibilidad en las instalaciones.
- Bajo costo de mantenimiento, se limita a limpieza y verificación de conexiones.

Desventajas energía solar

- Inversión inicial alta.
- Eficiencia limitada a condiciones atmosféricas.
- Requiere de grandes áreas para la ubicación de los paneles solares.

Energía eólica:

La energía eólica es la forma de energía renovable que se obtiene al explotar la fuerza del viento, es la capacidad de un sistema para transformar la fuerza que tiene el viento en electricidad. Esta energía se explota a través de un equipo llamado aerogeneradores, compuesto en síntesis por una turbina eólica situada en la parte superior de una torre de

soporte y un generador eléctrico, cuyo principio de funcionamiento es el mismo que el de los antiguos molinos de viento.

Con el fin de adéntranos en el funcionamiento de un sistema eólico, citamos a José María Fernández Salgado, quien en su libro *Guía completa de la energía eólica*, 2011. Ed AMV Ediciones, describe de manera clara y precisa el funcionamiento de este tipo de sistemas: Las palas del viento, giradas por el viento, transforman la energía cinética producida por el viento en energía mecánica, luego un generador conectado a las palas transforma la energía mecánica producida por la rotación de las palas en energía eléctrica.

Las palas están conectadas a este generador o rotor, a su vez conectado a un eje, colocado en el polo, que envía la energía de rotación al generador eléctrico colocado en la base de la estructura. Este generador utiliza algunos imanes y propiedades de inducción electromagnética para producir un voltaje eléctrico (es decir, una diferencia en la carga eléctrica) y, por lo tanto, energía eléctrica, existen varios tipos de turbinas y varios tipos de cuchillas dependiendo de su tamaño o tipo de eje.

Como lo afirma Torres López y Arana García, en su texto *Energía eólica: cuestiones jurídicas, económicas y ambientales*, 2010, Ed. Civitas Thomson Reuters, Cizur Menor, la energía eólica es la fuente energética que más rápidamente ha crecido a nivel mundial, países como España y Alemania son punteros en producción de energía eólica, según el *artículo Hito histórico en Alemania: la eólica y la solar generarán más electricidad que la nuclear este año*, publicado en el Periódico de la Energía.com, el 04/06/2015 en Alemania existe un auge tal que el viento genera 7,5 GW lo equivalente a siete centrales nucleares, lo que implica una aceptación notoria para esta clase de tecnologías.

El viento es una fuente limpia de energía renovable que no produce contaminación del aire ni del agua y, dado que el viento es gratuito, los costos operativos son casi cero, una vez que la

turbina esté montada. La producción en masa y los avances de la tecnología hacen que las turbinas sean más baratas y muchos gobiernos ofrecen incentivos tributarios para estimular el desarrollo de la energía eólica. No todos son ventajas en este sistema, algunos piensan que las turbinas eólicas son feas y se quejan del ruido que producen las máquinas. Estas aspas que rotan lentamente también pueden matar pájaros y murciélagos, pero no tantos como matan los coches, las líneas de tensión y las torres de apartamentos. El viento también es variable: si no sopla, no se genera electricidad.

Para la revista National Geographic, en el artículo *El poder del Viento*, publicado el 05/09/2010, la industria de la energía eólica está experimentando un boom. Globalmente, la generación se ha multiplicado por más de cuatro entre 2000 y 2006. A finales del año pasado, la capacidad global era de más de 70.000 megavatios. En los EE.UU. hambrientos de energía, un único megavatio es suficiente electricidad para alimentar a unos 250 hogares. Alemania tiene la capacidad de energía eólica más instalada seguida de España, los Estados Unidos, India y Dinamarca. El desarrollo también está creciendo rápidamente en Francia y en China.

Los expertos industriales predicen que, si este ritmo de crecimiento continúa, en 2050 la respuesta a un tercio de las necesidades mundiales de electricidad se encontrara en el aire como combustible energético.

Energía a partir de Biomasa:

La energía a partir de la biomasa es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial, formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente es sacada de los residuos de las sustancias que constituyen los seres vivos (plantas, ser humano, animales, entre otros), o sus restos y residuos.

Tomando la definición que sobre Biomasa establece la revista electrónica de la Universidad Nacional de Colombia *Agronomía Colombiana*, Volumen 11, Número 2, p. 228-235, tenemos que energía de la biomasa es toda aquella que se origina al procesar parcial o totalmente cualquier sustancia o materia originada a través del proceso de fotosíntesis de los vegetales.

El aprovechamiento de la energía de la biomasa se hace directamente (por ejemplo, por combustión), o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas más tarde como combustibles o alimentos. Por esos motivos producir energía con la biomasa es un sistema ecológico, que respecta el medio ambiente y además no tiene muchos gastos. Las biomásas se pueden clasificar según la procedencia de la siguiente manera:

Natural: Es aquella que abarca los bosques, árboles, matorrales, plantas de cultivo, etc. Por ejemplo, en las explotaciones forestales producen una serie de residuos o subproductos, con un alto poder energético, que no sirven para la fabricación de muebles ni papel, como son las hojas y ramas pequeñas, y que se pueden aprovechar como fuente energética.

Residual: Es aquella que corresponde a los residuos de paja, serrín, estiércol, residuos de mataderos, basuras urbanas. El aprovechamiento energético de la biomasa residual supone la obtención de energía a partir de los residuos de madera y los residuos agrícolas (paja, cáscaras, huesos...), las basuras urbanas, los residuos ganaderos, como purines o estiércoles, los lodos de depuradora, etc.

En cuanto a los usos de la energía obtenida a partir de biomasa, se tienen aplicaciones térmicas como por ejemplo la calefacción o refrigeración de unidades familiares, aunque a nivel industrial existen calderas de biomasa que contribuyen a la producción de calor que en ocasiones se acompaña con la producción eléctrica. A pesar de que la producción eléctrica se puede dar conjuntamente con la producción térmica, el primer tipo precisa sistemas más elaborados en el aprovechamiento de la biomasa, ya que esta suele tener un alto contenido de

humedad y de volátiles; sin embargo, la gran ventaja de la aplicación eléctrica de la biomasa, en su total disponibilidad y apoyo a la red principal a cualquier hora del día, ya que su producción y suministro no dependen directamente de aspectos climatológicos.

A lo largo de la historia, el hombre ha utilizado la biomasa para diversos usos, en especial la agronomía, en el texto Modelo de generación de energía a partir de biomasa forestal de los autores Loaiza Navarro, Mitzi Andrea, se puede concluir que el principal impedimento para la utilización de la biomasa como fuente de energía, es la falta de una tecnología de bajo costo para una adecuada conversión energética, que de valor agregado adicional a la simple combustión que se utiliza hoy, de la misma manera el texto recomienda que se deben proponer modelos de negocio enfocados a mejorar el abastecimiento de los recursos y generando proyectos de innovación con nuevas tecnologías, contemplando la promoción de inversiones en producción de biomasa, implementación de centros logísticos y comercialización de biocombustibles forestales, fomento de la contratación de la bioenergía y desarrollo de normas para establecer estándares de calidad y criterios de sostenibilidad en el uso de ella.

