

**Metodologías
para la planificación
energética**

CESEN

METODOLOGIAS PARA LA PLANIFICACION ENERGETICA

CESEN

La energía no es un fin sino un medio para alcanzar otros objetivos. La planeación energética no puede, por lo tanto, tenerse en cuenta por sí misma; debe ser parte de una planeación del territorio donde la energía es una de las componentes del territorio mismo. La planificación energética y el estudio de la repartición más oportuna de los recursos, se vuelven siempre más importantes a medida que es más escasa la energía disponible para el desarrollo socio-económico de una región. La planeación energética de un área comprende, por lo tanto, las siguientes fases:

- Características físico-geográficas
- Poblados y establecimientos económicos.
- Dinámica de la población y sus motivos.
- Necesidades actuales de energía.
- Proyecciones de demanda de energía.
- Análisis de las capacidades en potencia de la oferta de energía.
- Repartición más oportuna de los recursos.

Consideramos, en este ejemplo, el caso de los Territorios Nacionales de Colombia.

ANALISIS SOCIO—ECONOMICO

Las características físicas y su particular conformación ecológica, constituyen la base de este conjunto de sociedades. El clima, las cualidades de los suelos y el paisaje, integrantes del medio geográfico, definen una serie de regiones naturales y tienen cada una cierta potencialidad intrínseca. Tales unidades con sus recursos, son el punto de partida para el asentamiento humano y fijan los límites mínimos y máximos para el desarrollo económico.

Como contraparte lógica del estudio geográfico natural, hay que incluir la parte relacionada con la demografía en dos aspectos: Un curso histórico y el análisis de la ubicación territorial de los frentes de colonización más representativos.

En la medida en que la forma de asentamiento y los particulares frentes demográficos definan una dinámica regional, se llegará a una regionalización que tiene como principal componente lo poblacional, hasta aislar cinco conjuntos diferentes de la realidad del desarrollo socio-económico:

1. Sociedad ganadera tradicional.
2. Sociedad indígena.
3. Sociedad de colonización.
4. Sistema agropecuario capitalista.
5. Centros urbanos de frontera y colonización aislada.

En un nivel mayor de generalidad, se puede aislar:

- La calidad de los suelos (su aptitud agrícola).
- Cercanía a mercados y presencia de vías de comunicación.
- Apoyo gubernamental.

Ahora bien, este patrón de diferenciación, que en términos generales se puede llamar social, se manifiesta principalmente en tres grandes dimensiones:

- La estructura de tenencia de la tierra, y, desde luego, la productividad (de pequeña a mediana);
- Uso de la tierra (agricultura, artesanal, doble propósito ganadería mediana y agricultura comercial);
- Densidad de población.

Los Flujos Migratorios

Con el fin de individualizar los motivos que determinan los flujos migratorios y de colonización y la misión que el Estado puede ejercer para promover y encaminar estos flujos, se efectuó una investigación en dos zonas de colonización distintas.

Estas zonas difieren una respecto a otra en cuanto a que en una tuvo lugar una colonización sobre todo espontánea, mientras que en la otra el Estado intervino, no sólo para favorecer la inmigración sino también, y especialmente, para limitar la emigración en los primeros años de asentamiento.

No obstante las aparentes diferencias que distinguen los sujetos que migran hacia las áreas estudiadas —relevantes en el análisis de las dos muestras tomadas singularmente— se aprecian significativas homogeneidades cuando son comparadas.

Una parte relevante del proceso de colonización de nuevas tierras, se hace fuera del control institucional centralizado del Estado. No obstante, no quiere decirse, que se trata de un fenómeno absolutamente espontáneo; porque al contrario, se desarrolla bajo el control de otros sistemas institucionales, que pueden ser utilizados como una base sobre la cual orientar políticas de desarrollo.

Esto significa que es necesario incentivar y utilizar aquellas redes de relaciones con las cuales actualmente se realiza la mayor parte del proceso de migración y colonización espontánea, con el fin de transmitir conocimientos y capacidades útiles para el asentamiento y la consolidación de nuevas áreas. Entre éstas, existe aquel conjunto de informaciones ligadas al uso y a la administración de tecnologías, como también, al empleo de la energía.

