

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA LA AYUDA EN LA TOMA
DECISIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES
ENERGÉTICAS EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS**

Presentado por:

Moisés Guillermo González Ariza
Código: 200327293

Asesora:

Phd. Angela Inés Cadena Monroy
Ingeniera Eléctrica y Economista

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
2005**

TABLA DE CONTENIDO

1. PROBLEMA Y SUMINISTRO DE ENERGÍA Y OTROS SERVICIOS EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (ZNI)	5
2 PROPUESTA METODOLÓGICA	14
2.1. Aspectos Socio-Económicos	15
2.1.1. Población y número de viviendas.....	15
2.1.2. Mortalidad, Fecundidad y Migración.....	16
2.1.3. Salud y Educación.	16
2.1.4. Economía.....	18
2.1.4.1. Agro-Industrial	18
2.1.4.2. Comercial y Oficial.....	19
2.1.4.3. Minería.....	20
2.1.4.4. Otras Industrias.....	20
2.1.4.5. Transporte.....	21
2.1.5. Infraestructura.....	21
2.1.6. Balance Y Consumo Energético	21
3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA Y LA OFERTA.....	23
3.1. Estimación De La Demanda.....	23
3.2. Oferta De La Region.....	27
4. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN Y CALCULO TARIFARIO.....	30
4.1. Calculo De La Tarifa, Alternativas De Financiación, y Organización De La ESP.....	36
5. VALIDACIÓN CON EL CASO DE CALAMAR (GUAVIARE).....	39
6. CONCLUSIONES	42
7. RECOMENDACIONES	43
8. BIBLIOGRAFÍA.....	44
9. ANEXOS.....	45
9.1. Trabajo Calamar.....	45
9.2. Energías Alternativas	47
9.2.1. Energía Eólica	49
9.2.2. Biomasa.....	51
9.2.3. Energía Solar	54

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Características de las ZNI.....	8
Tabla 2 Cobertura de energía eléctrica.....	8
Tabla 3 Cobertura agua potable.....	9
Tabla 4 Servicios públicos en Argelia	17
Tabla 5 Servicios público en Tambo	17
Tabla 6 Demografía del Tambo.....	18
Tabla 7 Demografía en Argelia.....	18
Tabla 8 . Información vial de Argelia	20
Tabla 9 Información vial del Tambo.....	20
Tabla 10 Caracterización de municipios Ley136 de 1994.....	24
Tabla 11 Caracterización de municipios Conpes 3108 de 2001	24
Tabla 12 Caracterización utilizada en el benchmarking.....	25
Tabla 13 Consumo por usuario final.....	25
Tabla 14 Relación indicador capital.....	33
Tabla 15 Calificación indicador posibilidad de captar recursos financieros.....	34
Tabla 16 Calificación indicadores sin diesel.....	34
Tabla 17 Calificación indicadores con diesel	35
Tabla 18 Calificación de las fuentes mixtas	35
Tabla 19 Consumos total por usuario obtenido de ejecutar el programa	40
Tabla 20 CIPL P.....	40
Tabla 21 Evaluación de capitales	40
Tabla 22 Valor de la inversión y de los AOM obtenidos en el programa	41
Tabla 23 Demanda promedio mensual por usuario Calamar - Guaviare.....	45
Tabla 24 Relación de altura y densidad del aire	50
Tabla 25 Características de los terrenos	50
Tabla 26 Contenido energético de algunos recursos englobados bajo el término biomasa residual seca.....	53

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Mapa ZNI	9
Gráfico 2 Etapas del programa.....	14
Gráfico 3 Etapa de análisis de información.....	15
Gráfico 4 Curva sigmoïdal	23
Gráfico 5 Proyección de la demanda	27
Gráfico 6 Tipo de capitales que se utilizarán	31
Gráfico 7 Escenario modelo.....	39
Gráfico 8 Proyecciones de la demanda Calamar	46
Gráfico 9 Resultados estudio Calamar	47
Gráfico 10 Costo de inversión de las tecnologías	49

1. PROBLEMA Y SUMINISTRO DE ENERGÍA Y OTROS SERVICIOS EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (ZNI).

De acuerdo con lo señalado en el último Plan Energético Nacional (PEN)¹, el aumento de la cobertura de energía a todas las regiones y sectores del país ha constituido una de las preocupaciones permanentes de la política energética y de los diferentes planes de gobierno. No obstante, dicha preocupación no se ha traducido siempre en acciones concretas y efectivas que reconozcan las particularidades asociadas con la ampliación de la cobertura. En el esquema actual de sector energético, ésta se puede lograr de dos maneras: en unos casos mediante la extensión del servicio vía redes, propiciando las condiciones para que las empresas suministradoras de combustibles y prestadoras del servicio eléctrico se vean interesadas en este ‘negocio’ por la posibilidad de recuperación de los costos derivados de la extensión y/o modernización del abastecimiento. En otros casos, cuando se trata de suministros no tradicionales (generación distribuida) o energización rural, se requiere una mayor injerencia del Estado en el diseño de mecanismos e incentivos para lograr la sostenibilidad técnica, financiera, económica e institucional de las soluciones energéticas propuestas, ojalá concebidas en el contexto de los planes de desarrollo regional o local.

La problemática de la prestación de servicios públicos era únicamente de la nación, situación que cambió pasando a ser prioridad de los municipios por el proceso de descentralización. Siendo así que los municipios deben ser parte de la solución energética, a través de una política que garantice o haga cargo de la prestación de los servicios públicos a una empresa que preste el servicio en su jurisdicción, Una característica actual es que la mayoría de los municipios del país, están a cargo de las empresas prestadoras de servicios, volviéndose un problema debido a los elevados gastos en los que debe incurrir en generación y en los circuitos de transmisión y subtransmisión, han provocando que no pueda destinar una mayor cantidad de recursos a educación y salud.

De lo anterior se hace necesario entender y enfatizar en que las soluciones de corto plazo realizadas en energía, no han logrado hacer que su rol se desarrolle conjuntamente con aspectos socioeconómicos de las ZNI, y en donde se ha implementado su resultado ha sido marginal. Un ejemplo, es que las soluciones energía eléctrica se han enfocado al sector residencial, siendo este distinguido por elevados costos, ineficiencia y baja confiabilidad, características que han impedido que se puedan extender a otros sectores como el agroindustrial y comercial, evitando que los procesos de tengan un valor agregado considerable.

¹Ministerio de Minas y Energía, UPME; 2002, Plan Energético Nacional

El nivel económico y social de las zonas no interconectadas es preocupante, puesto que la deficiencia no se limita únicamente al lado energético sino al de otros sectores como las comunicaciones y el agua potable y es complementado por una carencia de vías de penetración o sistemas de transporte adecuadas, impidiendo que existan cadenas productivas que generen valor agregado. Este déficit en infraestructura básica, hace que en general, su sector productivo termine dedicándose a la oferta servicios de bajo nivel tecnológico, al pan-coger, la recolección, la pesca artesanal o a la opción que le brindan los cultivos de uso ilícito.

De la literatura disponible se conoce que una de las fuentes energéticas más utilizada en las ZNI, es la de diesel oil por la fuerte promoción hecha en los años anteriores para generación eléctrica, siendo está necesaria para movilidad. Otra fuente utilizada es la leña, a la que los pobladores de estas zonas acuden para satisfacer sus necesidades energéticas, y es a veces complementada con la compra de pilas, de plantas pequeñas para generación, y de otras fuentes notoriamente costosas. Esto crea que el costo de vida de estas comunidades sea más elevado que en el resto del país, además de contribuir de una manera directa en el aumento del efecto invernadero por la utilización de energéticos no renovables y la tala indiscriminada de bosques.

Para conocer el impacto de las políticas implementadas en estas regiones, se mirará el nivel de cobertura para energía eléctrica y acueducto. El nivel de cobertura es conocido como el porcentaje de población que cuenta con servicio tanto en el área urbana y como en la rural.

Al realizar esta división en el nivel de cobertura permite plantear tratamientos y soluciones diferentes al problema urbano y rural. De lo anterior y reconociendo que las ZNI son de predominio rural y cuyas principales características son la dispersión de la población, la distancia al sistema interconectado nacional y la carencia de infraestructura y servicios públicos, provoca que el problema trascienda la simple extensión de redes como se había querido tratar en las decisiones del pasado.

Lo anterior se ve reflejado en un bajo nivel de cobertura de las zonas no interconectadas y es complementado con problemas de seguridad y geográficos que ha hecho que esta tampoco puede mejorar.

La ley 143 de 1994 (Ley Eléctrica) define, en su artículo 11², como Zona No Interconectada aquellas áreas geográficas en donde no se presta el servicio público de electricidad a través del Sistema Interconectado Nacional, SIN, y cuya interconexión no es económicamente factible. Estas zonas abarcan cerca del 66% de la superficie del territorio nacional y por

²Re vista Escenarios y Estrategias. UPME. Consultado en agosto 15 de 2003 en <http://www.upme.gov.co/revista/web/ nuevo.htm>

lo general, carecen de vías de acceso y de servicios públicos como energía, aseo, salud, alcantarillado, agua potable, educación y telecomunicaciones.

Las Zonas No Interconectadas son divididas en dos grupos continentales y insulares, cuentan con departamentos de las diferentes regiones del país debido a su gran extensión como ya se menciono. Algunos de estos departamentos son el Amazonas, el Vichada, el Cauca, el Choco y la isla de San Andres y Providencia (Insular).

Las características de estas zonas ha producido que el Estado busque otras maneras de llevar los diferentes servicios a estas regiones. Las soluciones dadas hasta el momento se han caracterizado por no tener en cuenta los aspectos socioeconómicos de la población, considerando que la mejor solución es la prestación con combustibles, que según la experiencia se ha demostrado que es de baja cobertura, reducido número de horas de prestación del servicio y bajos niveles de calidad, entre otros. De manera que no se ha podido desarrollar ningún tipo de actividad sostenible en las regiones limitando el desarrollo de algún tipo de industria.

Otras características de las zonas no interconectadas de Colombia son que se encuentran en 22 Departamentos, de los 32 pertenecientes al territorio nacional. En su mayoría son zonas rurales, sin embargo, se localizan algunas capitales departamentales (Leticia) municipios, cabeceras municipales, y centros poblados rurales de diferentes categorías (sitios, caseríos, inspecciones de policía, corregimientos).

Además, se estima que la población se encuentran alrededor de 1'524.304 habitantes (Calculo realizado con base en Censo DANE 1997, Documento de distribución de subsidios 1999 del ICEL, Identificación de localidades de las ZNI de la costa Atlántica (Aene - Hagler Bailly)), que en relación a la población nacional corresponde al 4% del total nacional y de los cuales cerca del 12% reside en las ciudades capitales departamentales y cabeceras municipales, y el 88% en las áreas rurales. La densidad promedio en esta zona es de 2 hab/Km².

Al tratar de dimensionar la problemática del no abastecimiento de energía en las Zonas No Interconectadas (ZNI), es necesario enfatizar las características como la baja densidad de habitantes y posibles usuarios de los servicios, lo que implica grandes distancias para alimentar cargas muy dispersas. En otras palabras, un alto costo por usuarios para llevar o pretender llevar sistemas por redes, esto complementado por falta de capacidad de pago de los usuarios, lo que genera incertidumbre en el recaudo y insostenibilidad de la solución.

En el cuadro que se muestra a continuación se muestra con mayor claridad esta situación.

Tabla 1 Características de las ZNI

REGION	Hab/ Km2	Hab/ vivienda	Usuarios /Km2	KWh/mes usuario	Horas de servicio	Disponibilidad de pago
AMAZONIA	1,6	5,48	0,3	116,61	7,6	\$ 56,95
ORINOQUIA	3,5	4,28	0,8	127,23	9,1	\$ 40,59
PACIFICO	10,6	6,01	1,7	78,35	7,3	\$ 55,51

Tabla 2 Cobertura de energía eléctrica

DEPARTAMENTO	AREA URBANA (%)	AREA RURAL (%)	TOTAL (%)
AMAZONAS	91	19	53
ANTIOQUIA	98	64	89
ARAUCA	88	22	64
ATLANTICO	96	56	94
BOGOTA	97	NA	97
BOLIVAR	71	30	60
BOYACA	94	59	73
CALDAS, QUINDIO, RISARALDA	81	96	85
CAQUETA	93	7	50
CASANARE	94	6	52
CAUCA	90	40	59
CESAR	82	35	67
CHOCÓ	73	15	38
CÓRDOBA	88	33	63
CUNDINAMARCA	96	77	87
GUAINIA	91	5	34
GUAJIRA	92	34	79
GUAMARE	69	4	27
HUILA	92	66	82
MAGDALENA	92	37	75
META	97	24	72
NARIÑO	89	51	69
NORTE DE SANTANDER	94	44	73
PUTUMAYO	80	15	37
SAN ANDRÉS	98	95	97
SANTANDER	97	70	89
SUCRE	68	93	49
TOLIMA	94	46	76
VALLE	91	86	90
VAUPÉS	67	1	19
VICHADA	76	3	25
TOTAL	93	55	82



Gráfico 1 Mapa ZNI

Como se evidencia de la tabla 2 el nivel de cobertura en las zonas urbanas en la mayoría de los departamentos supera el 90%, lo que contrasta con la cobertura a nivel rural que esta por debajo del 20% para los departamentos de las zonas no interconectadas, esto muestra la gravedad del problema dada las características típicas de estas zonas descritas con anterioridad.