De acuerdo con Hall & Scrase (1998) muchas organizaciones y entidades en todo el mundo prevén que la producción de energía mediante biomasa juega un papel importante en una matriz de energías sostenibles para el futuro. Países como Austria, Brasil, Dinamarca, Finlandia, Suecia, India, Estados Unidos y el Reino Unido están promoviendo el uso activo de biomasa para la energía y el impulso del desarrollo de los conocimientos y la tecnología necesarios para los sistemas de energía de biomasa avanzados. Existe un consenso creciente de que la energía renovable debe desplazar progresivamente el uso de combustibles fósiles, con los temores del cambio climático global añadiendo urgencia a esta necesidad

Energía Mareomotriz:

Los mares y océanos tienen gran potencial energético, con posibilidades de ser convertidos en electricidad. Existen varias alternativas tecnológicas según el tipo de aprovechamiento de dicho potencial energético, entre las que se encuentran: la energía de las corrientes, en la que se hace uso de la energía cinética que poseen las corrientes marinas mediante la instalación submarina de estructuras similares a un aerogenerador; la energía mareotérmica, que emplea la variación entre la temperatura de la superficie y la temperatura de aguas profundas, requiriéndose un gradiente térmico de al menos 20 °C; la energía undimotriz o energía a partir del movimiento de las olas, que utiliza la fuerza con la que se desplaza determinada masa de agua a causa del rozamiento con las corrientes de aire (oleaje). La tecnología más utilizada, es aquella que aprovecha los movimientos ascendentes y descendentes que presentan las olas del mar, para generar el movimiento de turbinas y de esta manera genera energía eléctrica, las mareas son el resultado de la atracción gravitatoria ejercida por el Sol y la Luna sobre nuestro planeta. Esto se da debido a que en algunos lugares el desnivel de las mareas alcanza con frecuencia varios metros entre la marea baja y la marea alta (bajamar y pleamar). Su utilización industrial sólo es posible en aquellas zonas costeras que reúnan determinadas condiciones topográficas y marítimas en las cuales el valor de amplitud del desnivel de las mareas sea comparable a una instalación hidroeléctrica de escasa altura de caída de agua, pero de considerable masa de ésta. En algunos casos particulares se tiene que la marea penetra por un paso estrecho, es posible mediante diques dejar entrar en él la marea ascendente y hacer pasar el agua a través de turbinas cuando la marea se retira. Este es el principio de las centrales mareomotrices. Sobre la aplicación de esta tecnología, (Quintero y Quintero, 2015), se concluye que el potencial energético de la energía mareomotriz es significativo, en relación con las capacidades instaladas de las plantas de energía actualmente en operación, con el incremento de la producción energética anual y con el número de nuevos

proyectos en el marco global. Se indica también que existen impactos ambientales moderados con su implementación.

Uno de los inconvenientes que presenta esta tecnología, radica en los altos costos de la inversión que requiere, ya que depende de avances tecnológicos especiales, situación que en los países en vía de desarrollo como el nuestro, es una gran limitante para su desarrollo y masificación, Colombia a pesar de tener dos océanos, no ha explotado esta tecnología a pesar de contar con información científica que validaría la utilización de esta clase de tecnologías, tal es el caso del pacifico colombiano, donde se estima un potencia energético de 120 MW (Quintero y Quintero, 2015), los puntos más relevantes de todo este potencial (Gómez y Burgos 2008) se sitúan en bahía Málaga, boca Virudó, ensenada Catripe, boca Yarumangui y río Baudó.

Energía Geotérmica

Energía alternativa que nace en el corazón de la tierra, la energía geotérmica es aquella que aprovecha las altas temperaturas de yacimientos bajo la superficie terrestre (normalmente volcánicos) para la generación de energía a través del calor. Dadas las características de la región no involucramos esta tecnología en nuestro análisis.

Marco contextual

i. Información socio económica departamento del Amazonas.

El departamento del Amazonas cuenta con una superficie de 109.655 km², donde se ubican cerca de 75.000 habitantes, el departamento cuenta dos municipios Leticia y Puerto Nariño, el resto se conforma por localidades y comunidades indígenas. A lo largo de los

últimos años ha basado su economía en el sector pesquero y comercial, sin embargo, los altos costos de la energía en el departamento, han ocasionado que la industria pesquera haya trasladado sus operaciones al vecino país del Brasil, donde el kwh hora cuesta la mitad, razón por la cual se ha disminuido notablemente la presencia del sector pesquero de la región. En la actualidad podemos precisar que la economía del departamento se basa en el comercio, el turismo y el sector público como mayor empleador de la región.

El clima de la región amazónica es cálido y húmedo, las principales formas de acceso a la región son la aérea y la fluvial, lo que retrasa el desarrollo de la región, al no contar con carreteras desde el interior del país.

ii. Situación energética actual en el departamento del Amazonas

Antecedentes

El Ministerio de Minas y Energía, con fundamento en los criterios establecidos por la Ley 142 de 1994, el artículo 65 de la ley 1151 de 2007, el artículo 276 de la ley 1450 de 2011, definió el área geográfica del departamento del Amazonas, como un área exclusiva para la prestación del servicio de energía eléctrica, esta situación se fundamentó en que este esquema era indispensable para asegurar la viabilidad financiera del servicio de energía eléctrica en estas áreas, generando así una economía a escala.

Posteriormente la CREG expidió las resoluciones CREG No 091 de 2007, 161 de 2008 y 067 de 2009, mediante las cuales estableció la metodología tarifaria de ingreso máximo regulado a aplicar en el proceso de la entrega del área exclusiva de prestación del servicio. De la misma manera el decreto 2220 de 2008, establece las reglas para ejecutar la contratación correspondiente al operador del servicio de energía en el área del Amazonas. Es así que en el año 2009 el ministerio de Minas y Energía realiza apertura de la invitación pública No 02 de

2009, mediante la cual busca un operador para la prestación del servicio de energía eléctrica en el Área de servicio Exclusivo de Amazonas.

La invitación pública fue adjudicada con Resolución No. 180926 de 2004 por un período de veinte (20) años a la Empresa de Energía para el Amazonas SA ESP constituida mediante Escritura Pública No. 73 de 09 de febrero de 2003, con quien se suscribió el Contrato de Concesión No. 052 de 2010, cuyo objeto es *otorgar al Concesionario, por su cuenta y riesgo, la prestación con Exclusividad de las Actividades Concesionadas en el Área conforme con el alcance establecido en la Cláusula 3 y a cambio de la remuneración prevista en el presente Contrato.*

La ejecución inicia el 30 de julio de 2010 y el 01 de septiembre de 2010 la operación del servicio público de generación, distribución y comercialización en el Departamento del Amazonas.

Es así que en la actualidad la empresa ENAM SA ESP es la única empresa autorizada para prestar el servicio de energía eléctrica en el departamento del Amazonas.

Cobertura

El contrato de concesión No 052 de 2010, tiene como alcance la prestación del servicio de energía en las siguientes localidades:

COMUNIDADES CON SERVICIO DE ENERGIA			
Leticia	San Martin Amacayacu	Naranjales	San José de Villa Andrea
La Libertad	Doce de Octubre	Pto. Alegría	Puerto Arica
La Milagrosa	Yaguas	San Juan de Atacuari	Tarapaca
Loma Linda	Zaragoza	San Juan del Socó	Puerto Ventura
Macedonia	Puerto Nariño	Siete de Agosto	Chorrera
Mocagua	Puerto Esperanza	San Pedro de Tipisca	Miriti
Progreso	Patrullero	Nuevo Paraíso	Pedraera
Palmeras	20 de Julio	Santa Teresita	Cameyafú

Puerto Triunfo	Ticoya	San Rafael	Puerto Remanso
Vergel	Boyahuasú	Encanto	Puerto Santander
Santa Sofía	San Francisco	El Refugio	

Tabla 1. Localidades incluidas en el contrato de concesión No 052 de 2010
Fuente: Instituto de Soluciones Energéticas IPSE 2017