Esta constante en el proceso de colonización viene manifestada por la presencia en los dos grupos estudiados de análogas expectativas con relación al área (tierra, trabajo), y de una utilización de las ayudas locales (parientes) como principal medio utilizado para el asentamiento, al igual que la actitud para consolidar la propia posición, allá donde no interviene eficazmente una acción gubernativa para el sostenimiento de cultivos permanentes.

El análisis de aquélla que ha sido definida “estabilidad”, demuestra que entre los principales incentivos para la consolidación de una población en áreas que tienen las características de las estudiadas —vista la importancia del sector agrario en las zonas de colonización—, existe el control de las condiciones que influyen sobre la estructura agraria local, respecto a la extensión y a la propiedad de la tierra, en modo tal, que no se reproduzca en las áreas de reciente inmigración una excesiva fragmentación de la propiedad.

Regiones homogéneas

Los intentos de colocar a las regiones mencionadas en una perspectiva de evolución a mediano plazo, encajan dentro de una dinámica mayor.

Según el nivel de conocimiento adquirido, la posible prospección del desarrollo a largo plazo de las sociedades en cuestión, puede esquematizarse de la siguiente forma.

I	Sistema de colonización reciente	Pequeña y mediana agricultura comercializada
II	Sociedad de Ganadería Tradicional	Mediana y gran agricultura comercializada
III	Sociedad Indígena	Colono mestizo destribalizado Nivel de Subsistencia
IV	Núcleos de Colonización aislada	Serán absorbidos, a largo plazo, por el avance progresivo de la frontera económica

Estos estados, en todas las regiones bajo estudio, tienen condicionantes endógenos importantes; sin embargo, la dinámica del oriente depende de factores exógenos de orden nacional y de condiciones naturales dadas que, agrupándolas, se pueden enunciar así:

1. Tipo y grado de articulación con el mercado nacional, en cuanto los mercados de los principales productos del oriente están ampliamente verticalizados.
2. Las condiciones de uso del suelo.
En los valles de la región andina, la calidad de la tierra no establece una diferencia tan importante como en el oriente del país.
3. La asistencia del Estado.
La mayor parte de los asentamientos recientes, pertenecen a un tipo de colonización pobre, sin recursos y sin conocimientos adecuados.

La adaptación regional a estas condiciones, produce una buena parte de las características diferenciales encontradas en este estudio. De cualquier manera, el posible fracaso o éxito relativo, depende de la capacidad promotora y de articulación del Estado. Sin embargo, la mayor parte de las regiones consideradas, están en proceso de constitución, y su elemento dinámico más importante es el poblacional. Las regiones de piedemonte surgen como consecuencia de una intensa inmigración; son sociedades en acelerada constitución e inestables.

Se escogieron nueve polos de desarrollo que representan zonas típicas; algunas, caracterizadas por una elevada dinámica de los ingresos; otras, estáticas o más reactivas en concentrar las obras de planificación energética.

LA PLANEACION ENERGETICA

El mayor límite respecto a la planeación y, en particular, a la planeación energética, es la insuficiencia de la información disponible.

Por lo tanto, al carecer de informaciones de este tipo, sería ilusorio pensar en una programación energética del área. Un punto de máxima importancia es la estrecha relación entre desarrollo y disponibilidad de energía. En modo particular, es importante saber de qué manera la falta o promoción de la energía influye en el tipo de desarrollo.

Lo atinente a la identificación de la demanda represada, tan típica de las situaciones locales de áreas aisladas, es uno de los problemas de más difícil solución que se encuentran en la planeación energética. Para resolverlo, se requieren informaciones particulares y muy específicas.

La recolección de esta información, permite la creación de un cuadro bastante completo de la compleja situación económica y social de los sitios encuestado que, por la representatividad de la muestra, puede ser extendida a todas las situaciones locales de los Territorios Nacionales, y, además, ser sucesivamente de gran auxilio para una mejor comprensión de sus reales potencialidades.