Tabla 3 Cobertura agua potable

RANGOS MUNICIPALES	Nº Municipios	POBLACION			Cobertura	
		Total	Urbana	Rural	%	Población
Area metropolitana Centro	9	13,212,606.00	12,934,677.00	277,929.00	95.5	12,349,260.00
Area metropolitana periferia	37	2,818,475.00	2,508,405.00	310,070.00	97.4	2,442,938.00
0-2500 hab	403	2,998,552.00	498,806.00	2,499,746.00	91.4	455,681.00
2501-12000hab	463	8,021,851.00	2,677,952.00	5,343,899.00	87.2	2,335,797.00
12001-30000 hab	94	3,234,770.00	1,789,275.00	1,445,495.00	89.2	1,595,410.00
30001-70000 hab	46	3,056,092.00	2,015,226.00	1,040,866.00	88.9	1,791,169.00
> 70001 hab	16	2,244,375.00	1,819,751.00	424,624.00	95.8	1,744,194.00
Capital es< de 100000 hab	11	578,719.00	377,043.00	201,676.00	70.6	266,242.00
Capital es> de 100000 hab	12	3,849,222.00	3,440,198.00	409,024.00	94.2	3,241,542.00
Total	1091	40,014,662.00	28,061,333.00	11,953,329.00	94.1	26,222,233.00

De la tabla 3 se ve que el nivel de cobertura de agua potable es menor al 20%, que es similar al de energía eléctrica, lo que evidencia problemas en las soluciones planteadas con anterioridad, las cuales no generaron valor agregado necesario para que se desarrollaran otros sectores, esto puede mostrar un panorama poco claro para implementar soluciones que no integren a la comunidad, debido a que son regiones pobres como lo muestra los cuadros anteriores.

Es por esto que la complementariedad de servicios públicos se debe volver a tener en cuenta para este tipo de regiones no buscando que la prestación se haga por separado sino buscar que se integren para generar economías escala que la hagan sostenible. Lo anterior es necesario pero no es suficiente para garantizar sostenibilidad, debido a que estos deben incluir otras variables como la ecología y las finanzas.

A nivel de cobertura las instituciones han intentado intervenir para que esta mejore, es así como la CREG ha emitido algunas resoluciones que no han sido suficientes para mejorar la situación, lo que puede ser debido a que estas no están atadas a unos objetivos claros definidos por un planeamiento energético nacional.

Así, la resolución CREG 080 de 2000 ha definido, para consideración de los agentes, los principios generales de la remuneración de la actividad de distribución. En ella se propone la forma como se deberían remunerar las obras de expansión que se realicen, sujeta al cumplimiento de algunos criterios de selección de las obras que aunque se mencionan como establecidos en el Código de Distribución, Resolución CREG 070 de 1998, no son muy claras. Este Código se menciona que el Plan de Expansión de los Operadores de Red se debe contrastar con los niveles de cobertura predefinidos por la UPME en el Plan Quinquenal de Expansión de cobertura. En el caso de que dichos niveles no se cumplan, la responsabilidad pasa a ser de los entes territoriales (Municipios y departamentos), según el sistema sea regional (STR) o local (SDL).

La resolución CREG 120 de 2001 reglamenta los procedimientos para conectar a las redes de barrios subnormales y mantiene el principio de obligatoriedad de la conexión del usuario que lo requiera, previo cumplimiento de unas condiciones técnicas mínimas, que establece el OR debe permitir que estos se conecten si están en proceso de adecuación técnica de sus redes. En esta resolución también se aprecia la prioridad que existe de los Planes de ordenamiento sobre los Planes de Expansión del OR.

Es necesario implementar mecanismos que ayuden a adelantar programas de energización calificados como prioritarios, tanto en las zonas interconectadas como en zonas no interconectadas con el objeto de que se alcancen niveles igualitarios de cobertura en todo el país, pero buscando que estos se han sostenibles por los municipios y no se vuelvan

después de ejecutados en una carga mayor para el Estado sino al contrario que lo ayude a dinamizar diferentes sectores productivos, de las regiones.

Una de las soluciones que más se están trabajando en el mundo es el estudio de energías renovables, las cuales han avanzado de una manera relativamente rápida, debido a la necesidad de encontrar diversas formas de obtener un energético menos contaminante y a la necesidad de no estar expuesto a las diferentes fluctuaciones del precio del petróleo. Sin embargo, este avance ha mostrado que el camino es todavía largo y que estas tecnologías debido a sus costos y su limitada eficiencia en el corto plazo, no puedan competir con las que actualmente se utilizan.

A pesar de esto, en algunas regiones con ciertas características, las tecnologías renovables se pueden convertir en un motor de la sociedad, debido a que se convierten en dinamizadores de aspectos socio-económicos, culturales, entre otros. Rompiendo con conceptos que se enfocaban en dar respuesta a un problema específico y no aun problema mas general de la región.

Colombia no fue ajena a este tipo de decisiones de corto plazo y que están basadas únicamente en la política y el criterio de mínimo costo, lo que ha generado la falta de complementariedad en las decisiones de servicios públicos, baja cobertura y calidad del servicio en estas regiones.

Por lo tanto, en este proyecto se promueve un visión donde la energía no es solo un campo interdisciplinario sino integrativo³, lo que significa que no solo es necesario reunir a varios expertos que trabajen de forma individual, sino que trabajen de forma unificada con la finalidad de resolver los problemas de todos los niveles; comenzando por los mas importantes y continuando por los siguientes, hasta llegar a una solución razonable.

Esta concepción implica que el problema energético no debe ser considerado como el problema el suministro de energía eléctrica, sino en un concepto más amplio, el cual tenga en sus dimensiones áreas tan importantes como la economía, las finanzas, la ecología, la tecnología, la sociología entre otras; que al ser tenidas en cuenta como parte de la política estatal provoca un mejor planeamiento para las regiones. Siendo más claro que los objetivos del planeamiento energético⁴ deben contribuir en la mejor manera no solo a los fines obvios, sino a resolver los problemas de la nación.

De esta manera las soluciones que plante el planeamiento, debe tener en cuenta diferentes aspectos de la región; logrando así evitar los errores del

³ Aplicación de un enfoque sistémico al diseño total de la regulación y el control del sector eléctrico público y privado de un país, Fernando Navas

⁴ El enfoque de sistemas y la reestructuración del sector eléctrico colombiano, Fernando Navas

pasado, que se basaron en soluciones de beneficio a corto plazo pero en una carga al mediano y largo plazo

Carga que en la mayoría de las soluciones es el conseguir el combustible para las plantas diesel, el cual es subsidiado por ECOPEPETROL y es llamado electrocombustible (diesel); sin embargo este subsidio no es suficiente debido a que el precio es hasta casi cuatro (4) veces mayor que en las ciudades⁵. Los costos actuales del combustible y aquellos inherentes a su transporte hacia las zonas no interconectadas hacen competitiva la producción de aceite vegetal como sustituto. Adicionalmente, la diversidad de climas y suelos, en todas las regiones de nuestro país, (Costa Pacífica, Costa Atlántica, Orinoquía, Amazonía, Zona Andina), permiten que muchas de ellas, ubicadas en las mismas regiones de consumo, estén en capacidad de producir oleaginosas para extraer el aceite vegetal con destino a la sustitución del combustible Diesel, bien a partir de cultivos permanentes o cultivos semestrales de ciclo corto.

Es por esto que la generación con energías renovables se ve con una gran interés para estas regiones, las cuales según sus disponibilidades energéticas se pueden integrar mejor a las políticas de la nación, para esto se busca un mejor manejo de las disponibilidades y tener en cuenta soluciones mixtas de estas para hacerlas sostenibles. Un ejemplo de esto puede ser la de generar electricidad y fuerza motriz, a partir de los biocombustibles, lo que significaría una innovación tecnológica y un cambio de estrategia, al propiciar que la energía y su uso se conviertan en instrumento de desarrollo regional, colocando a la agricultura, no solamente como consumidora sino como productora de materia prima para la producción de energía, con posibilidad de llegar a la autosuficiencia, e incluso a la venta de excedentes eléctricos.

La sustitución del diesel por biodiesel en las ZNI permitiría encadenar la demanda de combustible para la generación de energía eléctrica y fuerza motriz a la creación de cadenas agrícolas productivas de alto valor agregado regional, propiciando la acumulación de capital, el aprovechando de la disponibilidad de activos financieros y de infraestructura existentes, con su consecuente mejora en las condiciones económicas sociales y ambientales de estas sociedades rurales.

Por otra parte, esta manera de usar la energía, se enmarca dentro del contexto del desarrollo sostenible, entendido como el equilibrio entre el desarrollo económico, los beneficios sociales para amplios grupos de población y la sostenibilidad ambiental. Adicionalmente, el avance de la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles de carácter renovables y alterno, se encuentra en la línea de los planes estratégicos para el desarrollo científico y tecnológico nacional, ya que el proyecto ofrece aportes en cuanto propende por el desarrollo investigativo del país

⁵ Ver AENE-Hagler Bailly Services, Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero... año 2000.

en un tema crucial por el interés global que se tiene alrededor del desarrollo sostenible. Promover y avanzar en el uso de biocombustibles significa que el país desarrolle herramientas para sacar provecho de las oportunidades internacionales que se están presentando y que son aprovechadas por en la grupos de investigación competitivos en el mundo por la captación de fondos de investigación y desarrollo.

2 PROPUESTA METODOLÓGICA

La herramienta desarrollada tiene cuatro módulos, como se detallará a continuación. En el primero se hace una caracterización socio-económica, donde se obtienen datos de medios de comunicación, servicios públicos, actividad económica, entre otras que servirán para la evaluación del modelo de la región. En el segundo se realiza la estimación de la demanda y oferta energética, la demanda se calcula utilizando un benchmarking con el consumo por usuario y una tipificación de los municipios, mientras la oferta se identifica a partir de la disponibilidad del recurso y de las variables propias de cada tecnología. El tercer módulo corresponde a la metodología para seleccionar la solución energética, la cual se basa en maximizar el aporte a la formación de capital natural, capital económico y capital social. En el cuarto módulo, se estima la tarifa que deberá pagar los usuarios, el subsidio requerido y los lineamientos sobre la organización de la ESP.

La metodología se realiza en tres etapas que buscan darle robustez al desarrollo del programa:

Etapas de análisis de la información: Se estudia que tipo de información se solicitara en la primera etapa y como encadenarla con la toma de decisión, esto orientado al estudio de la condiciones tanto económicas, políticas y sociales que permite conocer la posible demanda futura y la disponibilidad energética de la zona (oferta).

Etapas de selección de la solución: En esta se define como se abastecerá la región teniendo en cuenta las proyecciones de demanda realizadas y la oferta energética. Esta desembocará en una solución de máximo beneficio para la región.

Etapas de reflexión estratégica y táctica: Esta última etapa busca proponer a la región una tarifa basada en el costo incremental promedio de largo plazo, para que la solución se ha sostenible y involucre a la población.

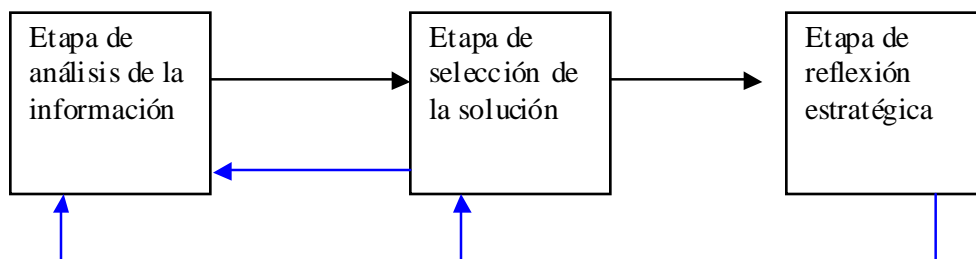


Gráfico 2 Etapas del programa

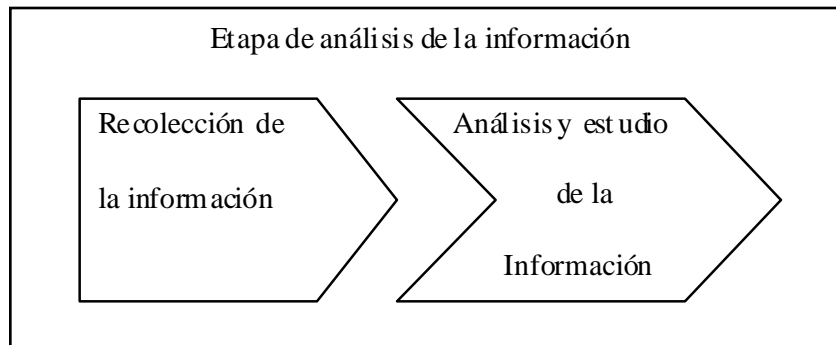


Gráfico 3 Etapa de análisis de información

Del gráfico 2 se puede observar que todas las etapas están ligadas entre sí y retroalimenta a las otras debido al procesamiento dado a la información, donde las variables que se utilizan en las diferentes etapas tendrán que ver con una etapa anterior y una etapa futura.