Sin embargo, estas no son las únicas localidades del departamento ya que según información obtenida por la Gobernación del Amazonas¹ cuenta con una serie de comunidades que no cuentan con el servicio de energía, generando retrasos en el desarrollo social de esas regiones, dentro de este grupo tenemos las siguientes comunidades:

ITEM	MUNICIPIO O CORREGIMIENTO	COMUNIDAD	ITEM	MUNICIPIO O CORREGIMIENTO	COMUNIDAD	ITEM	MUNICIPIO O CORREGIMIENTO	COMUNIDAD
1	El Encanto	Marandua	43	La Chorrera	Capitania San Isidro	85	Puerto Santander	Chukike
2	El Encanto	San Jose	44	La Chorrera	Santa Marta	86	Puerto Santander	Reforma
3	La Chorrera	Santa Rosa	45	La Pedrera	Pto. Cordillera	87	Puerto Santander	Guamarraya
4	La Chorrera	Cris	46	La Pedrera	Santa Isabel	88	Puerto Santander	Amena
5	La Pedrera	Cordoba	47	La Pedrera	Villa Marcela	89	Puerto Santander	Pto. Berlin
6	La Pedrera	Curare	48	La Pedrera	Pto. Cedro	90	Puerto Santander	Monoochoa
7	La Pedrera	Angostura	49	La Pedrera	Bella Vista	91	Puerto Santander	Pizarro
8	Puerto Alegria	Pto. Reyes	50	La Pedrera	Centro Awarita	92	Puerto Santander	Pto. Sabalo
9	Puerto Arica	Pto. Limon	51	La Pedrera	Paromena	93	Puerto Santander	Los Monos
10	Puerto Nariño	Tarapoto	52	La Pedrera	La Playa	94	Puerto Santander	Delicias
11	Puerto Nariño	Valencia	53	La Pedrera	Mariapolis	95	Puerto Santander	Meta Kinche
12	Puerto Santander	Villa Azul	54	La Pedrera	Centro Providencia	96	Puerto Santander	Perey
13	Tarapaca	Santa Lucia	55	La Pedrera	Bocas Del Pira	97	Tarapaca	Alpha Tun Sacha
14	Tarapaca	Puerto Ezequiel	56	La Pedrera	Las Palmas	98	Tarapaca	Centro Cardozo
15	Tarapaca	Buenos Aires	57	La Pedrera	Amaure	99	Tarapaca	Bajo Cardozo
16	El Encanto	Itiquilla	58	La Pedrera	Bocas Del Miriti	100	Tarapaca	Alto Cardozo
17	El Encanto	Molano	59	La Pedrera	Camaritagua	101	Tarapaca	Bora

¹ Información suministrada por Oficina de Planeación de la Gobernación del Amazonas 2017

18	El Encanto	Pto. Belen	60	La Pedrera	Loma Lina	102	Tarapaca	Pupuña
19	El Encanto	Pto. Ñeque	61	La Pedrera	Los Ingleses	103	Tarapaca	Gaudencia-Porvenir
20	La Chorrera	Ocainas-Oriente	62	La Pedrera	Madroño	104	Tarapaca	Maloka Chagranueva
21	La Chorrera	Mue	63	La Pedrera	Manacaro	105	Tarapaca	Pto. Tikuna
22	La Chorrera	Caisam	64	La Pedrera	Popeyaca	106	Tarapaca	Puerto Toro
23	La Chorrera	San Antonio	65	La Pedrera	Renacer	107	Tarapaca	Puerto Boyaca
24	La Pedrera	Bacury	66	La Pedrera	San Francisco	108	La Chorrera	Sabanal
25	La Pedrera	Comeyafu Tanimuca	67	La Pedrera	Sabana	109	La Chorrera	Asociacion Nativa
26	Puerto Alegria	Peñas Blancas	68	La Pedrera	Villa Rica	110	La Chorrera	Cair
27	Puerto Arica	Pto. Tolima	69	La Victoria	Jirijirimo	111	La Chorrera	Petani
28	Puerto Arica	Nueva Union Buri	70	Miriti Parana	Centro Oiyaca	112	La Chorrera	Vista Hermosa
29	Puerto Arica	Sabaloyaco	71	Miriti Parana	Quebrada Negra	113	La Chorrera	Ocim
30	Puerto Santander	Peña Roja	72	Miriti Parana	Pto. Castaño	114	La Chorrera	Vegsam
31	Puerto Santander	Aduche	73	Miriti Parana	Pto. Libre	115	La Chorrera	Cordillera
32	Tarapaca	Cañas Brava	74	Miriti Parana	Pto. Lago	116	La Chorrera	Milan
33	Tarapaca	Nueva Union	75	Miriti Parana	Wacaya	117	Puerto Alegria	Martin Buineza
34	El Encanto	San Agustin	76	Miriti Parana	Puerto Nuevo	118	Puerto Alegria	Inga
35	El Encanto	Pto. Calderon	77	Miriti Parana	Mamura	119	Puerto Alegria	Pto. Perea
36	El Encanto	Renacer Huitoto	78	Miriti Parana	Bella Vista	120	Puerto Alegria	Uitotos
37	El Encanto	Pto. Tejada	79	Miriti Parana	Jariye	121	Puerto Arica	Lago Grande
38	El Encanto	Santa Maria	80	Miriti Parana	Puerto Guayabo	122	Puerto Arica	Nueva Reforma P. Faraon
39	El Encanto	Tercera India	81	Puerto Arica	Santa Maria-Isla Fantasia	123	Puerto Arica	Esmeralda-Pto. Cabello
40	El Encanto	Pto Colombia	82	Puerto Arica	Wittemberg	124	Puerto Arica	Pto. Cartagena
41	El Encanto	San Antonio	83	Puerto Nariño	Santa Clara De Tarapoto	125	Puerto Nariño	Pozo Redondo
42	La Chorrera	San Francisco	84	Puerto Santander	Belen			

Tabla 2. Localidades sin servicio de energía en el departamento del Amazonas

Fuente: Instituto de Soluciones Energéticas IPSE

El servicio de las 43 localidades, se viene prestando con generación a base de unidades de combustible fósil, cada localidad cuenta con su respectivo sistema de generación diésel, dimensionado de acuerdo a la cantidad de habitantes y número de horas de servicio al día.

El departamento del Amazonas cuenta con 76.243 habitantes¹, de los cuales 28.390 se encuentra en cabeceras municipales Leticia y Puerto Nariño, donde el 100% de sus habitantes supe las necesidades de energía a base de combustible fósil.²

El sistema de generación de la ciudad de Leticia, presenta una capacidad instalada de 18.1 MW, todos generados a partir de derivados del petróleo, distribuidos de la siguiente manera:

CAPACIDAD INSTALADA CENTRAL DE GENERACION LETICIA		
UNIDAD	CAPACIDAD (KW)	COMBUSTIBLE
WARTSILA	6.700	FUEL OIL
MAN	3.300	FUEL OIL
GMT	2.800	FUEL OIL
EMT U	1.800	DIESEL
EMT U	1.800	DIESEL
CUMMINS	1.700	DIESEL
TOTAL	18.100	

Tabla 3: Capacidad Instalada central Leticia
Fuente: Instituto de Soluciones Energéticas IPSE 2017

El sistema de generación del resto de las localidades que cuentan con servicio de energía, corresponde a unidades diésel aisladas, es decir cada comunidad cuenta con su respectiva unidad de generación Diésel, cuya capacidad varía de acuerdo a las características de la localidad. A continuación, el detalle de estas unidades de generación:

UNIDADES DE GENERACION DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS				
LOCALIDAD	CAP KW		LOCALIDAD	CAP KW
La Libertad	37.6		Doce de Octubre	37.6
La Milagrosa	275		San Francisco	75
Loma Linda	27.5		Siete de Agosto	37.6
Macedonia	100		San Pedro de Tipisca	27.2
Mocagua	86		Santa Teresita	30

¹ Tomado del Censo 2005 DANE

² La Central de generación de Leticia, está compuesta de unidades Diésel que utilizan combustible Diésel y Fuel Oil Pesado. Fuente Instituto de Soluciones Energéticas IPSE

Naranjales	40		San José de Villa Andrea	16.6
Nuevo Paraíso	16.6		Encanto	88
Progreso	36		San Rafael	88
Palmeras	47		Pto. Alegría	59
Puerto Triunfo	35		El Refugio	36
San Juan de Atacuari	45		Puerto Arica	88
San Juan del Socó	40		Tarapaca	47
San Martín Amacayacu	88		Puerto Ventura	36
Santa Sofía	85		Chorrera	132
Yaguas	36		Miriti	36
Zaragoza	45		Pedrera	150
Vergel	36		Cameyafú	47
Puerto Nariño	150		Puerto Remanso	37
Boyahuasú	50		Puerto Santander	88

Tabla 3: Capacidad Instalada Localidades departamento del Amazonas
Fuente: Empresa de energía del Amazonas EEASA 2017

iii. Fuentes de energía no convencional existentes en el Amazonas.

Con el fin de contar con un panorama que nos permita conocer la viabilidad de cada una de las fuentes de energía alternativa, se mostrara a continuación los niveles que se presentan en de cada una de las fuentes existentes en la Amazonia colombiana, brindando así un panorama que permita orientar las diferentes políticas públicas en ese sentido.

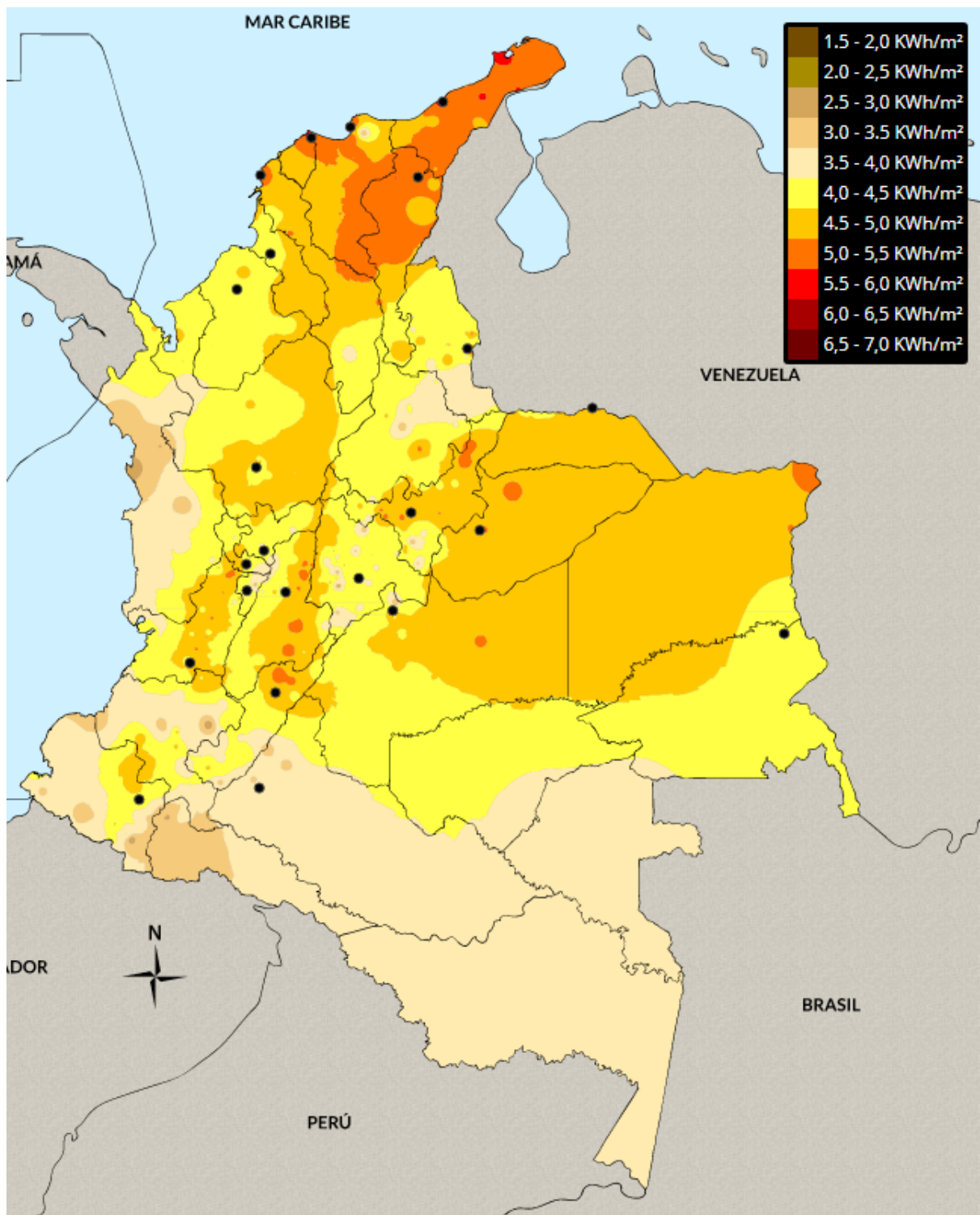
- Energía solar
- Energía Eólica
- Energía a base de Biomasa
- Energía Geotérmica

Es importante mencionar que el IDEAM con la colaboración de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), elaboro y presento en el año 2015 el Atlas Climatológico,