Dentro de este contexto, adquiere una particular importancia el papel de los entrevistadores, supervisores de equipo y del coordinador central de actividades, de quien, en definitiva, depende el éxito de la encuesta.

La recolección de los datos

A través de la encuesta, se obtuvieron informes respecto a los consumos energéticos y a los índices de actividad que caracterizan los varios operadores: (operador centro urbano con el cuestionario A, familia con el cuestionario B, actividad productiva con el C y productor/distribuidor de combustibles con el D).

Se pudo elaborar, de esta manera, un cuadro de lo existente, donde se ve claramente que los consumos de energía dependen también de las características económicas del operador observado. Hemos supuesto, por lo tanto, como vía preliminar, que al variar estas características, quedan modificadas, y dejan inalteradas, todas las otras condiciones circundantes como también los consumos característicos.

Se adoptó una metodología de carácter econométrico de tipo sección cruzada. Las variables explicativas se adoptaron en la medida en que:

a) La dependencia de tales variables, pueda justificarse por motivos lógicos o económicos;

Códigos de ubicación geográfica:

Ciudad	Polos	Registro	Dep. To	Lugar
Tame	7	01	81	79400
Pto. Nariño (Arauca)	1	01	81	79407
Hato Corozal	7	01	85	12500
Arauca	6	02	81	00100
Maní	7	02	85	13900
Trinidad	7	02	85	43000
Yopal	2	03	85	00100
Tamara	2	03	85	40000
Villanueva	2	04	85	44000
Monterrey	2	04	85	16200
Pto. Carreño	8	05	99	00100
Pto. Gaitán	2	05	50	56800
Granada	5	06	50	31300
Acacias	5	06	50	00600
Cabuyaro	2	06	50	12400
Cast. La N.	5	06	50	15000
El Castillo	5	07	50	25100
Vista Herm.	5	07	50	71100
S. José del G.	3	10	95	00100
El Retorno	3	10	95	10500
Florencia	4	11	18	00100
Albania	4	11	18	02900
Mocoa	9	12	86	00100
Pto. Limón	9	12	86	00104
Sibundoy	5	12	86	74900
Pto. Inírida	6	13	94	00100
Mitú	6	13	97	00100
Leticia	6	13	91	00100
Pto. Nariño (Amazonas)	6	13	91	5400

b) expliquen un particular comportamiento del consumo (pruebas econométricas);

c) permitan extrapolaciones más simples, respecto a las variables dependientes.

La primera selección metodológica importante fue, sin duda, la de adoptar un informe global del problema, no limitando el análisis tan sólo al factor eléctrico, sino especificando un patrón de simulación, que permita analizar el desarrollo de la demanda de las varias fuentes energéticas, por los distintos sectores de consumo final.

La identificación de una estructura para el análisis de la demanda, está íntimamente relacionada con el objeto de modelar los comportamientos de los auténticos decisores (familias, firmas, comerciantes, etc.) que contribuyen al problema energético.

Estructura del modelo

Bajo este aspecto, en el ámbito de los usos productivos, se identificaron 6 sectores de consumo final cada uno, caracterizados por una particular intensidad energética y por una específica estructura de la demanda por tipo de uso final.

Se establecieron dentro del sector, 11 diferentes tipos de uso final, especificando también distintas categorías de utilización respecto a las características sociales y económicas.

Las previsiones de la demanda de energía por sector, categoría y tipo de uso final, se efectuaron en términos de energía útil mediante correlación con oportunas variables explicativas del fenómeno.

La cobertura teórica (o preferida) de la demanda por medio de las varias fuentes energéticas, se efectúa sólo más tarde, al segundo nivel operativo del patrón según los precios de tales fuentes y de las relativas eficiencias de uso de la energía. Es este análisis global, referente a todos los diferentes aspectos económicos, sociales y tecnológicos del problema, y al mismo tiempo a todas las fuentes energéticas, el que permite una evaluación de las alternativas de desarrollo energético, verificando la eficiencia de los instrumentos de política energética (con particular referencia a los precios) y suministrando indicaciones concretas para la planificación.