En el gráfico 3 se coloca en evidencia la importancia de la primera etapa del programa, mostrando con claridad que esta etapa brindará una primera perspectiva de la región y permitirá a la persona que ejecute el programa visualizar las necesidades y requerimientos de la población.

A continuación se explica los conceptos alrededor de las tres etapas que se trabajan en la metodología para realizar el modelo, donde se busca poner de una manera sencilla los conceptos que se tuvieron en cuenta en cada una de las etapas.

2.1. Aspectos Socio-Económicos

Se busca conocer información que de un panorama general de los aspectos sociales, económicos y de infraestructura, que servirán para el desarrollo de etapas posteriores. La información ubicará a la persona en un contexto actual y permitirá planear una situación futura, logrando mejorar el aprovechamiento de los recursos de la región. De otro lado, se busca mostrar de una forma práctica el concepto de energización rural, el cual está encaminado a que las soluciones propuestas contribuya de una forma directa a la generación de valor agregado, provocando que estas sean sostenibles en el tiempo.

2.1.1. Población y número de viviendas

La población en los municipios es importante debido a que establece el número de habitantes que se pueden beneficiar de la implementación de la solución y dimensionar bajo una característica real los proyectos que se planteen. Además, brinda información sobre el problema de la migración a las ciudades por desplazamientos y otros factores como el grado de conflicto, y los niveles de fecundidad, mortalidad y morbilidad.

El número de viviendas esta relacionado con la población de la región directamente, es mas o menos de 4 a 10 personas por vivienda⁶

2.1.2. Mortalidad, Fecundidad y Migración

La tasa de mortalidad de estas zonas mostrará la expectativa de vida de la región y podrá llegar evidenciar los diferentes problemas de orden público o de carencia de servicios públicos.

La tasa de crecimiento busca mostrar la tendencia de crecimiento municipio basados en las otras características de la región que también son solicitadas en la región.

La migración tanto dentro de la región como hacia fuera, son importantes componentes de crecimiento en unas partes y en otras de decrecimiento, este fenómeno se puede deber a la atracción de los cultivos ilícitos en unas zonas, donde se presenta un nivel de ingreso mayor que el de muchas regiones similares. Sin embargo es decreciente cuando diferentes grupos insurgentes desplazan a la población o cuando por falta de servicios públicos y de ingreso deciden emigrar a otro centro poblado.

2.1.3. Salud y Educación.

La evolución del sistema de educación y el de salud de una población, dependen en gran parte del desarrollo económico alcanzado, pero también están determinados por la importancia relativa que les asigne la sociedad dentro de las necesidades. Por esto se puede explicar un poco el atraso de las zonas en estos campos, hecho que presenta una barrera para el mejoramiento económico y social.

El carácter eminentemente rural, el alto costo de oportunidad que tiene la educación, ha generado que estas regiones se hayan atrasado con respecto al nivel nacional y teniendo en cuenta que la educación es el reflejo de lo que sucedió en el pasado y un elemento muy importante para conocer la evolución futura de una población, se puede pensar que cualquier solución que se brinde debe tener en cuenta esta situación.

Este problema es bastante complejo, sin embargo por las condiciones y la variedad de recursos de estas regiones se puede comenzar por recomendar algunas formulaciones que comiencen a mejorar la situación, dado que la educación es la inversión en el capital humano cuyo beneficio no se limita al individuo sino se extiende a todos los demás de la comunidad.

⁶ Diseño de una propuesta para incentivar proyectos de potabilización de agua en zonas no interconectadas. G González A. Caden a.2003

En salud se encuentra una baja cobertura que es complementada por la baja cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado, siendo claramente evidenciable en la información disponible para los municipios del Tambo y Argelia (tabla 4 y 5), circunstancia que permite que las enfermedades se proliferen de una manera más amplia, poniendo en evidencia tasas de morbilidad más altas. El gado de enfermedades y de muerte de la población de menor edad puede dar una idea grande de la situación de salubridad y el grado de asistencia medica de las regiones.

Tabla 4 Servicios públicos en Argelia

Déficit en Servicios Públicos por viviendas								
Acueducto			Alcantarillado			Energía		
URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL
25	1005	1,030	55	2103	2,158	0	2161	2,161
8%	42%	38%	17%	88%	80%	0%	91%	80%

Tabla 5 Servicios público en Tambo

Déficit en Servicios Públicos por viviendas								
Acueducto			Alcantarillado			Energía		
URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL
0	5079	5.001	6	11944	11.950	-13	6269	6.256
0	41%	39%	1%	97%	92%	-2%	51%	48%

Para poder calcular la tasa de morbilidad (la cual no hará está herramienta) se debe conocer la estructura de edades de la población, lo que dará una idea del tipo de personas que dominan la región, si son menores de edad o adultos. De hecho si se toma como referencia la región del Cauca y los municipios del Tambo y Argelia se ve que la población para el año 2003 esta casi repartida por la mitad para menores y adultos, sin embargo se ve que hay una mayoría de menores de edad frente a los adultos⁷.

⁷ Plan de ordenamiento territorial del Tambo Cauca, plan de ordenamiento Argelia Cauca

Tabla 6 Demografía del Tambo

PROYECCION DE POBLACION POR GRUPOS DE EDAD - PLANEACION												
GRUPOS DE EDAD	2002						2,003					
	URB.	%	RUR.	%	TOTAL	%	URB.	%	RUR.	%	TOTAL	%
Menores de 5 años	547	13	6811	17	7358	16	562	13	6829	17	7391	16
De 6 a 12 años	697	17	8036	20	8733	19	719	16	8059	20	8778	19
De 13 a 17 años	503	12	4666	11	5169	12	517	12	4679	11	5196	12
De 18 a 60 años	2230	52	18885	46	21115	47	2296	53	18942	46	21238	47
Mayores de 61 años	272	6	2422	6	2694	6	277	6	2434	6	2711	6
TOTAL	4249		40820		45069		3977		40943		45314	

Tabla 7 Demografía en Argelia

PROYECCION DE POBLACION POR GRUPOS DE EDAD - PLANEACION												
GRUPOS DE EDAD	2002						2,001					
	URB.	%	RUR.	%	TOTAL	%	URB.	%	RUR.	%	TOTAL	%
Menores de 5 años	401	13	4025	17	4426	16	415	13	4143	17	45580	16
De 6 a 12 años	510	16	4754	20	5264	19	532	17	4890	20	5422	19
De 13 a 17 años	388	11	2764	11	3132	11	379	12	2843	11	3222	11
De 18 a 60 años	1625	52	11171	46	12796	47	1688	52	11485	46	13173	47
Mayores de 61 años	197	6	1435	6	1632	6	209	6	1479	6	1688	6
TOTAL	3101		24149		27250		3223		24840		28063	

2.1.4. Economía

Para esta parte la herramienta busca determinar las diferentes actividades económicas que se desarrollan en la región, con el fin de determinar sus potencialidades en el desarrollo conjunto con una actividad energética propuesta.

Para esto se divide las actividades en agro-industrial, comercial y oficial, minería, otras industrias y transporte.

Cualquier actividad económica y en especial la actividad industrial de la región esta atada a las actividades y a las potencialidades de la región y a los servicios públicos, los cuales permiten darle valor agregado a los productos de la región. Al tener una cobertura deficiente de servicios la actividad económica se vuelve de subsistencia y dependiente de actividades que no agregan valor a la comunidad.

2.1.4.1. Agro-Industrial

Estas regiones se han identificado como regiones históricamente como agropecuarias, siendo la industrialización un fenómeno reciente y muy limitado debido a la carencia de incentivos y de buenos recursos.

La agricultura es de subsistencia con productos nativos de las regiones, con el aprovechamiento de la fauna silvestre, los recursos pesqueros y la madera, sin embargo, es de anotar que estas actividades no corresponden a un plan diseñado por el municipio o el gobernación, sino a la constante tala de reservas naturales y bosques nativos, lo que ha ido generando el fenómeno de la ganadería extensiva.

Es de agregar en esta actividad la importancia que ha ido adquiriendo la actividad de las siembras de cultivos ilícitos, los cuales responde a una fuerte demanda y a la problemática social.

La distribución de tierra en estas regiones, se hará basado en el caso Calamar, con un 80%, de predominio forestal, un 10% del agrícola y un 10 % de las otras actividades.

Es importante resaltar lo poco explotado y conocido que es el tema de las oleaginosas, que al desarrollarse podrían volverse en una importante impulsador del trabajo local y otros servicios, debido a su forma de obtención y a los diferentes productos que se pueden derivar de su tratamiento como aceites y grasas. Las oleaginosas son abundantes en regiones de la costa atlántica, orinoquía y amazonía;

La ganadería por su parte, se ha vuelto un problema en estas regiones, debido a que la propiedad de la tierra se encuentra en pocas manos, es una actividad que no da mucho valor agregado, produciendo el desarrollo de actividades que si podrían ayudar a estas regiones por la inclusión de actividades productivas.

2.1.4.2. Comercial y Oficial

El comercio es una actividad que esta cogiendo fuerza por la instalación de tiendas y discotecas, lo cual ha mejorado un poco la situación de estas regiones. El problema radica en que corresponde a la necesidad de diversión que tienen las personas que están ligadas a la actividad del narcotráfico

En cuanto a productos facturados y materia prima, la carencia de vías de acceso produce que el comercio con otras regiones sea poco y los productos facturados sean casi inexistentes por la imposibilidad de obtener los recursos necesarios. Lo anterior se puede observar en las tablas 8 y 9 de información vial del Tambo y Argelia.

El sector oficial en estas regiones se vuelve muy importante debido a que esos son los encargados de tomar decisiones para el desarrollo de la regiones y por lo tanto son lugares que pueden llegar ha tener servicios público entre otros, Produciendo que sus consumos se han elevados con respecto de otras actividades.

Tabla 8 . Información vial de Argelia

INFORMACION VIAL			
Longitud Red Vial - Kms.	0.0	Tipo de terreno (Kms.)	
Vías en afirmado:	0.0	Plano:	
Estado: Bueno		Ondulado:	
Regular		Montañoso:	
Malo		Escarpado:	
Vías en tierra:	0.0	Total:	0.0
Estado: Bueno	0.0	Densidad Vial:	0 m/km ²
Regular	0.0	Area - km ²	87
Malo	0.0	Jerarquía:	

Tabla 9 Información vial del Tambo

INFORMACION VIAL			
Longitud Red Vial - Kms.	280.8	Tipo de terreno (Kms.)	
Vías en afirmado:	250.9	Plano:	20.0
Estado: Bueno	0.0	Ondulado:	110.5
Regular	19.0	Montañoso:	108.5
Malo	231.9	Escarpado:	41.8
Vías en tierra:	29.9	Total:	280.8
Estado: Bueno	0.0	Densidad Vial:	86 m/km ²
Regular	0.0	Area - km ²	3280
Malo	29.9	Jerarquía:	

2.1.4.3. Minería

La minería en estas regiones ha sido poco explotada, sin embargo en las regiones donde es explotada es de forma artesanal debido a la carencia de buenos servicios públicos, como el de electricidad que les podrían ayudar a en la explotación.

Esta actividad también responde a iniciativas de particulares y en la mayoría de los casos no a la planeación del municipio o el gobierno.

2.1.4.4. Otras Industrias

El desarrollo de otras industrias ha sido poco, y se ajustado a las condiciones que han tenido que manejar como la baja calidad y la poca prestación de servicios públicos. Además, se ha enfatizado en soluciones energéticas que no explotan los recursos más abundantes en la región

generando que estos sean muy costosos y al intentar comercializarlos se han demasados costosos para la población.

2.1.4.5. Transporte

El desarrollo del transporte es importante en la región, debido a que permite una mejor movilidad con los municipios vecinos y la exportación e importación de otros productos a la región.

Los consumos que este sector puede llegar a tener, se vuelven importantes por la utilización de diversos energéticos para la movilidad de los pobladores.

2.1.5. Infraestructura

Se busca conocer diferentes aspectos de infraestructura de la región tanto a nivel de vías como a nivel de servicios públicos, observando la evolución en obras básicas de infraestructura y en especial aquellas que permiten su comunicación y dotación adecuada de servicios públicos.

Este tipo de obras son las que producen las economías externas necesarias para atraer la actividad económica que promueve el desarrollo de un área; debido a la relación directa que existe entre desarrollo económico y disponibilidad de recursos de servicios públicos.

Si el crecimiento de una región no es acompañada de una mayor inversión en infraestructura (vías, sistemas de comunicación, puertos) y en servicios públicos, este crecimiento no se puede mantener y se estancaría, y el nivel de bienestar de la región se ve disminuido. Esto se puede ver claramente en regiones que en una época tuvieron bonanza petróleo y cuando esta de cayo el PIB de la región cae dramáticamente, lo cual se puede explicar en la poca inversión, el mal manejo de los recursos, o circunstancias naturales, que impidieron el correcto desarrollo del sector de infraestructura.

2.1.6. Balance Y Consumo Energético

Para la parte del consumo se ha realizado un trabajo el cual consiste en pedir información de todos los energéticos y todos los servicios públicos existentes en la región. Esta parte esta sujeta a que existan datos de los servicios públicos y energéticos existentes, al no haber datos se supondrá que no hay consumo y por lo tanto será de cero.