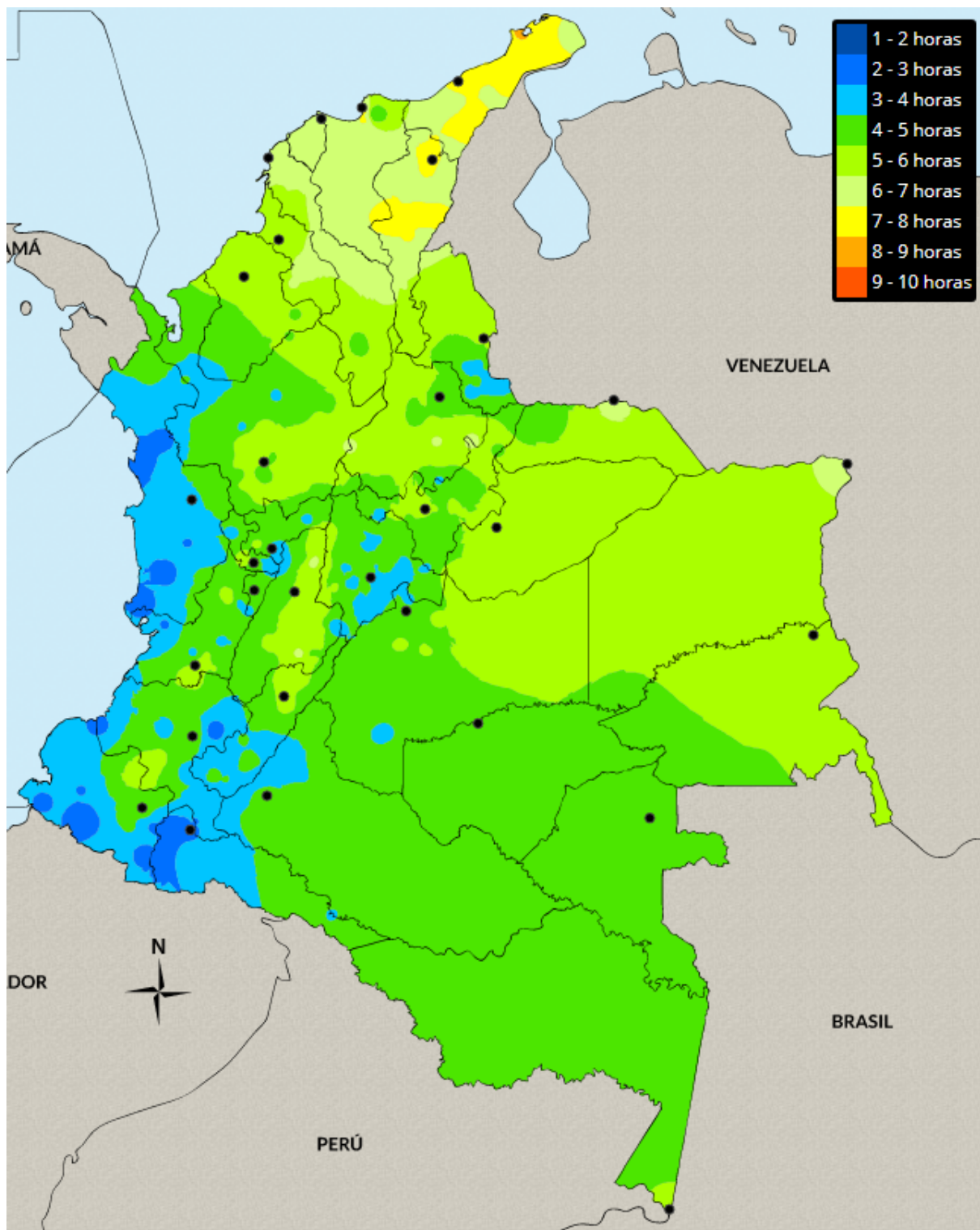
Radiación y de Viento de Colombia, documento que nos brinda información actualizada sobre estas fuentes de energía con miras a analizar su posible aplicación.

Energía Solar.

Considerando que el combustible para esta fuente es la irradiación solar, nos remitimos al Atlas Climatológico, Radiación y de Viento de Colombia, del cual extraemos la siguiente información:

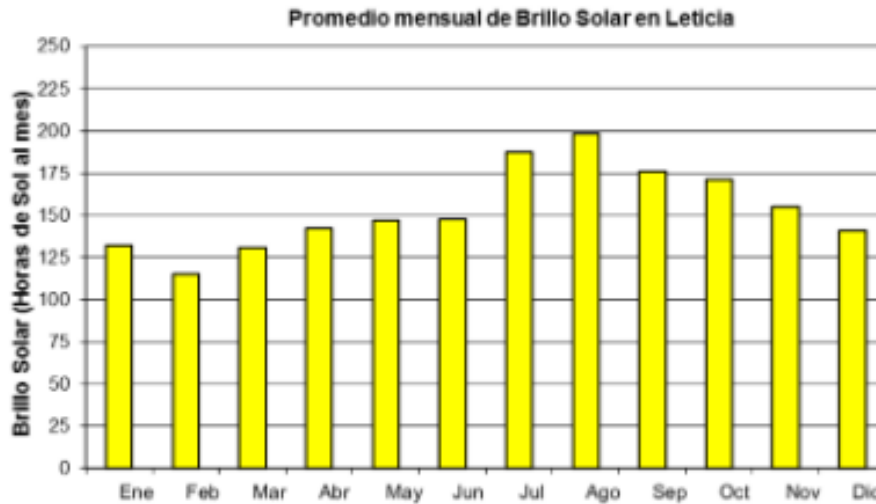


Irradiación solar en Colombia Fuente IDEAM-UPME



Brillo solar (horas de sol al día) en Colombia Fuente IDEAM-UPME

Para el departamento del Amazonas tenemos:



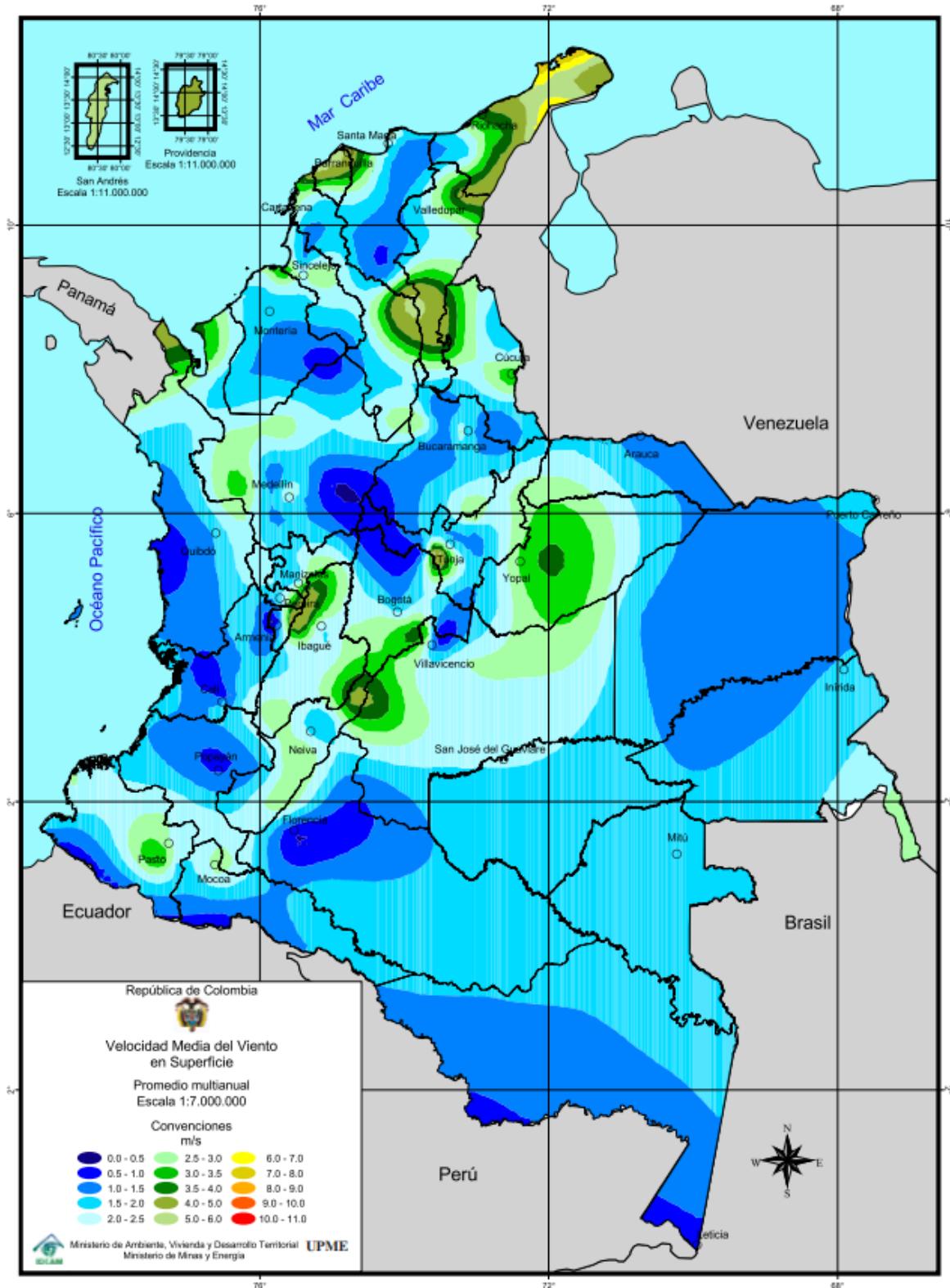
Brillo solar (horas de sol al día) en Leticia. Fuente IDEAM-UPME

Se puede apreciar que los niveles de irradiación solar y brillo solar que se presentan en el departamento del Amazonas, presentan unos niveles aceptables que permitirían realizar un análisis más detallado en este sentido.