Un elenco de fuentes, sectores y usos está en el anexo 1, y un elenco de las variables explicativas de interés, en el anexo 2. El anexo 3 es una descripción del flujo lógico del modelo.

Aceptabilidad de las Tecnologías

La definición de la tecnología óptima desde el punto de vista financiero (menor costo/kwh o kcal obtenida), o económico (mediante la ayuda de precios sombra, "shadow prices"), no indica siempre la mejor solución posible.

Junto con las condiciones económicas y tecnológicas, pueden encontrarse vínculos sociales y culturales que no es de fácil cuantificación ni formalización en un patrón, y que pueden determinar la aceptabilidad o el rechazo de la solución propuesta.

Necesítase por lo tanto, asociar al estudio técnico, un análisis que tenga como objeto identificar factores socio-culturales activados por la introducción de nuevas tecnologías, con particular referencia, las concernientes a la producción de energía dentro de los procesos de desarrollo.

Se necesita, por lo tanto, desarrollar el estudio de la organización institucional, responsable de la localización, realización y gestión de la tecnología y de la reorganización institucional de la comunidad alrededor de su introducción.

La distribución de los ingresos

La distribución de los ingresos entre las familias en los Territorios Nacionales, es bastante injusta.

El número de familias por nivel de ingreso resulta en efecto:

Banda de ingresos	Lugar Urbano			Lugar Rural		
	A	B	C	A	B	C
L.T. - 100	74.8	254	254	59.9	147	147
100 - 200	157.8	704	958	154.2	261	408
200 - 300	251.6	563	1521	247.1	107	515
300 - 400	342.6	322	1843	347.2	47	562
400 - 500	448.9	178	2021	469.8	19	581
500 - 600	546.2	105	2126	526.7	12	593
600 - 700	638.5	83	2209	634.7	4	597
700 - 800	744.6	48	2257	725.7	4	601
800 - 900	852.7	29	2286	835.7	4	605
G.T. - 900	1164.1	84	2370	1328.7	10	615

A = valor central de la clase.

B = número de familias en aquella clase.

C = número de familias acumuladas.

Los valores de ingresos son en miles de pesos.

Sector residencial

Tamaño y gastos medio de las familias que disponen de un determinado uso:

	Lugar rural			Lugar urbano		
	O	T	G	O	T	G
01 Calor baja temp.	46	5.96	409.2	850	5.39	439.4
02 Calor media temp.	287	5.87	249.0	1593	5.38	355.3
03 Calor alta temp.						
04 Alumbrado	599	5.65	216.2	2352	5.20	317.6
05 Acond. y enfriamiento	57	5.30	432.1	862	5.38	455.6
06 Fuerza motriz	125	6.02	244.3	316	5.31	435.5
07 Transportes	70	5.87	414.4	384	5.48	617.9
08 Agrícola	19	5.87	768.3	25	5.36	1031.7
09 Autoproducción	20	5.80	553.4	102	5.72	664.4
10 Otros	453	5.63	235.7	1828	5.32	348.1
11 Cocina	614	5.62	212.9	2324	5.26	316.3