Para conocer los consumos iniciales se utiliza el balance energético de la UPME sobre la demanda del país, el cual muestra la oferta de los energéticos utilizados y la demanda por usos y energéticos.

Sin embargo, considerando que estas regiones son un caso especial y teniendo en cuenta las energías renovables que se buscan promover en estas regiones se han realizado algunas modificaciones. Sin cambiar el objetivo del mismo, que es mostrar la relación entre la oferta y la demanda.

Balance energético: Es una herramienta estadística que sistematiza todas las relaciones que ocurren entre las variables físicas de energía sean estas de producción, transporte o consumo, por medio de un modelo que presenta en forma ordenada la estructura del sector energético.

El balance energético considera las energías primarias y secundarias de una región, por lo tanto se debe tener cuidado al ingresar los datos debido a que se podría colocar dos veces siendo que solo se utilizo una vez, lo anterior se debe a los centros de transformación.

Es importante identificar los conceptos de energía primaria y energía secundaria, para una mejor comprensión del balance energético.

Energía Primaria: Es la que se obtiene de la naturaleza sin ningún proceso de transformación hecho por el hombre, un ejemplo es la energía solar, energía eólica o el petróleo.

Energía secundaria: Son los energéticos obtenidos de la transformación de alguno de los energéticos primarios y que son destinados a satisfacer la demanda, los ejemplos de estos energéticos son la energía eléctrica, los biocombustibles y los derivados del petróleo.

También se pretende conocer la situación actual de la prestación de los servicios públicos, con el fin de saber el consumo promedio por estrato, la tarifa que se paga y la cobertura con el número de casa con servicio.

3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA Y LA OFERTA

3.1. Estimación De La Demanda

La técnica que se utiliza para estimar la demanda no es la convencional de poner a crecer el consumo de energía que tiene la población a una tasa razonable para municipios. Si no un modelo que utiliza un benchmarking clasificando a los municipios según su población y consumo (ver tabla 12), para lo cual plantea una caracterización que tenga en cuenta la Ley 136 de 1994 y el Conpes 3108 de 2001.

A partir de allí se proyecta la demanda con el driver (o variable explicativa) escogido para construir el consumo específico, en dos etapas. Una primera etapa que va del año 0 hasta el año 3 donde la demanda crecerá de acuerdo a la tasa de crecimiento esperada para la variable explicativa. El segundo periodo esta comprendido del año 3 al año 15, en el cual la demanda crecerá siguiendo una curva sigmoial⁸ hasta alcanzar un valor cercano al consumo específico previsto, el cual se muestra en la tabla 13.

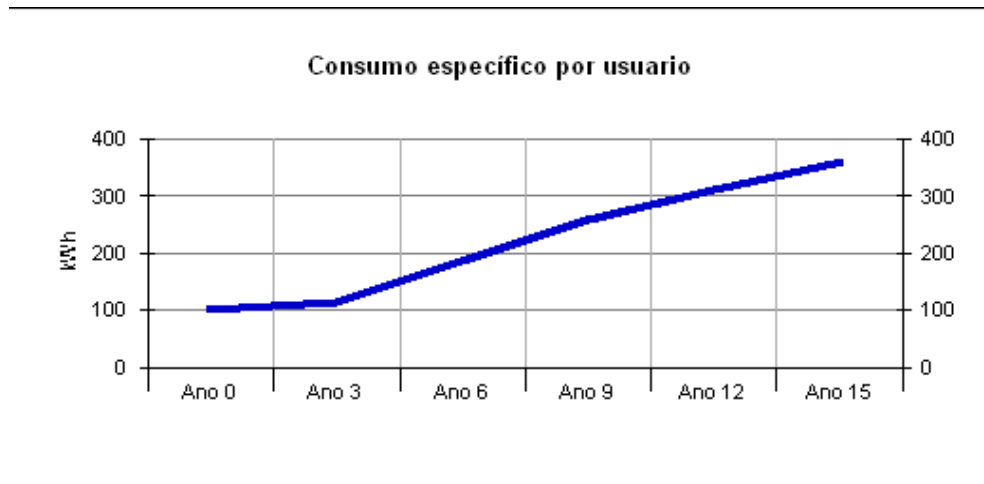


Gráfico 4 Curva sigmoial

Las variables de entrada que utiliza el modelo son:

- Consumo por habitante de la región
- Consumo final por habitante (Caracterización)
- Tiempo de proyección

⁸ La curva logística o sigmoial captura el fenómeno de altos crecimientos iniciales seguidos por una tendencia a la saturación. P.R Shukla

La Ley 136 de 1994 plantea una caracterización de los municipios donde se dividen por habitantes y por ingreso como se muestra en la tabla.

Tabla 10 Caracterización de municipios Ley136 de 1994

LEY 136 DE 1994	
Primera Categoría (1)	Municipios con población comprendida entre 100.001 y 500.000 habitantes cuyos ingresos oscilen entre 100.000 y 400.000 pesos salarios mínimos mensuales.
Segunda Categoría (2)	Todos aquellos municipios con población comprendida entre 50.001 y 100.000 habitantes cuyos ingresos oscilen entre 50.000 y 100.000 salarios mínimos mensuales.
Tercera Categoría (3)	Todos aquellos municipios con población comprendida entre 30.001 y 50.000 habitantes cuyos ingresos oscilen entre 30.000 y 50.000 salarios mínimos mensuales.
Cuarta Categoría (4)	Todos aquellos municipios con población comprendida entre 15.001 y 30.000 habitantes cuyos ingresos oscilen entre 15.000 y 30.000 salarios mínimos mensuales.
Quinta Categoría (5)	Todos aquellos municipios con población comprendida entre 7.001 y 15.000 habitantes cuyos ingresos oscilen entre 5.000 y 15.000 salarios mínimos mensuales.
Sexta Categoría (6)	Todos aquellos municipios con población inferior a 7.000 habitantes cuyos ingresos no son superiores a 5.000 salarios mínimos mensuales.

El Conpes 3108 de 2001 caracteriza las Zonas No Interconectadas (ZNI) de una encuesta realizada en 90 municipios. Esta encuesta tiene en cuenta los habitantes, las horas de servicio de energía eléctrica y el tipo de consumo de la región (residencial, comercial, oficial y industrial). Las categorías se mostrarán en la tabla 2.

Tabla 11 Caracterización de municipios Conpes 3108 de 2001

Conpes 3108	
Localidades tipo 1	Centros poblados con más de 500 habitantes, que actualmente cuenta con 11 horas diarias de servicio. En estos municipios existen algunos comercios y pequeñas industrias donde el uso de energía es diferente al consumo residencial. Se propone un servicio de 24 horas para las capitales y 16 horas para las otras localidades considerando las necesidades identificadas.
Localidades tipo 2	Centros poblados que tienen una población entre 200 y 500 habitantes con servicio de energía durante 5 horas diarias promedio. El consumo es netamente residencial, con un crecimiento prácticamente vegetativo. Se propone llegar a 12 horas diarias.
Localidades tipo 3	Asentamientos ubicados en áreas apartadas y de difícil acceso. El consumo es netamente residencial y cubre necesidades de iluminación y de comunicaciones.

De las dos caracterizaciones anteriores se plantean cuatro (4) tipo de regiones, que tendrán en cuenta características de las dos anteriores, sin embargo es necesario recalcar que sería mejor una clasificación que tenga en cuenta mas parámetros como lo propone Cadena y González en un *“Diseño de una propuesta para incentivar proyectos de potabilización de agua en zonas no interconectadas”*.

Tabla 12 Caracterización utilizada en el bench marking

Caracterización de los municipios	
Regiones tipo 1	Son regiones con población mayor a 7.000 habitantes, con industrias pequeñas y comercio el servicio de energía eléctrica se presta por más de 11 horas.
Regiones tipo 2	Son regiones con población entre 4.000 y 7.000 habitantes, con algunas industrias pequeñas, con predominio de consumo por parte del sector residencial y comercio; el servicio de energía eléctrica se presta por más de 11 horas.
Regiones tipo 3	Son regiones con población entre 1.000 y 4.000 habitantes, con consumo comercial y residencial. El servicio de energía eléctrica se presta entre 5 y 11 horas.
Regiones tipo 4	Son regiones con población menor a 1.000 habitantes, con un mayor consumo residencial. El servicio de energía eléctrica se presta máximo por 5 horas.

Los consumos por habitante que se utilizarán como limite superior para cada tipo de región se muestra en la tabla 4

Tabla 13 Consumo por usuario final

Caracterización de los municipios		
Regiones	Mensual	Anual
Regiones tipo 1	500	6000
Regiones tipo 2	400	4800
Regiones tipo 3	300	3600
Regiones tipo 4	200	2400

Las dos etapas que se proponen es debido al tiempo de instalación de las tecnologías y el aprendizaje de las mismas por lo tanto se hace el supuesto de un crecimiento constante de acuerdo a la historia de la región en la primera etapa; en la segunda etapa se busca que la demanda crezca de una manera mas rápida debido a la entrada de la solución energética y los procesos productivos que pueden traer las nuevas fuentes de energía.

La sigmoideal esta definida con un límite asintótico, dos parámetros de comportamiento y un periodo de tiempo, la formulación matemática se muestra a continuación:

$$Y = Y_0 = \frac{e^{(a+bT)}}{1 + e^{(a+bT)}} \quad (1)$$

Yo = Limite asintótico

Para estimar a y b se utiliza una regresión lineal de la forma log-log para (1).

$$z = \alpha + \beta T \quad (2)$$

$$Z = \frac{\text{Ln} \left(\frac{Y}{Y_0} \right)}{\left(1 - \frac{Y}{Y_0} \right)} \quad (3)$$

De estas formulas se pueden obtener los consumo especificos del año 6 en adelante, debido a que Yo se determino en el benchmarking.

Para determinar el valor de a se reemplaza (3) en (2) y luego se reemplaza en (1) como el año 3 es el año 0 de la sigmoidal se despeja y se obtiene (4):

$$a = \text{Ln}(Y) - \text{Ln}(Y_0 - Y) \quad (4)$$

Para b se hace el supuesto que en el año diez se alcanza el 75% del consumo planteado en el benchmarking, b anterior es tomado del estudio de Calamar donde se obtiene el 75% de la demanda en el año 10.

$$b = \frac{\text{Ln} \left(\frac{Y(t)}{Y_0} \right) - a \text{Ln} \left(1 - \frac{Y(t)}{Y_0} \right)}{t \text{Ln} \left(1 - \frac{Y(t)}{Y_0} \right)} \quad (5)$$

De esta forma se construye la sigmoidal con la cual se estima la demanda de la región atendíendola 24 horas y prestando el servicio a una cantidad de usuarios igual a la población dividida entre 4 personas que es tamaño promedio de una familia colombiana⁹.

⁹ www.dane.gov.vo



Gráfico 5 Proyección de la demanda

3.2. Oferta De La Region

La oferta de la región busca conocer las disponibilidades de la región no solamente a nivel energético, sino a nivel económico, infraestructura, entre otros. Con el fin de que la solución que se plantee tenga en cuenta todos los diferentes aspectos de la región.

Esto se hace teniendo en cuenta lo escrito anteriormente de que un estudio de energía se debe al menos considerar las variables de la región para que la solución busque ayudar a la comunidad en otros aspectos.

De lo anterior se desprende que la oferta de la energía debe ser manejada considerando los aspectos financieros de la región, la capacidad social de la región, la infraestructura y las condiciones de seguridad de la región. Esto provoca que cada solución para cada posible región sea muy diferente de la de otra, debido a las diferentes combinaciones que se pueden dar en los aspectos mencionados.

La oferta sin embargo se considera que debe hacerla una persona experta en temas de energización rural, la cual entienda el problema con claridad y busque escoger la mejor solución de la zona. El programa podrá identificar los recursos energéticos disponibles en la región mediante escalas encontradas en la región y que tienen en cuenta diferentes aspectos de cada recurso¹⁰, al igual se podrá estimar el costo de la instalación de una tecnología factible para su uso, teniendo en cuenta la instalación al cien por ciento de la tecnología escogida.

Los recursos energéticos que el programa estudiará son los siguientes:

- Biomasa

¹⁰ Ver anexos

- Energía Eólica
- Energía Solar
- Pequeñas Centrales Hidroeléctricas
- Interconexión a la red
- Diesel

Para la biomasa se tendrá en cuenta el área disponible para realizar los diferentes cultivos de las plantas oleaginosas o de la madera, Para la energía eólica se tendrá en cuenta la velocidad media del viento, para la energía solar la radiación solar promedio anual de la región, para las pequeñas centrales hidroeléctricas se tendrá en cuenta el caudal del río y la altura , la interconexión de la red se tomara la distancia al punto mas cercano a la red donde sea factible conectarse, El diesel siempre estará disponible y lo único que se solicitará es el valor del combustible.

Con lo anterior se estimará las potencialidades energéticas de la región y se escogerán de manera parcial mostrando a la persona que ejecuta el programa un menú con las posibles fuentes existentes en la región.

Continuando con la oferta se estimará los recursos financieros que recibe la población, para el desarrollo energético, no solo eléctrico sino también a nivel de combustibles, con el fin de que la solución tecnológica no sobre pase la capacidad de financiera de la región.