Energía Eólica:

Esta energía basa su operación utilizando el viento como combustible, para la obtención de los niveles de referencia de esta variable en el departamento del Amazonas, tomamos la información que presenta el IDEAM y la UPME, quienes elaboraron el Atlas de viento y Energía Eólica de Colombia, documento soporte para esta investigación.

En el mencionado documento se presenta la velocidad del viento (isotacas), construidos con 111 estaciones de referencia principalmente localizadas sobre las zonas Andina y Caribe junto con 122 datos de frontera localizados en Venezuela, Brasil, Perú, Ecuador, Mar Caribe y Océano Pacífico tomados de modelos regionales y datos complementarios espacialmente ubicados en los Llanos Orientales y Amazonia, descargados de las mismas fuentes. A continuación, se detalla esta información:



Velocidad del viento en Colombia. Fuente IDEAM-UPME

Los datos con relación a esta variable, son muy desalentadores ya que se establece que la velocidad del viento en el departamento del Amazonas, es inferior a 1 m/s a lo largo de todo el año, muy por debajo de los niveles de velocidad que requiere un aprovechamiento óptimo del viento como combustible.

Biomasa: A partir de residuos sólidos urbanos RSU, se tiene que la ciudad de Leticia es el mayor generador de residuos sólidos, los cuales ascienden a 24 toneladas de residuos por mes, sin embargo, se debe tener en cuenta que no todos los RSU son aprovechables, más si se considera que el botadero recibe los desechos sin efectuar actividades de selección y reciclaje previos.

Geotermia: No existen estudios, ni indicios históricos que permitan evidenciar información sobre la existencia de esta fuente de energía en la región, por tanto, el presente documento no profundizara en esta fuente de energía.

Marco legal para el uso de energía alternativas en la Amazonia.

El artículo 365 de la Constitución Política establece que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado y es deber de este asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional, por su parte el artículo 370 de la Constitución Política asigna al Presidente de la República la función de señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios.

La ley 142 de 1994 establece que el Estado intervendrá en los servicios públicos domiciliarios conforme a las reglas de competencia de que trata la ley, entre otros fines, para garantizar su prestación continua e ininterrumpida, sin excepción alguna, salvo cuando existan razones de fuerza mayor o caso fortuito o de orden técnico o económico que así lo exijan.

El artículo 10 de la Ley 697 de 2001 se señala que el Uso Racional y Eficiente de la Energía ha sido declarado como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana y la protección al consumidor.

En los últimos años el gobierno nacional, evidencia gran interés en promover el uso de energías alternativas en sistemas de generación, prueba de ello es que en los últimos años el marco regulatorio de estas tecnologías ha presentado avances significativos, a continuación, un resumen de las diversas normas y decretos que se han expedido en ese sentido.

En el año 2014, fue aprobada por el Congreso de la República de Colombia la Ley 1715 de 2014, "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional". A través de esta Ley se expide el marco

normativo colombiano para la promoción y desarrollo de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable en Colombia.

Con el fin de reglamentar la mencionada ley, el gobierno y los diferentes actores delegados para ese fin, han expedido las siguientes normas:

- Decreto 2492 de 2014 "Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda".
- Decreto 2469 de 2014 "Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración"
- Decreto 2143 de 2015 "Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014."
- Resolución UPME 0281 de 2015 "Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala"
- Resolución CREG 024 de 2015 "Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)".
- Decreto 1623 de 2015 "Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas"
- Resolución Ministerio de Ambiente 1312 de 11 agosto de 2016 "Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones".

- Resolución Ministerio de Ambiente 1283 de 8 agosto de 2016 "Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables - FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones".
- Decreto 348 de 2017 "Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala".
- Resolución Ministerio de Ambiente 1988 de 2017. PAI 2017 - PROURE (Programas para Exclusión IVA)
- Resolución UPME 585 de 2017 (Procedimiento ante UPME Exclusión de IVA)
- Resolución Ministerio de Ambiente 2000 de 2017 (Procedimiento ante ANLA para exclusión de IVA)
- Decreto 1543 de 2017 "Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, Fenoge"
- Resolución CREG 167 de 2017 "Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme de plantas eólicas"
- Resolución CREG. 201 de 2017 "Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas"
- Decreto 570 de 2018, "Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones.

- Decreto 948 de 1995, Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.
- Resolución 909 de 2008, Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones

Como puede apreciarse, el gobierno nacional viene impulsando de manera significativa un ambiente legal, que incentive el uso masivo de las energías renovables en el sistema eléctrico nacional.

Hallazgos

La prestación del servicio de energía en el departamento del Amazonas, está a cargo de la empresa privada ENAM SA ESP que mediante el contrato de concesión No 052 de 2010 tiene la exclusividad para generar, distribuir y comercializar la energía en el departamento. Infortunadamente en el mencionado contrato no se encuentra la obligación de implementar energías alternativas en el esquema de generación eléctrica del departamento, de esta manera se hace estrictamente necesario que el gobierno nacional, realice modificaciones contractuales en el mencionado contrato, y que se incluya la obligación de implementar soluciones a base de energías alternativas de manera escalonada a lo largo de su ejecución, so pena de incurrir en sanciones de tipo pecuniario.

Por otra parte, se tiene que la exclusividad que ostenta ENAM SA ESP no incluye algunas comunidades que quedaron por fuera de la concesión, pero sobre las cuales existen la obligación constitucional de ser atendidas, se genera la posibilidad de que las mismas sean objeto de intervención gubernamental y de esta manera brindarle el acceso al servicio de energía eléctrica. Al tratarse de cargas de bajo consumo y de ser comunidades aisladas, las inversiones necesariamente deben realizarse bajo esquemas tipo *APP* Alianzas Publico Privadas, que permitan generar inversiones a largo plazo en sistemas de energías renovables, y en contra prestación la suscripción de contratos de compraventa de energía, de esta manera se garantiza un balance económico entre las partes, sin necesidad de que se afecte el presupuesto del gobierno nacional.

Se evidencia soporte documental sobre estudios presentados por entidades involucradas en el esquema eléctrico de la región, tal es el caso de la EEASA ESP, antiguo operador de red de la ciudad de Leticia, quien en el año 2013 formulo dos proyectos eléctricos que pretendían implementar soluciones energéticas en algunas comunidades del departamento del

Amazonas, sin embargo, los mismo no fueron aprobados por el Gobierno nacional, debido a inconvenientes con la estructuración de los mismos. Se hace necesario actualizar estos estudios, completarlos según las indicaciones realizadas y realizar su presentación nuevamente.