Anexo 1: Fuentes, sectores y usos seleccionados

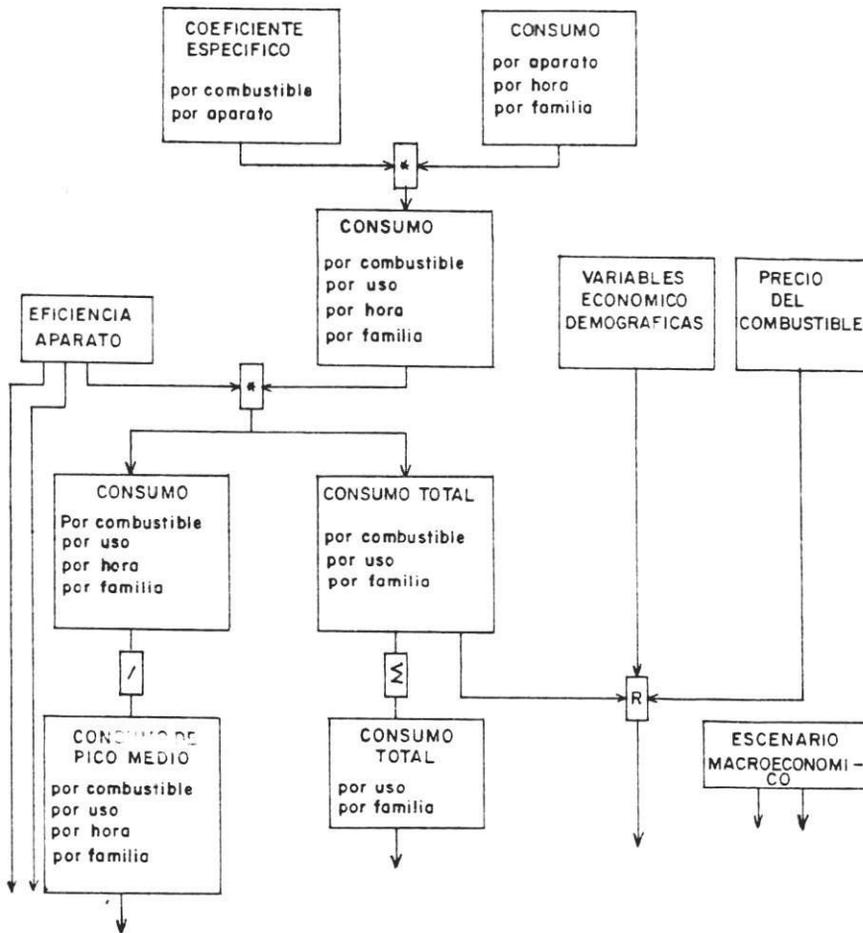
Fuentes:	01 Leña
	02 Residuos agrícolas
	03 Carbón de leña
	04 Carbón mineral
	05 Gas licuado
	06 Kerosene
	07 Gasolina
	08 ACPM
	09 Fuel oil
	10 Electricidad
	11 Velas
	12 Pilas
	99 Total
Sectores:	1 Residencial
	2 Comercial
	3 Público
	4 Agrícola
	5 Industrial energy intensive
	6 Industrial energy saving
Usos:	01 Calor de baja temp.
	02 Calor de media temp.
	03 Calor de alta temp.
	04 Alumbrado
	05 Acondicionamiento y refrigeración
	06 Fuerza motriz
	07 Transportes
	08 Agrícola