Para lo anterior se solicitan datos sobre los subsidios que recibe la zona diferentes a los de los estratos 1, 2, 3, y si cuenta con ayuda de algún fondo creado por el Estado como son el (FAZNI o el FOES), esto estará acompañado del monto en pesos con el cual cuenta.

Se excluye la parte de los subsidios otorgados por la Ley 142 de 1994 debido a que estos tienen destinación directa el usuario y no podrían ser utilizados por la región para financiar la implementación de la solución energética, algunos de los subsidios que se propondría utilizar son los subsidios al electrocombustible, entre otros.

La solución energética de la región debe ajustarse al panorama actual de la región con el fin de no hacer proyectos que sobre pasen la capacidad de la región y que queden ejecutados a medias perdiendo el esfuerzo realizado por la región.

La capacidad social de la región se refiere a todos los aspectos que se refieren a la capacidad de las personas de participar en la solución que se plantea en la zona.

Esta se relaciona con el grado de educación de los pobladores de la región y con la capacidad de adaptabilidad a los cambios propuestos y por lo tanto el conocer si se necesita expertos de afuera tanto para la instalación y posterior operación y mantenimiento.

De la parte socio económica se conoce el grado de educación que tiene la región a estudiar, esta se relacionará con la información de recursos energéticos la cual tendrá asociada una calificación de acuerdo a las necesidades de capacitación social que requiera tanto en instalación como en mantenimiento y operación.

Por lo tanto el paso a seguir es el de la infraestructura con la que cuenta la población, esta es importante debido a que el costo de la obra se podría elevar demasiado si la infraestructura de la región es muy baja. No es lo mismo que los materiales tengan que llegar por avión que si los materiales pueden llegar por barco, camión o avión.

Esta posibilidad permite que los tiempos de ejecución aumenten o disminuyan en alto grado, al igual también este costo de transporte de los materiales incrementa el costo de la instalación en la región.

Los anteriores son asociados al último evaluador de la disponibilidad de la oferta que son las condiciones de seguridad de la región, esta última afecta de manera positiva o negativa el proyecto, la seguridad no se refiere únicamente al grado de conflicto sino también a la institucionalidad de la región y a la organización de la comunidad.

4. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN Y CALCULO TARIFARIO

El modelo para la selección del proyecto se hará basado en diferentes capitales que se evaluarán con las alternativas energéticas escogidas. Este enfoque evalúa los proyectos energéticos de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y otros criterios que buscan maximizar el beneficio de la población. La mayor diferencia con los modelos de mínimo costo es que la metodología de los capitales busca que el mínimo costo sea parte de los capitales de evaluación sin llegar hacer el único criterio que evalué la solución.

Lo anterior esta encaminado a mostrar una metodología que maximice el bienestar de la región, buscando incentivar por medio del desarrollo energético una mejora en las cadenas productivas de la región, basado en una mejora en la prestación del servicio de energía, en el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles en la zona y en la confianza que se desarrollaría al involucrar a la población en el desarrollo energético de la zona.

Aunque el concepto de los capitales es un tema que lleva varios años madurando¹¹, este se encuentra en continuo desarrollo, debido a la dinámica de los diferentes aspectos que se evalúan; algunos de estos aspectos son los humanos, físicos ambientales y sociales.

Por lo tanto al evaluar separadamente cada capital se puede llegar a un valor limitado para cada proyecto. Esto debido a la exclusión de temas que pueden estar relacionados entre si y que son fundamentales para el desarrollo de encadenamientos productivos de una región. Lo anterior no quiere decir que al evaluar estos capitales todas las veces se vaya a conseguir un resultado que mejore la problemática sino al contrario puede llegar a determinar que la solución actual es la mejor para la región de estudio.

Los capitales son el último paso de la metodología y la forma de evaluar cada proyecto, donde los expertos con ayuda del programa han logrado dimensionar el problema y tener claro la oferta y la demanda esperada para los años de duración del proyecto. Estos capitales deben de tener en cuenta las prioridades que tiene la comunidad a nivel económico, social y natural; con la finalidad de que la solución se integral; lográndose esto a través de indicadores que se relacionen claramente con cada capita.

De esta manera se logra que exista una gran variedad de enfoques de acuerdo a los capitales y indicadores, dado a las diferentes mezclas que se puede presentar al evaluar los proyectos, donde algunas dan una

¹¹ Robert Putman

mayor importancia a la pertenencia de la obras, a la movilización de recursos, a las fuentes disponibles, y otros a las acciones de la comunidad.

Los capitales y los indicadores que sean escogidos para evaluar los proyectos seleccionados son:

Capital Económico: Este capital evalúa la capacidad que tienen las regiones para crear o mantener la asignación de los recursos disponibles, buscando satisfacer las necesidades personales. De igual manera busca conocer la distribución de los recursos financieros en la región.

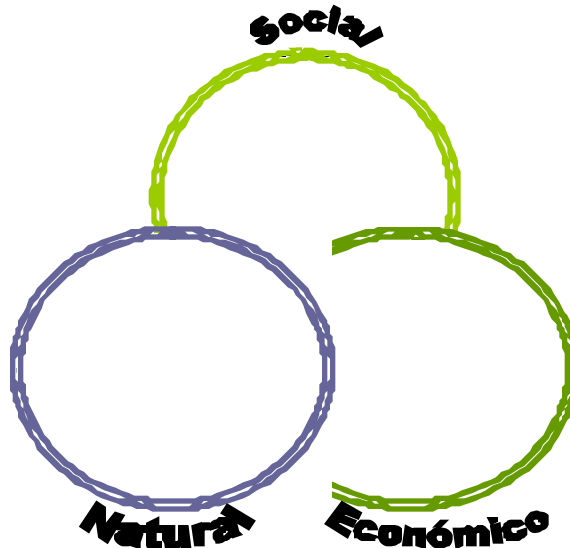
Capital Social: El capital busca medir la capacidad de movilizar recursos por parte de un grupo de personas y medir la disponibilidad de redes de relaciones sociales, siendo este último que puede facilitar la creación de oportunidades económicas de una región

Capital Natural: Este capital busca medir el grado de adaptabilidad que tiene la solución con el medio ambiente, con una mayor utilización de los recursos de la región y su grado de contaminación al medio ambiente.

Indicadores

- Mayor alcance en cubrimiento o usos de energía
- Complementariedad de servicios públicos
- Mayores ingresos
- Encadenamientos productivos
- Mínimo costo
- Posibilidad de captar recursos financieros
- Mayores usos de recursos renovables
- Mínimos impactos ambientales
- Mayor vinculación de la comunidad
- Mayor robustez en la selección

Gráfico 6 Tipo de capitales que se utilizarán



Cada indicador evalúa un impacto del proyecto en la región, además de estar relacionados entre sí, en búsqueda de que se encuentre una solución que de valor agregado a la región. Para esto se realiza una breve descripción de cada indicador.

Mayor alcance en cubrimiento o usos de energía: Busca evaluar que las soluciones propuestas obtengan sus recursos de la región, si la disponibilidad energética no es suficiente en la región se tomará el diesel como comodín y se evaluará como una solución conjunta.

Complementariedad de servicios públicos: Se busca evaluar si la solución de la región promueve la prestación de otros servicios públicos, lo que generaría que la región se beneficiara no solo a nivel energético sino en otros campos y se evitaría que fueran soluciones aisladas y tal vez más costosas.

Encadenamientos productivos: La solución busca que incentive una mejora en la prestación de los servicios por lo cual se piensa que cada una de las soluciones puede llegar a mejorar estos de manera directa o indirecta. La manera directa se relaciona a los procesos y a la mano de obra que son necesarios para la obtención de la energía los indirectos son aquellos que se crean por la mejora en el suministro de los servicios y que produce que se puedan generar productos con un mayor valor agregado.

Mayores ingresos: Es la valoración que se da a la mano de obra relacionada la solución instalada y a la que se genera en los otros procesos, lo que se espera mejore los ingresos de la población y que se traduciría en un mayor dinamismo en la economía de la zona.

Mínimo costo: Al contrario de las soluciones tradicionales el mínimo costo no es el único valor necesario para que se tome la decisión de invertir en un proyecto, sin embargo este es bastante importante al momento de tomar las decisiones.

Posibilidad de captar recursos financieros: La posibilidad de captar recursos es importante para saber si el municipio cuenta con la capacidad para montar cualquiera de las soluciones energéticas de la zona.

Mayor uso de recursos renovables: Se busca incentivar y premiar los proyectos que utilicen recursos renovables, miras a que se conserve el ambiente, se exploten los recursos de la zona y la explotación de las posibles cadenas productivas asociadas a cada tecnología.

Mínimos impactos ambientales: Con la finalidad de mantener el ambiente y disminuir la contaminación que podría generar con otro tipo de soluciones, se premia la utilización de tecnologías limpias. Entendiendo como contaminación no solo la atmosférica sino la visual y la audible.

Mayor vinculación de la comunidad: La vinculación de la comunidad es necesaria para una mejor prestación del servicio y en búsqueda de una mejor sostenimiento por medio de la apropiación de la solución en la región.

Mayor robustez en la selección: La mayor robustez de la solución se busca para que la prestación tenga unos estándares de calidad y una confiabilidad, que permite un desarrollo regional y el auto sostenimiento.

El modo de calificar los indicadores será de acuerdo a los resultados del programa y otros de acuerdo a criterios subjetivos que están de acuerdo a labor de investigación realizada y a la lectura de diferentes libros.

Cada indicador podrá recibir tres calificaciones que son:

- 5 Si cumple con la mayoría de los objetivos o si es la mejor opción después de realizar los cálculos.
- 3 Si presta en condiciones normales o si según los cálculos no es la peor pero tampoco es la mejor.
- 1 Si la solución es la que tiene un peor desempeño frente a las otras o si según el cálculo del programa es la que tiene un peor desempeño
- 0 Si la solución No se aplica a algún concepto.

Cada indicador se relaciona con el capital económico, social y natural como se muestra en la tabla 14, de donde se observa que para el capital social y económico hay cuatro (4) indicadores y para el capital natural dos (2).

Tabla 14 Relación indicador capital

Indicador	Capital
Mayor alcance en cubrimiento o usos de energía	Capital Social
Complementariedad de servicios públicos	Capital Social
Mayor vinculación de la comunidad	Capital Social
Mayor robustez en la selección	Capital Social
Encadenamientos productivos	Capital Económico
Mayores ingresos	Capital Económico
Mínimo costo	Capital Económico
Posibilidad de captar recursos financieros	Capital Económico
Mayor uso de recursos renovables	Capital Natural
Mínimos impactos ambientales	Capital Natural

La selección de la opción que se escoge se hace con la sumatoria de los indicadores que pertenecen a cada capital, luego se multiplica por el

porcentaje o valor dado a cada capital según el Plan de Ordenamiento Territorial de la región. El resultado más alto obtenido dará la mejor solución propuesta.

Los indicadores se pueden clasificar en dos grupos los subjetivos y los obtenidos del programa, los subjetivos son los que tienen una calificación del programador que tienen en cuenta si esta solución necesita diesel para alcanzar a satisfacer la demanda, los otros criterios fueron explicados con anterioridad, esos se muestran en la tabla 15, 16, 17 y 18.

En la tabla 15 se muestra el indicador posibilidad de captar recursos financieros que es propio de cada región pero indiferente de la solución planteada.

Los indicadores obtenidos por el programa se ordenarán en merito, donde la disponibilidad del recurso y el valor de la energía instalada determinará el costo en el que se debe incurrir para obtener una posible solución.

Tabla 15 Calificación indicador posibilidad de captar recursos financieros.

Indicador	Alta posibilidad de recursos	Media capacidad de recursos	Baja capacidad de obtener recursos
Posibilidad de captar recursos financieros	5	3	1

Tabla 16 Calificación indicadores sin diesel

Tecnologías	Complementariedad de servicios públicos	Encadenamientos productivos	Mayor uso de recursos renovables	Mínimos impactos ambientales	Mayor vinculación de la comunidad	Mayor robustez en la selección
Dendroenergía	5	5	5	3	5	5
Biodiesel	5	5	5	3	5	3
Energía Eólica	3	1	5	3	1	3
Energía Solar	1	1	5	5	1	3
Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	5	1	3	1	3	5
Interconexión a la Red	3	1	1	3	1	5

Tabla 17 Calificación indicadores con diesel

Tecnologías	Complementariedad de servicios públicos	Encadenamientos productivos	Mayor uso de recursos renovables	Mínimos impactos ambientales	Mayor vinculación de la comunidad	Mayor Robustez en la selección
Dendroenergía-diesel	5	3	3	3	3	3
Biodiesel-diesel	5	3	3	3	3	3
Energía Eólica-diesel	3	1	3	3	1	3
Energía Solar-diesel	1	1	3	5	1	3
Pequeñas Centrales Hidroeléctricas-diesel	5	1	1	1	1	3

Tabla 18 Calificación de las fuentes mixtas

Tecnologías	Complementariedad de servicios públicos	Encadenamientos productivos	Mayor uso de recursos renovables	Mínimos impactos ambientales	Mayor vinculación de la comunidad	Mayor robustez en la selección
Biomasa-E. Eólica-E. Solar-PCH	3	3	5	3	3	3
Biomasa-E. Eólica-E. Solar-	3	3	5	3	3	3
Biomasa-E. Eólica- PCH	3	3	5	1	3	3
Biomasa- E. Solar-PCH	3	1	5	3	1	3
E Eólica-E. Solar-PCH	3	1	5	1	1	3
Biomasa-E. Eólica	5	3	5	3	3	3
Biomasa- E. Solar	3	3	5	5	1	3
Biomasa- PCH	5	3	5	1	5	3
E Eólica-E. Solar-	1	1	5	5	1	3
E Eólica- PCH	5	1	5	1	1	3
E Solar-PCH	3	1	5	3	1	3

La selección de la opción se hace con base en los pesos otorgados a cada indicador y tipo de capital, de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial de la región, o con el criterio del grupo de agentes que participan en la decisión.