En el año 2015 se adelantó por parte de la Gobernación del departamento del Amazonas la contratación de un proyecto cuyo objeto es el “*desarrollo de soluciones energéticas híbridas para abastecimiento de energía eléctrica a la población de la cabecera del municipal de Puerto Nariño y en las comunidades indígenas de Macedonia y San Martín de Amacayacu en Leticia*”, el proyecto presenta una capacidad instalada de 500 KW entre sistemas solares y sistemas diésel, desafortunadamente para la región, a pesar de que el proyecto presenta un avance de más del 90 %, no ha sido posible culminarlo, debido a que la energización y conexión definitiva presenta impedimentos de tipo legal, toda vez que su construcción se desarrolló en tres comunidades que hacen parte de la concesión No 052 de 2010, y por tanto la exclusividad para construir toda clase de sistemas de generación de energía en estas áreas recae sobre la empresa ENAM SA ESP, quien se niega a recibir las obras, si las mismas no se entregan a título gratuito, situación que de aceptarse implicaría un detrimento a la Gobernación del Amazonas, quien invirtió los recursos del mencionado proyecto, recursos que superan los 25.000 millones de pesos. En estos momentos las diferentes instituciones se encuentran buscando la manera de destrabar este litigio jurídico, para finalmente poder acceder a la infraestructura instalada.

El panorama es desalentador en la medida que el gobierno local no puede realizar inversiones en sistemas eléctricos en las localidades que hacen parte de la concesión, esta situación sumado a que el concesionario que tiene la prestación exclusiva del servicio en estas comunidades no contempla estas inversiones, generan un vacío técnico y legal que afecta fuertemente la implementación de tecnologías en el departamento, el primero porque no lo

considera económicamente viable y el segundo porque tiene la prohibición contractual para realizar estas inversiones en el departamento.

No existe una política energética en ejecución, ni desde el gobierno central, ni desde el gobierno local enfocada a la implementación de soluciones energéticas limpias en sus diferentes comunidades, tanto en las que cuentan con servicio como en las que no tienen acceso al servicio de energía.



Foto 1. Emisión de gases de la central de generación de Leticia.
Fuente: los autores tomada el día 21 de mayo de 2017

Conclusiones

En virtud del avance que presentan las obras del proyecto Híbrido construido en puerto Nariño, Macedonia y Amacayacu, se hace urgente que se generen soluciones interadministrativas entre el ministerio de minas y energía, el operador de red ENAM SA ESP y la Gobernación del departamento, para poner en funcionamiento el sistema construido, dadas las características del mismo.

Es necesario ejecutar una investigación detallada que nos permita conocer el potencial energético que presenta la región, sus clases, cantidades, afectación al ecosistema etc., para de esta manera contar con fundamentos técnicos que permitan proponer alternativas a fuentes de financiamiento internacional o a los fondos de financiamiento que tiene el gobierno nacional como el FAZNI, FAER etc., y de esta manera se brinde estabilidad jurídica en los diferentes proyectos que se puedan desarrollar.

Dadas las características demográficas de la región, es pertinente la estructuración e implementación de proyectos eléctricos de manera separada y diversificada, para ello se requiere que desde las comunidades mismas se planteen alternativas energéticas al ente regional, ya que cuentan con la información y conocimiento preciso de las características de cada una de sus áreas, y que con esa información el ente regional se encargue de la formulación de dichos proyectos para presentar a las mencionadas fuentes de financiación.

Dadas las limitaciones legales interpuestas por el contrato de concesión No 052 de 2010, cuyo objeto es otorgar al concesionario por su cuenta y riesgo la prestación con exclusividad de las actividades de generación, distribución y comercialización del servicio de energía en el departamento del Amazonas, es imperante que se realicen modificaciones contractuales a esta concesión, en virtud de las políticas energéticas del país y se incluyan obligaciones para el

operador que comprenda la implementación de proyectos energéticos a base de energías alternativas, de manera escalonada, estableciendo metas a largo plazo.

Es importante crear conciencia a nivel social, donde la comunidad, los líderes sociales, los sectores académicos, entre otros, se hagan partícipes de las políticas públicas que en materia energética se generen en la región, es importante que desde la comunidad se presenten propuestas encaminadas a incentivar el uso de estas tecnologías, se realicen ruedas informativas, capacitaciones, muestras empresariales de estas tecnologías, que permitan que la comunidad se instruya sobre las ventajas de implementar estas alternativas energéticas.

Referencias bibliográficas

Atlas de viento y Energía Eólica de Colombia, IDEAM-UPME, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Ministerio de Minas y Energía, Republica de Colombia.

Atlas de viento y Energía Eólica de Colombia, IDEAM-UPME, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Ministerio de Minas y Energía, Republica de Colombia.

Energías e impacto ambiental, AZCARATE (2009), España Ed Sirius.

Contrato No 052 de 2010, Ministerio de Minas y Energía 2010, “Concesión exclusiva para la prestación del servicio de energía en el departamento del Amazonas” Colombia.

Desarrollo de la energía solar en Colombia, (2.009) Humberto Rodríguez Murcia, Físico, M.Sc., Dr.rer.nat. Consultor Independiente. Bogotá D.C

DE JUANA, J. M. (2003), Energías Renovables para el Desarrollo. España Ed Paraninfo.

DOMINGUEZ GOMEZ JOSE ANDRES, 2008, Energías Alternativas. Ed SIRIUS

GUERRERO GALLEGO YUDY ALEXANDRA, La enseñanza de conceptos de energías alternativas a través de un objeto virtual de aprendizaje significativo y la comprensión de los principios de sostenibilidad ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2012.

Energía Termo Solar, Antonio Creus Solé, AÑO 2010 (1ª Edición).

Energía Solar Fotovoltaica y Energía Eólica, Javier Martín Jiménez, AÑO 2014 (1ª Edición).

Evaluación del Potencial Hidroeléctrico del Perú Volumen II, Metodología y Resultados, (2011), Ministerio de Minas y energía del Perú.

Gómez Montaña, Luis Alexander, Burgos Ramírez, William Yirley, Actualización del inventario de posibilidades de generación de energía mareomotriz en Colombia. Universidad de la Salle, 2008.

Hall, D.O. & Scrase, J.I. (1998). Will biomass be the environmentally friendly fuel of the future? Biomass and Bioenergy, International Journal.

HORN, M. (2003), "Solar Photovoltaics for Sustainable Rural Electrification in Developing Countries"; The Experiences in Peru. ISES Solar World Congress 2003, Göteborg, Sweden.

Informe de Coyuntura Económica Regional Departamento del Amazonas, 2011 2011, Convenio Interadministrativo No. 111 de abril de 2000.

ISF (1999), Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación para el Desarrollo. Ingeniería Sin Fronteras, Madrid (España).

ITDG, (1996) Manual de mini y micro centrales hidroeléctricas - Una guía para el desarrollo de proyectos: ITDG-Perú, Lima.

ITDG, (2001) A Retrospective Vision of the Rural electrification in Peru, Work Document, Document on policy: research of the Energy Programme of ITDG-Peru, Lima December.

ITDG, Catálogos de Tecnologías Apropriadas Desarrolladas, Micro centrales Hidráulicas, Aerogeneradores.

ITDG, Documentos internos ITDG, Proyecto Fondo Revolvente para la implementación de MCHs en Perú

KAREKEZI, S., RANJA, T. (1997), Renewable energy technologies in Africa. AFREPEN.

Loaiza Navarro, M. (2015). Modelo de generación de energía a partir de biomasa forestal.

Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/134250>.

OLADE, The Energy Economy Information system of OLADE SIEE.OLADE/CE,
Information provided by OLADE: under request of the author.

PAINULY, J.P. (2001), “Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis”. *Renewable Energy* 24, 73-89.

Quintero, J. y Quintero, L. 2015. “Energía mareomotriz: potencial energético y medio ambiente”. *Gestión y Ambiente* 18(2): 121-134

RODRÍGUEZ AMENEDO, J.L., ARNALTE GÓMEZ, S., BURGOS DÍAZ, J.C., (2003),
Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica. Rueda S.L, Madrid.

RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, L. y SÁNCHEZ-CAMPOS, T., ITDG Perú, Fondo de promoción de micro centrales hidroeléctricas, Artículo presentado al IX ELPAH, Neuquén: Argentina, Nov, 2001.

SÁNCHEZ-CAMPOS, T. ITDG – LA, Revolving fund for the promotion of small hydroelectric schemes, A public private investment model, presentado en la conferencia World renewable Energies, Denver Colorado, 2004.

SÁNCHEZ-CAMPOS, T. ITDG – Modelo organizativo para pequeños sistemas energéticos en localidades aisladas.

SÁNCHEZ-CAMPOS, T. ITDG – Behaviour of Centrifugal Pumps Running as Turbines, Thesis to Obtain the Degree :of Master of Science, Department of Engineering, University of Reading, Reading 1988, U.K.

SÁNCHEZ-CAMPOS, T. ITDG – Promoción de Micro centrales Hidroeléctricas en Perú, Seminario sobre Energía, organizado por la CNE y ESMAP (Banco Mundial), Managua, Nicaragua, nov. 2000.

Secretariado de REN21 c/o UNEP 1 Rue Miollis Edificio VII, 75015, www.ren21.net, París, Francia. Renewable Energy Policy Network for the 21 st Century

SMITH, N.P.A. Key Factors the Success of Village Hydro-Electric Programmes, Department of Electrical: Engineering, Nottingham Trent University, Nottingham, NG1 5BU, U.K. Renewable Energy, Vol 5, Part II, pp. :1453-1460, 1994, Elsevier Science Ltd. Printed in Great Britain.

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, (2.015) Ministerio de Minas y Energía. Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia,

VELO, E., SNEIJ, J., DELCLÒS, J. (eds.) (2006), Energía, participación y sostenibilidad. Ingeniería sin Fronteras, Barcelona.

Referencias electrónicas

BP (2003). www.bp.com, BP Statistical Review of World Energy. Recuperado de:
<http://www.bp.com>.

CECELSKI, E. (2000), Enabling equitable access to rural electrification: current thinking and major activities in energy, poverty and gender. Energy. Environment and Development, Kurten, Germany. Recuperado de www.energia.org.

CLANCY, J., OPARAOCHA, S., ROEHR, U., (2004). "Gender Equity and Renewable Energies", Recuperado de www.renewables2004.de/pdf/tbp/TBP12-gender.pdf

ESDG-UNDP (2001). Clean Energy for Development and Economic growth: biomass and other renewable energy options to meet energy and development needs in poor nations. PNUD. Recuperado de www.undp.org/energy/publications/2002/Clean_Energy_Biomass.pdf

FAO (1993). Estudio Montes 72. El gas de madera como combustible para motores. FAO, Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T0512S/t0512s00.htm>

FOLCH, R., CAPDEVILA, I., OLIVA, A., MORESO, A. (2005), La energía en el horizonte del 2030. Institut Català d'Energia, Barcelona. Disponible en: <http://www.icaen.net/>

GREENPEACE E INGENIERÍA SIN FRONTERAS (2005). Ayuda Oficial al Desarrollo en Energía. Madrid. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/ayuda-oficial-al-desarrolloen.pdf>

GTZ. (1999), Moving A head with Solar Cookers. GTZ, Eschborn, Germany. Disponible en: <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-solarcooker.pdf>

GTZ-GATE (1999), Biogas Digest. GTZ-GATE. Eschborn, Germany. Recuperado de:
Volume I: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5364.pdf> Volume II:
<http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5365.pdf> Volume III:
<http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5366.pdf> Volume IV:
<http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5367.pdf>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2003). Renewables for Power Generation, IEA,
Paris. Disponible en: Disponible en:
http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/renewpower_2003.pdf

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, (2003). Key World Energy Statistics from the IEA
(2003 edition), IEA publications, London. Disponible en: <http://www.iea.org/>

KAREKEZI, S., LATA, K., COELHO, S.T. (2004), "Traditional biomass energy".
International Conference for Renewable Energies. Bonn (Germany). Disponible en:
<http://www.renewables2004.de/pdf/tbp/TBP11-biomass.pdf>

KHENNAS, S., BARNETT, A. (2000) Best practices for sustainable development of micro
hydro power in developing countries. ITDG, Rugby, Reino Unido. Disponible en:
<http://www.itdg.org/docs/energy/bestpractsynthe.pdf>

PNUD (2000). World Energy Assessment. Energy and the challenge of Sustainability.
Disponible en: <http://www.undp.org/energy/activities/wea/drafts-frame.html>

PNUD (2002). Energy for sustainable development: a policy agenda. Disponible en:
<http://www.undp.org/energy/publications/2002/2002a.htm>

PNUD (2003). Poverty and Climate Change: Reducing the Vulnerability of the Poor through
Adaptation. Disponible en: <http://www.undp.org/energy/climate.htm>

PNUD (2004). Gender and Energy for Sustainable Development: A Toolkit and Resource Guide2 Disponible en: <http://www.undp.org/energy/genenergykit/genderengtoolkit.pdf>

PNUD (2004). World Energy Assessment. 2004 update. Disponible en: http://www.undp.org/energy/docs/WEAOU_full.pdf

PNUD (2005). Achieving MDG: the role of energy. Disponible en: <http://www.undp.org/energy/docs/achievemdg.pdf>

PNUD (2005). Energizing Millennium Development Goals. A Guide to Energy's Role in Reducing Poverty. Disponible en: http://www.undp.org/energy/docs2/ENRG-MDG_Guide_all.pdf

PNUD (2005). The Sustainable Difference: Energy and Environment to Achieve the MDG. Disponible en: <http://www.undp.org/energyandenvironment/sustainabledifference/>

Preocupación por deterioro ambiental en la Amazonia, 24 Oct 2013,

<http://www.elespectador.com/noticias/economia/preocupacion-deterioro-ambiental-amazonia-articulo-454408>

ROZIS, J.F., GUINEBAULT, A. (1997). Calefacción solar para regiones frías. Guía tecnológica de aplicación para la vivienda y la agricultura en países en desarrollo. GERES; ITDG Perú. Lima. Disponible en:

<http://www.itdg.org.pe/archivos/energia/calefaccionsolar.pdf>

SÁNCHEZ, T. (1999). Small Hydro as an Energy Option for Rural Areas of Peru. Second WCD Regional Consultation on Large Dams and their Alternatives in Latin America:

Experiences and lessons learnt, Sao Paulo, Brazil. Disponible en:

<http://www.itdg.org.pe/Programas/energia/articulos/shaaeofra.pdf>

SÁNCHEZ-CAMPOS, T., RAMÍREZ-GASTÓN, J. (1995), Manual de mini y micro centrales hidráulicas. ITDG-Perú. Disponible en:

<http://www.itdg.org.pe/archivos/energia/manualdeminiymicrocentraleshidraulicas.pdf>

Universidad Nacional de Colombia, Revista digital Agronomía Colombiana, Volumen 11, Número 2, p. 228-235, 1994. ISSN electrónico 2357-3732. ISSN impreso 0120-9965.

WARWICK, H. AND DOIG, A. (2004). Smoke - the Killer in the Kitchen. Indoor Air Pollution in Developing Countries. Appendix 1: Lessons to be learnt from improved stoves programmes. ITDG Publishing. Disponible en: http://www.itdg.org/?id=smoke_index

WORLD ENERGY COUNCIL y FAO (1999). The Challenge of rural energy poverty in Developing countries. World Energy Council, Food and Agriculture Organizations of the United Nations. Disponible en: <http://www.wec.org/>