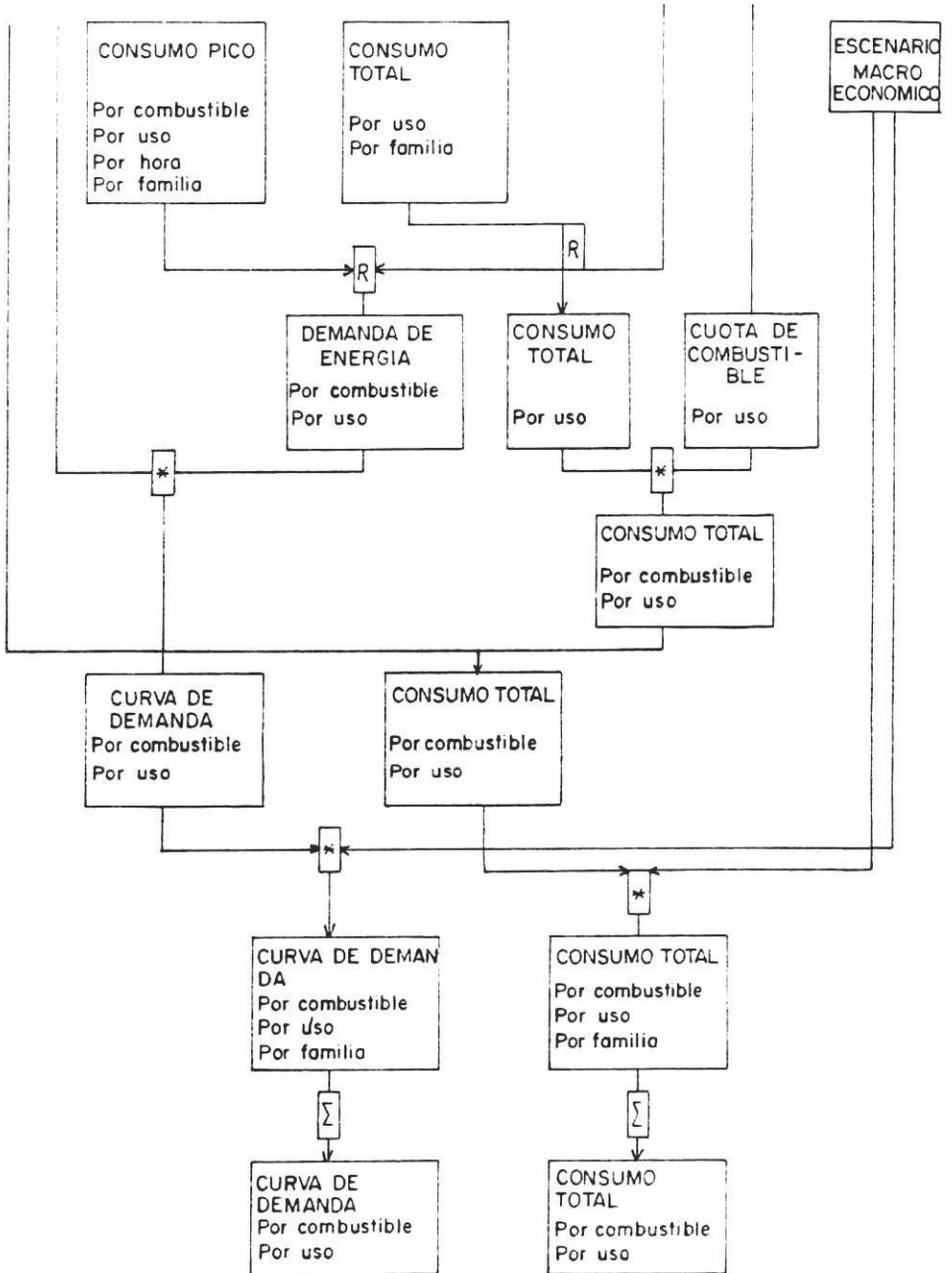
09 Autoproducción
 10 Otros
 11 Cocina

Anexo 2: Variables explicativas seleccionadas.

Sector residencial	Sector productivo
01 Años de residencia	01 No. empleados
02 No. cuartos	02 Remuneración mensual tot.
03 No. habit/casa	03 Venta fact.
04 No. años en. El.	04 N. presencias hotel
05 Sexo en promedio	05 No. cuartos hotel
06 Edad media	06 Pres. Rest.
07 Ingresos familia	07 No. Mesas
08 Gastos totales	08 área cultivada
09 % Alimentos	09 valor de la venta
10 % Energía	10 99999
11 % Transportes	11 "
12 % Otros gastos	12 "
13 Pasajeros/km	13 "
14 Extensión campos	14 "
15 Años de colonización	15 "
16 Area/tiempo cult.	16 "
17 Valor venta	17 "
18 Precio leña	18 precio leña
19 Precio res. agric.	19 precio res. agric.
20 Precio carbón de leña	20 precio carbón de leña
21 Precio carbón	21 precio carbón
22 Precio gas licuado	22 precio gas licuado
23 Precio kerosene	23 precio kerosene
24 Precio gasolina	24 precio gasolina
25 Precio ACPM	25 precio ACPM
26 99999	26 precio fuel oil
27 Precio electricidad	27 precio electricidad
28 Precio velas	28 precio velas
29 Precio pilas	29 precio pilas
30 Precio calor b. T.	30 precio calor b.t.
31 Precio calor m.T.	31 precio calor m.t.
32 Precio calor a. T.	32 precio calor a.t.
33 Precio alumbrado	33 precio alumbrado
34 Precio acondto. y refrig.	34 precio acondto. y refrigeración
35 Precio fuerza motriz	35 precio fuerza motriz
36 Precio transportes	precio transporte
37 Precio agrícola	37 precio agrícola
38 Precio autoproducción	38 precio autoproducción
39 Precio otros	39 precio otros
40 Precio cocina	40 precio cocina

Integración entre variables en el modelo





EVALUACION DEL POTENCIAL Y APLICACION DE LAS FUENTES RENOVABLES CESEN

Las áreas rurales pueden considerarse sistemas con producción y consumos de energía integrados. La integración puede realizarse explotando correctamente las fuentes renovables locales. El sol, el viento, las pequeñas cascadas y las biomásas representan un potencial energético que se encuentra frecuentemente en las áreas rurales y que puede por lo tanto explotarse.