4.1. Calculo De La Tarifa, Alternativas De Financiación, y Organización De La ESP

Después de evaluar los indicadores se procede a calcular el Costo Incremental Promedio de Largo Plazo (CIPLP) y el Costo Anual Equivalente (CAE). Esto último por cuanto en las evaluaciones hay que tener en cuenta la vida útil de cada tecnología y hacerlas comparables.

El CIPLP se calcula como la multiplicación entre el valor presente de la inversión y los AOM, dividido el valor presente de la demanda para los 15 años. En el calculo de CAE se procede anualizar el valor presente de la inversión y los AOM y se divide entre la demanda proyectada para cada periodo.

Los dos anteriores procedimientos se harán para las tres alternativas posibles que posibilita el programa.

Es importante aclarar que el programa no contempla opciones de financiamiento o aspectos tributarios o regulatorios que pueden resultar en un orden de escogencia diferente, siendo estos incluidos en los beneficios.

A partir del cálculo de las inversiones requeridas y de los costos, se puede estimar el monto de la financiación requerida. La tarifa final al usuario deberá tener como techo el CIPLP y como piso el resultado de dividir el valor presente de los costos de operación y mantenimiento por el valor presente de la demanda. De esta manera se estará trasladando a la comunidad una señal que refleje el costo variable de la solución. El aporte para el financiamiento de la inversión puede provenir de transferencias del gobierno central, regalías, subsidios proyectados enviados al consumo de electrocombustible o de electricidad del SIN. En caso de requerirse algún endeudamiento, el servicio de la deuda debería incluirse en los costos variables y por ende en la tarifa.

Se propone una segunda tarifa donde el subsidio que daría el Estado sería igual al costo de inversión de una planta diesel de capacidad instalada igual a la potencia estimada. Con el fin de alinear los incentivos del Estado y la comunidad. Por lo tanto esta tarifa sería la división entre el valor presente de la inversión de la planta mas los AOM menos la inversión de la planta diesel, dividida entre el valor presente de la demanda.

Con relación a la organización de la empresa de servicios públicos (ESP), se propone la constitución de una empresa tipo PYME (pequeña y mediana empresa) manejada por la comunidad y con ayuda del gobierno.

Para formar la ESP se deberá elaborar un documento de trabajo de la empresa, en el que se plantee claramente el objetivo, datos básicos,

fuentes de financiación, organización institucional, entre otros; los conceptos anteriores son ampliados a continuación.

Objetivos

En estos se debe tener claridad de la mayoría de las variables que pueden afectar el correcto funcionamiento de la empresa, con la finalidad de evaluar el funcionamiento y las posibles desviaciones previstas. Además, el tener clara la idea servirá de presentación del proyecto ante otras entidades gubernamentales y no gubernamentales.

En estos objetivos se debe definir claramente los instrumentos para la búsqueda de financiación y el desarrollo de nuevas estrategias y actividades que permitan solucionar problemas.

Datos básicos

Se debe tener claridad de los datos básicos del proyecto.

- Nombre del proyecto
- Ubicación
- Fecha de inicio
- Tipo de sociedad
- Número de trabajadores
- Cuantificación de la inversión
- Inversión de la región
- Subsidio del gobierno

Análisis del mercado

Se debe analizar la cantidad y el tipo de usuarios que se va atender con la finalidad de conocer las características y las posibilidades de crecimiento del mercado.

En esta parte se debe tener clara las barreras a la entrada presentes y futuras en la región con la finalidad de diseñar estrategias que fortalezcan la empresa en la región.

Inversiones y plan financiero

Se debe tener claro los activos pertenecientes a la empresa con la finalidad de darles un correcto manejo. De igual manera, se debe tener en cuenta el capital circulante, debido a que determina el volumen de recurso financieros necesarios para hacer frente a las exigencias del proceso productivo.

El plan financiero busca evaluar el potencial económico de un proyecto y el presentar alternativas viables de financiación para el mismo. Este debe tener un balance contable y el estado de pérdidas y ganancias (PyG)

Organización del personal

La organización del personal incluirá una descripción detallada de las funciones de todos los puestos de trabajo de la empresa, directivos y de línea, también conviene describir las responsabilidades y tareas concretas que cada miembro de la organización ejercerá en el proyecto y finalmente la remuneración correspondiente a cada grupo de trabajadores.

Lo anterior debe ser complementado por el diseño de un organigrama que recoja las áreas y las actividades de las personas que están en cada puesto de trabajo

5. VALIDACIÓN CON EL CASO DE CALAMAR (GUAVIARE)

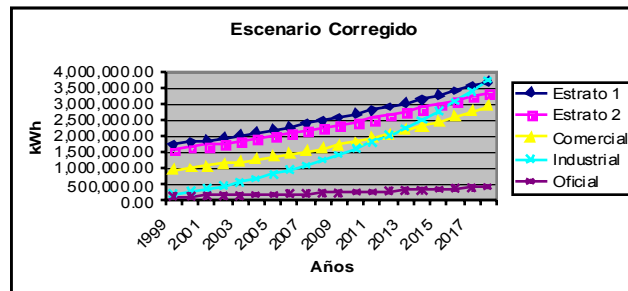
La región escogida para validar el modelo es Calamar – Guaviare, debido al trabajo de investigación realizado como preparación para la elaboración de este programa y que se presenta en los anexos.

El consumo mas significativo en el municipio de Calamar es el oficial, seguido por el consumo residencial y comercial; contrarrestando con el consumo del sector industrial que es el mas bajo (ver tabla 23).

Es de tener en cuenta que en el trabajo realizado por la UPME en las proyecciones efectuadas se consideró un mayor crecimiento en los consumos residenciales por mayor número de usuarios y mayores horas de servicio.

Una selección de alternativas de suministro que busque maximizar el beneficio mediante un incremento de los encadenamientos productivos, debería arrojar una proyección como la que muestra el gráfico 7.

Gráfico 7 Escenario modelo



Se puede observar una mayor tasa de crecimiento en el sector agro-industrial, seguido del comercial y un crecimiento moderado del sector oficial.

A continuación se muestra los resultados obtenidos de correr el modelo en el municipio de Calamar, teniendo en cuenta lo descrito en los municipios anteriores.

En la primera parte del modelo se elabora una descripción socio económica de Calmar la cual tuvo en cuenta los estudios previos y la información obtenida en los portales del DANE, siendo así que Calamar es un municipio con 19868 habitantes para el año 1999 y tienen una tasa de crecimiento esperada del 4%, su economía es de agricultura de subsistencia y ganadería extensiva. A nivel eléctrico tiene una planta de 540 Kw y se presta el servicio durante 8 horas.

En Calmar la estimación de la demanda obtenida de la aplicación del modelo de benchmarking, se baso en el consumo inicial anual por usuario para el año

1999 que es de 1210 kWh, obtenido de la división entre la demanda de electricidad en el año 1999¹² y los 654 usuario atendidos, la tabla 19 muestra las demandas esperadas obtenidas del programa.

De los estudios revisados de la UPME se escogieron dos proyectos posibles a realizar en la zona, que son la biomasa y la interconexión a la red, las cuales se evaluaron con el modelo desarrollado. Como se mencionó la opción diesel siempre esta disponible y se evaluará independiente siempre y cuando ya exista una capacidad instalada. Los resultados para el CIPLP se ven en la tabla 20.

Tabla 19 Consumos total por usuario obtenido de ejecutar el programa

	Consumo por usuario en kWh	Consumo total kWh	Consumo total MWh
Año 0	1,210	5,955,015	5,955
Año 3	1,361	5,955,035	5,955
Año 6	2,229	8,668,369	8,668
Año 9	3,096	10,705,946	10,706
Año 12	3,727	11,455,583	11,456
Año 15	4,297	11,741,466	11,741

Tabla 20 CIPLP

NOMBRE	CIPLP (\$/kWh)	Tarifa 2 (\$/kWh)
BIOMASA	249	189
I.RED	198	137
DIESEL	310	250

Para la evaluación de los indicadores se tomó un porcentaje de los capitales de 50% para el capital económico, 30% para el capital social y un 20% para el capital natural. Obteniendo un resultado para cada solución como se muestra en la tabla 21.

Aunque la escogencia del porcentaje para cada capital correspondió a un criterio del programador, es necesario en el momento de ejecutar este programa para una población tener en cuenta el plan de ordenamiento territorial.

Tabla 21 Evaluación de capitales

NOMBRE	C. Económico	C. Social	C. Natural	Total
BIOMASA	7	5	2	14
I.RED	6	4	1	11

¹² 791.933 kWh, dato obtenido del libro Diseño de un proyecto piloto de energía. UPME. 1999

Tabla 22 Valor de la inversión y de los AOM obtenidos en el programa

	Vp inversión (M\$)	Vp AOM (M\$)	Vp combustible (M\$)	Vp total (M\$)	Vp demanda (MWh)
Biomasa	7.630	3.662	2.288	5.950	54
L.red	5.998	900		900	54
Diesel	5.081	3.662	8.172	11.834	54

De las tablas 21 y 22 se desprende el análisis de máximo beneficio y se evidencia las diferencias con los análisis tradicionales.

El programa califica mejor en todos los indicadores a la alternativa de biomasa, a pesar de que la línea de interconexión es menos costosa que la planta. Lo anterior se debe a la calificación que obtuvieron en los indicadores de cada capital.

A nivel de capital económico la línea obtuvo el máximo puntaje que da el programa en el mínimo costo, sin embargo al revisar los encadenamientos producidos la línea es de las soluciones que menos genera encadenamientos en la región. Por esto último la solución de la línea obtiene un porcentaje menor.

Al evaluar el capital social se obtiene una diferencia debido a la complementariedad de servicios y la vinculación de la comunidad que en el caso de la biomasa es mayor a la interconexión a la red.

Para finalizar, la diferencia en el capital natural se produce por el uso de recursos renovables.

6. CONCLUSIONES

1. El criterio de máximo beneficio permite evaluar no solamente la parte económica de la población, sino también otras características de las zonas, Provocando que la solución que se trabaje incluya mas características de la población lo que genera que la solución se pueda volver sostenible en el tiempo.
2. Al comparar las dos tarifas se evidencia que la tarifa en la interconexión a la red es menor sin embargo al comparar el CIPLP de la interconexión y la tarifa 2 de la Biomasa se ve que la diferencia nos es muy grande y como lo mostró el análisis anterior las otras externalidades que produce la instalación de la biomasa provoca una mejor sostenibilidad en el tiempo del proyecto.
3. La metodología para estimar la demanda es una buena referencia, sin embargo se debe desagregar en los subsectores para una mejor estimación. De igual manera se debe revisar la tipificación utilizada y que fue obtenida de las existentes actualmente.
4. La obtención de información en estas regiones se ha enfocado únicamente al problema de energía eléctrica; por lo tanto la información sobre otros energéticos (leña, diesel) es difícil de conocer, lo que ha generado que la construcción del balance energético no sea obvia.
5. El programa utiliza un criterio de datos medios para cada tecnología, haciendo que la selección de las tecnobgías no respondan a todos los criterios amplios que tienen las personas expertas en este tipo de tecnologías, sin embargo es un buen estimativo para dar una primera evaluación de los proyectos.
6. El programa es un primer paso para evaluar soluciones energéticas y busca ampliar la implementación de las cadenas productivas. Lo que se logra al incluir entre los criterios el concepto de prestación conjunta de servicios o de actividades.
7. La forma para evaluar los indicadores cualitativos de cada capital, se tomo de la información disponible en los libros consultados, de esta manera se intento disminuir asimetrías de la información; lo que puede generar en algunos casos críticas al modelo considerando.
8. Del trabajo se identifica la importancia de los planes de desarrollo regionales, al igual de los planes de ordenamiento territorial (POT), siendo estos la base para la organización de las regiones e impulsores de este tipo proyectos a nivel nacional.

7. RECOMENDACIONES

La principal recomendación es para una tesis futura lograr hacer el programa extensivo a diferentes energéticos de la zona buscando que las soluciones sean robustas y utilicen al máximo los recursos disponibles en las regiones.

De igual manera se recomienda hacer extensivo la estimación de la demanda a otros subsectores y otros energéticos, fortaleciendo la solución. También revisando los casos donde la metodología no aplica debido a la estimación de algunos de sus datos, lo que provocaría que la curva no fuera creciente sino decreciente.

De igual se propone revisar los costos de las tecnologías con el fin de que estos se ajusten de una mejor manera a la realidad de las poblaciones.