Para definir las fuentes renovables que se puedan utilizar se necesita, ante todo, conocer la demanda de energía en el sitio en estudio. Este dato se logra con una encuesta, conjuntamente con la evaluación de las energías localmente disponibles. El objetivo de la encuesta es el de obtener una serie de informaciones de carácter general y socio-económico de los lugares en estudio o de tipo más específico sobre la tipología y sobre la cantidad de los consumos energéticos familiares e industriales.

Dado que los datos que se tienen que elaborar son muchos, el CESEN perfeccionó una metodología de cálculo con base en el uso de un computador electrónico. Los programas de cálculo usan los informes que se obtienen de los análisis referentes al potencial de biomasa, a la definición de la tecnología de explotación y a las características de la demanda y de la oferta de energía con el fin de establecer la solución más apropiada para el uso del suelo, la vocación del territorio y las tecnologías a escogerse.

1. Metodología

La actividad puede centrarse en zonas limitadas, como por ejemplo, el área de influencia de uno o más centros urbanos, o sino, como límite superior, un área mucho más extensa como puede ser la superficie de una nación.

Esta segunda alternativa es estudiada por el CESEN que desdobra la actividad de análisis en dos partes. Un primer análisis es realizado utilizando la interpretación de fotografía sensible a rayos infrarrojos. Mediante la fotointerpretación, uniendo a los colores impresionados sobre la imagen una situación vigente, es posible definir la ubicación de las ciudades, calles, zonas desérticas, zona con vegetación, cursos y espejos de agua.

El segundo análisis se efectúa para hacer un estudio más detallado, analizando las muestras relativas a cuanto se suele definir. Si por ejemplo se quiere cuantificar la biomasa forestal disponible, se extrae una muestra entre las áreas individuales detectadas con la fotointerpretación y sobre ésta se efectúa una toma de datos en el lugar.

Para elaborar los informes se utilizan cuestionarios apropiados. Su uso asegura dos ventajas, a saber:

- Coleccionar todos los datos que se consideren útiles e indispensables.
- Normalizar las respuestas para facilitar su elaboración mediante el uso de un computador.

1.1. Cuestionarios utilizados para colección de los datos

1.1.1. Cuestionario general

Este cuestionario se emplea para obtener los siguientes datos:

- Características geográficas y meteorológicas utilizables para evaluar la productividad agrícola y forestal del área.
- Situación socio-económica del sitio.
- Calidad y cantidad de las fuentes energéticas utilizadas en el sector agro-zootécnico.
- Características cualitativas y cuantitativas de los productos agrícolas, con particular referencia a los desechos y residuos.
- Técnicas empleadas para cultivos.
- Características de las especies criadas y datos referentes al tipo de cría.
- Situación forestal (condiciones pedológicas, superficie explotada al momento, producción forestal, su empleo, etc.).

El análisis de los resultados de los informes permite definir la energía obtenible de los residuos y desechos según la tecnología más apropiada y de evaluar, además, la capacidad económica del área para prever su desarrollo socio-económico.

1.1.2 Cuestionario de la central eléctrica

Este cuestionario ha sido utilizado en los estudios referentes a pueblos aislados no conectados con la red eléctrica, pero que tienen su propia central, aunque de potencia insuficiente.

Se requieren datos acerca de las condiciones de la red eléctrica, de las características de funcionamiento de los generadores, producción de energía eléctrica, costo y precio promedio de Kwh.

Estos informes se utilizan para definir la mejor configuración posible de la central.