8. BIBLIOGRAFÍA

- La Costa Atlántica algunos aspectos socio económicos de su desarrollo. Cecilia López de Rodríguez. 1970
- Situación energética de la Costa Atlántica. Jorge Forero González – Proyecto Pesenca. 1987
- Diseño de un proyecto piloto dendroenergético. UPME. 1999
- Enfoque de sistemas y la reestructuración del sector colombiano. Fernando Navas.
- Aplicación de un enfoque sistemático al diseño total de la regulación y el control del sector eléctrico público y privado de un país. Fernando Navas.
- Estudio AN. UPME. 2000
- Energy and environment policies for a sustainable future. P.R. Shukla. 1997
- Manual de aplicación de la energía eólica. Álvaro Pinilla. 1997
- Guía de Diseño para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. INEA. 1997
- Energía sus perspectivas, su conversión y utilizaciones en Colombia. EEB-Universidad Nacional de Colombia.
- Modelo de toma de decisiones multiobjetivo en energización de Zonas No Interconectadas como herramienta para el alcance de medios de vida sostenibles. Juan Felipe Henao Piza. 2004
- Estudio de caso de la planta dendroenergética de Calmar. A. Cadena, M. González, A. Ospina, julio, 2004, Universidad de Los Andes
- Posibilidades de participación de la biomasa como combustible en Colombia utilizando como herramienta de modelaje Long-Range Energy Alternative Planning System. E. Saravia A. Cadena, Agosto de 2004, Universidad de los Andes
- Estrategia para la producción de biodiesel en las Zonas No Interconectadas (ZNI). J. Orozco, A. Cadena, 2003, Universidad de los Andes

Paginas de internet

- <http://www.appa.es/dch/fotov.htm> 01/08/2004 2:00 pm
- <http://www.windpower.org/es/tour/ec on/index.htm> 18/08/2004 3:15 pm
- <http://www.noticiasdot.com/publicaciones/2002/0902/2609/noticias2609/noticias2609-4.htm>. 29/03/2005 . 9:05 pm
- <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Departamentos/DFyQ/energia/e-3/energias.htm> 20:08/2004 4:00pm
- <http://www.cps.unizar.es/~isf/html/biggen01.html> 20:08/2004 4:10pm

9. ANEXOS

9.1. Trabajo Calamar

El departamento del Guaviare tiene una extensión de 5.484.700 ha (3.6% del territorio nacional), de las cuales 93% pertenecen a la Reserva Forestal de la Amazonía. Existe un número apreciable de núcleos poblados dispersos, desarticulados o precariamente integrados entre sí, donde se desarrollan actividades agrícolas de subsistencia, combinadas con las plantaciones de coca y ganadería extensiva.

Calamar cuenta con 21.879 habitantes, de los cuales el 85% era rural (en el 2003). Su actividad productiva estaba dominada por la ganadería extensiva y agricultura itinerante, lo que no genera ingresos suficientes a los habitantes (colonos e indígenas) para mantener un nivel de vida satisfactorio. La infraestructura de transporte es incipiente, combina modos de transporte terrestre, fluvial y aéreo. La principal vía de acceso a San de José del Guaviare, es la carretera Bogotá-Villavicencio–Pto Lleras– Concordia–San José, con 414 Km. de longitud. La oferta de servicios públicos es insuficiente. El servicio de electricidad en el departamento se realiza mediante el sistema interconectado (la línea San José) y plantas diesel en las poblaciones apartadas.

ENERCALAMAR presta el servicio a 654 usuarios, existiendo un registro de 150 solicitudes de conexión y un número indeterminado de usuarios informales. El servicio se presta entre las 11a.m. a las 11 p.m. La planta diesel presentó costos en el año de 1999 cercanos a los 40 M\$ mensuales (33 M\$ en ACPM, 3 M\$ para otros insumos y 4 M\$ de nómina). Los ingresos por servicio estuvieron entre 17 y 18 millones de pesos mensuales.

En 1998, a instancias de la UPME y del Programa Plante, se inició un proyecto para la identificación de alternativas para la prestación del servicio de energía en dicho municipio. Se busca encontrar una alternativa que consultará las potencialidades de la región y que estuviese integrada o hiciese parte de los planes de desarrollo de la región y considerase la organización comunitaria como garantía de la sostenibilidad de las soluciones encontradas para la prestación de estos servicios 13.

La demanda de energía estimada por la UPME para ese proyecto se presenta en la tabla 1.

Tabla 23 Demanda promedio mensual por usuario Calamar - Guaviare

¹³ Nota Sobre el Estudio Calamar

Tabla No 5. Demanda promedio mensual y anual, Municipio de Calamar

TIPO DE USUARIO	CONSUMO (KWh-mes)	CONSUMO EN KWh-año
Estrato 1	59.82	717.84
Estrato 2	119.66	1,435.92
Industrial	132.54	1,590.48
Comercial	187.03	2,244.36
Oficial	233.23	2,798.76
Total	732.28	8,787.36

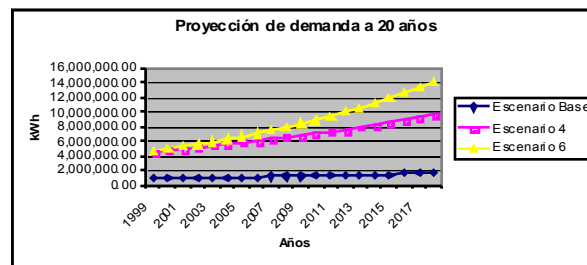
FUENTE: Diseño de un proyecto piloto dendroenergético. 1999

Como resultado de los estudios de oferta energética se encontró que una planta dendroenergética de 3 MW podría ser mejor alternativa para la zona por la alta disponibilidad de recurso biomásico y la orientación de la comunidad a la actividad maderera. A pesar de la evidencia, el gobierno nacional propuso posteriormente la construcción de la línea de interconexión San José – El Retorno – La libertad, que aún no se ha llevado a cabo.

Con el fin de ilustrar las diferencias entre un enfoque de mínimo costo y uno de máximo beneficio y de estimar el mayor esfuerzo en la inversión inicial, se adelantó una evaluación de tres alternativas de suministro para los mismos escenarios de demanda calculado por el consultor del proyecto y que se presentan en el gráfico 8.

Es importante anotar que esa estimación tiene un error al cambiar los consumos específicos para el año base, como resultado de los supuestos de mayores usuarios y mayores horas de prestación del servicio, en forma abrupta y no progresiva. Este error no altera las conclusiones del estudio y es corregido en el estudio de caso.

Gráfico 8 Proyecciones de la demanda Calamar



Las alternativas estudiadas son las siguientes:

- Planta dendroenergética: 1500 kW en el año 0 y 1500 kW en el año 10 + línea Calamar – La Libertad
- Planta diesel: 1000 kW en el año 0, overhaul en los años 5 y 15 y 3000 kW en el año 10 + línea Calamar – La Libertad
- Línea de transmisión: San José- El Retorno – (La Libertad) – Calamar, dos escenarios de compra de energía del MEM (alto y bajo) y pago de peaje de transmisión a San José

Los datos para el cálculo del Costo Incremental Promedio de Largo Plazo (CILP) son los siguientes:

Costos de inversión

- Dendroenergía: 2000 US\$ / kW instalado
- Diesel: 500 US\$ / kW instalado
- Línea: estudio IPSE

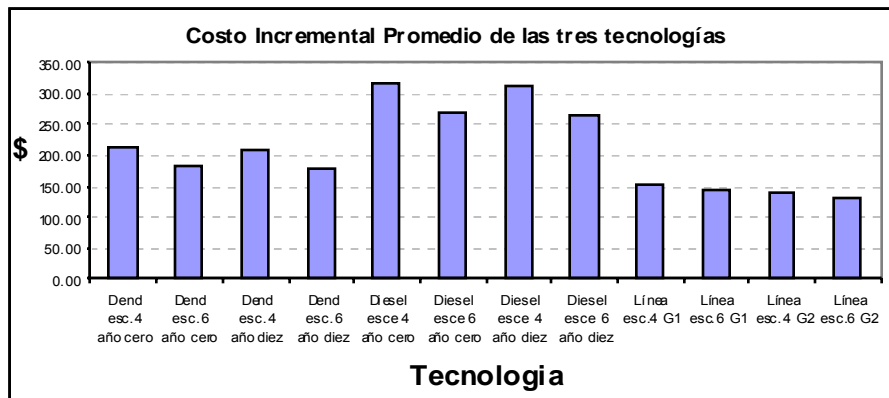
Costos de AOMs

- Dendroenergía y Diesel: 10% de la inversión
- Línea: 2.5% de la inversión
- Costos de combustible
- Leña: solo transporte hasta el año 2007 y leña y transporte en adelante
- Diesel \$3000/galón (es el costo subsidiado del electrocombustible)
- Línea: costos de generación y transmisión mas las pérdidas de energía aprobadas por la CREG

Tasa de cambio 1700 \$/US\$

El resultado de la evaluación se muestra en la grafico 9.

Gráfico 9 Resultados estudio Calamar



Como puede observarse, aún sin tomar el costo de oportunidad del diesel, esta alternativa es a largo plazo la más costosa. La línea de transmisión arroja una menor tarifa al requerir una menor inversión. Sin embargo la sostenibilidad de la solución no estaría garantizada (en el caso de la planta diesel tampoco) por cuanto no hay ningún fomento o incentivo al desarrollo de cadenas productivas en la región. La solución dendroenergética demandaría un esfuerzo significativo de parte del gobierno en la inversión inicial, el cual se vería largamente compensado por el beneficio generado en esta zona.

9.2 Energías Alternativas

La utilización de las energías renovables se ha incrementado notablemente en los últimos años en el mundo. Presentando un mayor desarrollo la tecnología eólica (granjas eólicas) y la fotovoltaica.

El incremento de la generación eólica en Argentina por ejemplo se vio impulsado por las cooperativas eléctricas que se encuentran conectadas al mercado eléctrico mayorista (MEM), por la toma de decisión de generar la energía con el recurso eólico y no comprarla en el mercado.

En el caso de la generación fotovoltaica, su incremento ha estado asociado a la búsqueda de los gobiernos de satisfacer las necesidades de generación remota en zonas rurales y que se encuentran apartadas de la red eléctrica principal; utilizándose principalmente para electrificar escuelas rurales, centros de salud entre otros.

La generación a partir de la biomasa presenta novedades interesantes por el mayor aprovechamiento de los recursos de la población, lo que se puede evidenciar en el mayor uso de tecnologías como la biodiesel y el biogas, las cuales son consideradas en el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica de pequeña escala.

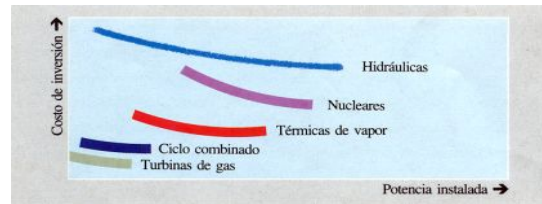
En el campo de la generación eléctrica hidráulica para sistemas no conectados a la red, no se han observado progresos significativos en la última década. Lo que ha producido que el costo de equipos de estas tecnologías haya disminuido significativamente en los últimos años, factor importante en el desarrollo de la utilización de estas tecnologías.

A nivel de costos de instalación de las tecnologías renovables, se tienen que en Argentina el costo de kW instalado en la última central eólica de la que se tiene información fue del orden de U\$S 800 y el costo de los módulos fotovoltaicos comprados en cantidades es del orden de 6\$/Wp sin IVA en el mercado local, que significa una disminución del costo de instalación superior al 30% en los últimos dos años¹⁴. En esta última tecnología se ha detectado un incremento notable en la competencia debido a la aparición de nuevos proveedores y marcas.

La nueva organización del sector eléctrico permitió que las energías renovables tomarán de nuevo fuerza para zonas con difícil acceso a la red, debido a la forma de evaluación de costos, donde no se consideraba únicamente la inversión inicial sino la forma de establecer estructuras técnicas y económicamente sostenibles que permitan el desarrollo regional y la buena difusión de estas a nivel regional fomentando su uso, viéndose favorecido por una de las cualidades de estas regiones de dispersión de la población.

A continuación se mostrará una de las características de la generación que muestra la relación entre los costos y su potencia, conociendo que los costos deben reflejar sus costos fijos (inversión) y variables (combustible)

¹⁴ <http://www.oni.esuelas.edu.ar/olimpi98/Energia-Vs-Ambiente/arlafire.htm>

Gráfico 10 Costo de inversión de las tecnologías¹⁵

9.2.1. Energía Eólica

La energía eólica es la energía cinética de las masas de aire; es considerada una de las fuentes de energía renovable por su forma de obtención que poco contamina el medio ambiente, sin embargo cuenta con problemas en su implementación debido a que es dependiente de la abundancia de vientos en la zona (Lo que no pueda controlar el hombre) y a sus costos elevados.

La energía eólica se puede describir matemáticamente a través de ecuaciones que permiten calcular la potencia eléctrica que se puede obtener teniendo en cuenta la energía cinética. A continuación se mostrará alguno de los conceptos que se deben tener en cuenta.

Las variables que se deben tener en cuenta para obtener la potencia esperada de la energía eólica son:

A: Área Atravesada verticalmente por el viento.

V: velocidad con la que es atravesada el área.

m: Masa de aire que atraviesa la superficie.

ρ : Densidad del aire.

Obteniendo la siguiente relación:

$$(1) m = \rho VA$$

La cual nos sirve para obtener la potencia eólica o potencia cinética del aire:

$$(2) P = \frac{1}{2} mV^2$$

Reemplazando (1) en (2) obtenemos la siguiente relación

$$P = \frac{1}{2} \rho AV^3$$

Ahora, según estudios previos se desprecia el área para obtener la última relación, la cual nos muestra una dependencia entre la velocidad y la densidad de energía:

$$p = \frac{1}{2} \rho V^3 \left(\frac{W}{m^2} \right)$$

Continuando tomaremos cada uno de estos elementos y veremos como estos se relacionan con el entorno.

¹⁵ Ibid7

La densidad del aire esta relacionada por diferentes factores entre los que se encuentra la altura, la tabla 24 muestra la relación con un factor de corrección y que supone una densidad constante de 1.2 Kg/m³.

Tabla 24 Relación de altura y densidad del aire

ALTURA (m)	ρ Kg/m ³	$r=\rho/1.2$
0	1.2257	1.0214
50	1.2198	1.0165
100	1.2139	1.0116
150	1.2081	1.0068
200	1.2023	1.0019
650	1.1510	0.9592
2200	0.9869	0.8224

Estudio PESENCA1986

El estudio de la velocidad tomará una altura de referencia de 10 m la cual es un estándar de la WMO (World Meteorological Organization) para medir velocidad de viento. Esta velocidad se calcula con la ecuación que se muestra a continuación y que depende de la altura:

$$V = V_0 \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^a$$

V_0 =Velocidad conocida a una Z_0 que es diferente de 10 m

a: Factor de dependencia de la rugosidad del terreno.

La tabla 25 muestra los diferentes coeficientes que se deben tener en cuenta según el terreno.

Tabla 25 Características de los terrenos

Tipo de Superficie		Exponente
	Hielo	0,09
Lisa (Suave)	Fango	0,1
	Nieve	0,1
	Mar	0,11
Ligeramente Accidentada	Prado	0,1
Accidentada rugosa	Cultivo	0,14 a 0,18
Accidentada rugosa	Bosque	0,24
	Suburbios	0,26
Muy Accidentada	Ciudad	0,24 a 0,30

Costos de operación y mantenimiento

El rango de precios de los aerogeneradores daneses modernos conectados a red, en febrero de 1998, al igual que en las otras tecnologías, varía a medida que cambia el tamaño del aerogenerador. Esto se debe a las características nombradas anteriormente como las diferentes alturas de las torres (aunque en nuestro estudio se utilizará la altura estándar de 10 metros) y los diferentes diámetros de rotor.

Un cálculo hecho en Dinamarca dice que un metro extra de torre costaría aproximadamente 1.500 dólares de Estados Unidos

La experiencia en diferentes países donde se han instalado plantas de generación eólica muestra que los costos de mantenimiento son generalmente muy bajos cuando las turbinas son completamente nuevas, pero van aumentando a medida que va pasando el tiempo.

De nuevo en Dinamarca los costos de mantenimiento de los aerogeneradores antiguos, con potencia instalada de 25 a 150 kW), tienen costos promedio aproximados del 3 por ciento de inversión inicial de la turbina¹⁶. Por el contrario las turbinas más nuevas que son más grandes, tienen costos aproximados al 1,5 al 2 por ciento al año de la inversión inicial de la turbina.

El precio medio para los grandes parques eólicos modernos está alrededor de 1.000 dólares americanos por kilovatio de potencia eléctrica instalada.¹⁷

9.2.2. Biomasa

La biomasa es formada por materia orgánica creada por la fotosíntesis y sus derivados, y esta contenida en un conjunto de organismos y residuos de una comunidad o ecosistema.

En muchas ocasiones, la biomasa es despreciada por los agricultores por desconocimiento de la misma y porque creen que puede llegar a entorpecer las labores que ellos realizan. Lo anterior es importante, si se tiene en cuenta que se está desperdiciando una fuente de energía importante, razonando que de un kilogramo de biomasa se puede obtener 3.500 kcal aproximadamente y que un litro de gasolina tiene aproximadamente 10.000 kcal, lo que significaría que por 3 kilogramos de biomasa desechados se desperdicia un litro de gasolina¹⁸.

Esta energía se puede agrupar en dos grandes grupos que son la biomasa forestal (fitomasa) y la biomasa animal o (zoomasa), esta última comprende los residuos orgánicos de ecosistemas naturales o de materia orgánica contenida en residuos industriales, domésticos entre otros.

Categorías de la Biomasa

Para dar categorías a la biomasa se tendrá en cuenta los grupos nombrados con anterioridad, por lo tanto al primer grupo se puede dividir en tres categorías principales que son:

- Biomasa forestal
- Biomasa agrícola
- Biomasa de las algas.

¹⁶ <http://www.windpower.org/es/tour/econ/index.htm>

¹⁷ Ibid 9

¹⁸ <http://www.cps.unizar.es/~isf/html/bigen01.html>

Las cuales se pueden generar de dos formas, un proceso es el generado por el propio ecosistema sin intervención del hombre y el otro es el cultivo por medio del hombre.

El segundo gran grupo se reduce a la categoría de desechos urbanos y de animales.

Otra forma como se clasifica la biomasa es la llamada de biocombustibles y se hace de la siguiente manera:

- Dentroenergía que se obtiene de la madera.
- Agrocombustibles plantaciones agrícolas no forestales
- Residuos urbanos

A continuación se hará un breve resume de estas categorías:

Biomasa Forestal: Está representa la más importante del mundo debido a que la constituyen tanto bosques naturales como bosques plantados por el hombre (dentroenergía). La madera obtenida de los bosques es utilizada como materia prima en la industria, construcción, alimentación y en la generación de calor. En algunos países es utilizada también como fuente secundaria para la generación de energía eléctrica. Una situación importante de resaltar es como la madera ocupa un lugar importante en la matriz energética de diferentes países en vía de desarrollo¹⁹.

Biomasa Agrícola: Está biomasa es utilizada para la obtención de alimentos y de productos industriales, por lo tanto se dirige a la oferta de productos. De estos procesos queda una importante cantidad de residuos o desechos que pueden ser utilizados o vinculados a otros procesos. Estos procesos de biomasa representan el 30% de la producción terrestre²⁰.

Biomasa Acuática: Las plantas acuáticas y algas son importantes fuentes de biomasa sin embargo los adelantos para una adecuado explotación esta en estudio todavía.

Biomasa de residuos urbanos: Es la que se obtiene de todos los materiales de tipo orgánico generados en la actividad industrial comercial o residencial. Buena parte de la basura y de las aguas está representada por biomasa que puede ser utilizada con fines energéticos.

Otros Tipos de biomasa:²¹

¹⁹ Lo más importante de resaltar es que esta madera es obtenida de las plantaciones naturales, lo que ha dañado ecosistemas, y regiones.

²⁰ Reporte del IPCC.

²¹ Ibid 11

Biomasa natural: es la que se produce la naturaleza sin que intervenga alguna acción del hombre. Es muy utilizada en países en vía de desarrollo porque se obtiene fácilmente de bosques y selvas y se piensa que su costo es nulo.

Biomasa residual seca: Son los subproductos sólidos no utilizados en actividades agrícolas, en las forestales y de transformación de la madera y que después son desechados porque se consideran residuos.

Biomasa residual húmeda: Son las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (principalmente purines), que son biodegradables.

Cultivos energéticos: Son cultivos realizados por el hombre y cuya finalidad es transformarla después en cualquier fuente de energía.

Biocarburantes: Esta es una mezcla de dos de las anteriores Biomasa y se utiliza más que todo para obtener aceites.

Rendimiento energético

El rendimiento energético de la biomasa está asociado a su poder calorífico. El rendimiento calorífico de un cuerpo es la cantidad de calor generada por una combustión de una unidad de peso de este cuerpo. Este es expresado en calorías por gramo o en kilocalorías por kilogramo²².

El poder calorífico de la biomasa se determina en función del producto energético obtenido en su tratamiento. A continuación se muestra una tabla con el contenido calorífico de algunas fuentes de Biomasa a diferente humedad.

Tabla 26 Contenido energético de algunos recursos englobados bajo el término biomasa residual seca

PRODUCTO	P.C.I. a humedad x (KJ/Kg)					
	x	P.C.I.	x	P.C.I.	x	P.C.I.
Leñas y ramas	0	19.353	20	15.006	40	10.659
Serrines y virutas	0	19.069	15	15.842	35	11.537
Orujillo de oliva	0	18.839	15	15.800	35	11.746
Cáscara de almendra	0	18.559	10	16.469	15	15.424
Cortezas (Coníferas)	0	19.437	20	15.257	40	11.077
Cortezas (Frondosas)	0	18.225	20	14.087	40	9.948
Poda de frutales	0	17.890	20	13.836	40	9.781
Paja de cereales	0	17.138	10	15.173	20	13.209
Vid (Sarmientos)	0	17.765	20	13.710	40	9.656
Vid (Ramilla de uva)	0	17.263	25	12.331	50	7.399
Vid (Orujo de uva)	0	18.894	25	13.543	50	8.193

Biomasa y los cultivos energéticos

²² La biomasa vegetal en un estado perfectamente seco representa un poder calorífico medio de 4.000 kcal/kg de materia seca, lo cual representa el 40% del poder calorífico de un kilo de gas-oil.

Para poder lograr una mejor explotación de la biomasa y obtener unos mejores rendimientos energéticos sin llegar a dañar los ecosistemas nativos, se utiliza los cultivos energéticos. Algunas de las categorías son:

Cultivos de planta de petróleo: Son plantas capaces de sintetizar hidrocarburos similares al petróleo o sus derivados. Sin embargo presentan una gran dificultad para su transformación a la gasolina.

Bosques bajos de corta duración: Son bosques de ciclos cortos de crecimiento de cuatro a siete años, Lo que implica una rotación se hace cuando los árboles aun no han alcanzado el máximo de crecimiento, lo que se busca compensar con una mayor densidad de siembra.

Cultivos industriales en medio acuáticos: Representa una gran oportunidad para obtener biomasa sin embargo presenta problema por la falta de desarrollo.

9.2.3. Energía Solar

Es la obtenida de las radiaciones solares que llegan y atraviesan la capa superior externa de la atmósfera, lo que la convierte en la energía más utilizada por todos los seres vivos del planeta. Mediante el aprovechamiento de esta fuente se puede obtener calor y electricidad.

El calor se obtiene mediante colectores térmicos que se puede destinar a satisfacer algunas necesidades; por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo industrial y por lo tanto agua potable para consumo domestico, también se puede utilizar en calefacción para la industria o hogares, otra aplicación es la refrigeración de productos no perecederos o durables al clima (utilizado en países árabes), a nivel agrícola se dan otras de las mas comunes aplicaciones, donde se pueden ver aplicaciones como invernaderos solares que pueden obtener mayores y más tempranas cosechas; secaderos agrícolas y plantas de purificación o desalinización de aguas.

La electricidad se obtiene a través de módulos fotovoltaicos; los cuales en utilizan procesos diferentes a los colectores por lo cual no tienen sino una relación en la fuente de energía.

Los paneles solares hacen parte de la solución al problema de la electrificación rural, con ventaja sobre otras alternativas, debido a que resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y necesitan mantenimiento preventivo; además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes.

La electricidad que así se obtiene puede usarse de manera directa (por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio.

La electricidad que así se obtiene puede usarse de manera directa (por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien

ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio.

Si se consigue que el precio de las células solares siga disminuyendo, iniciándose su fabricación a gran escala, es muy probable que, para primeros de siglo, una buena parte de la electricidad consumida en los países ricos en sol tenga su origen en la conversión fotovoltaica.

La energía solar puede ser perfectamente complementada con otras energías convencionales, para evitar la necesidad de grandes y costosos sistemas de acumulación. Así, una casa bien aislada puede disponer de agua caliente y calefacción solares, con el apoyo de un sistema convencional a gas o eléctrico que únicamente funcionaría en los periodos sin sol.

Los costos de la energía solar y en general de las energías alternativas resultan elevados en comparación con los de energía convencional debido a sus costos de inversión y generación. Los costos para sistemas fotovoltaicos se encuentran en un orden de 3,5000 a 7,000 dólares por KW instalado y de 25 a 1560 centavos de dólar por KWh generado, Para los sistemas fototérmicos los costos se estiman en un rango de 2,000 a 4,000 dólares por KW y de 10 a 25 centavos de dólar por KWh²³.

A continuación se mostrarán algunas de las posibles ventajas de la energía fotovoltaica

- Evita un la construcción y el costo de líneas eléctricas en zonas de difícil acceso
- Baja la contaminación por emisión de gases y contaminación visual por redes.
- Puede llegar a evitar el desplazamiento de lugares que no cuentan con servicios.
- Puede ser atrapada en cualquier parte sin embargo en algunas partes será menos eficiente dependiendo de la radiación solar.
- No tiene costo de combustible porque su fuente es el sol y sus costos de mantenimiento son bajos si se tratan con cuidado.
- La instalación es fácil y modulable lo que permite aumentar o reducir potencia más fácilmente.

²³ <http://www.appa.es/dch/fotov.htm>