1.1.3 Cuestionario de las actividades industriales

A más de consumir energía, las industrias producen frecuentemente sustancias en forma de subproductos o desechos que pueden utilizarse para la producción de energía.

Es de resaltar, además, que la dispersión de estas sustancias puede ocasionar contaminación indeseable que debe ser evitada.

1.1.4 Cuestionario para las familias

Se utiliza este cuestionario para definir el balance energético de un pequeño centro habitado.

Además de suministrar datos referentes al ingreso promedio, este cuestionario es muy útil para definir la calidad y cantidad de las fuentes de energía utilizadas y, mediante investigaciones apropiadas, permite explorar los consumos energéticos del sitio en estudio, en condiciones satisfactorias de bienestar social, como ocurre, al disponer de energía eléctrica ininterrumpidamente.

1.2 Uso de los datos recopilados: producción de energía usufructuando la biomasa

Estos datos se utilizan para definir:

- Las tecnologías de explotación.
- La máxima producción agrícola.
- La curva de carga de la central eléctrica.
- El desarrollo potencial del área.
- El análisis económico de la solución propuesta.

1.2.1. Definición de las tecnologías de explotación

A partir del análisis de las características químico-físicas de la biomasa, este programa individualiza el proceso que más se adapta al caso en estudio.

Para escoger la tecnología de explotación y el tipo de planta por adoptar, el programa analiza y compara una serie de datos referentes al tipo y a la cantidad del vector energético requerido, a la potencia necesaria, al poder calorífico inferior, a las condiciones meteorológicas y climatológicas locales, al grado de preparación técnica disponible en el sitio, a las materias primas disponibles, etc.

Con una ulterior elaboración, el programa define la cantidad y la calidad de energía y de subproductos que pueden obtenerse al finalizar el proceso.

El programa puede individualizar el proceso entre los siguientes aspectos:

- Gasificación
- Carbonización
- Combustión directa
- Fermentación alcohólica
- Digestión anaeróbica

En caso de seleccionarse una planta de digestión anaeróbica de tipo rural, su realización puede ser efectuada por el usuario mismo siguiendo las indicaciones de un manual apropiado que el CESEN ha preparado, debido a que la elaboración de equipos de pequeño tamaño resulta económicamente favorable, únicamente en caso de que el usuario efectúe su construcción.

El manual referido contiene, por lo tanto, todos los detalles necesarios para construir un equipo de digestión anaeróbica de tipo chino. Siguiendo sus especificaciones, un usuario cualquiera, no especializado en este tipo de trabajos civiles, pero poseedor de alguna habilidad manual y sentido práctico, puede fabricar por sí mismo el digestor y utilizar el biogás para sus necesidades domésticas (cocina, alumbrado, agua caliente, etc).

1.2.2. Evaluación de la máxima producción agrícola

Para determinar la potencialidad de producción de biomasa de origen vegetal (productos agrícolas) en un área, se utiliza un programa que, partiendo de datos geográficos (latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar), meteorológicos, pedológicos y del cultivar considerado, define las previsiones de productividad.

Cuando se requiera establecer la productividad para áreas extensas, el programa obra según una metodología que exige menos detalles respecto al caso precedente. En este último, se precisan datos meteorológicos y los referentes a la ubicación geográfica como también las características específicas del cultivo cuya manipulación se estudia.

1.2.3. Construcción de la curva de carga

Con base en los datos recopilados, se define la curva de carga de la central. En muchos poblados, situados por ejemplo en zonas selváticas, la distribución de la energía eléctrica está limitada a una determinada faja horaria. Por lo tanto, para extrapolar el desarrollo de la curva a los años sucesivos, se tienen en cuenta todos los usuarios posibles que se conectarían con la red eléctrica del asentamiento, en caso de distribuirse la energía eléctrica durante todo el día. Se consideran en particular, por consiguiente, los usuarios que ya están conectados (habitaciones, comercio y alumbrado público) y sobre todo los usuarios que, al momento del estudio, resultan autoprodutores de energía (hospitales, centro de policía, industrias, etc.). Para estudiar el problema más detalladamente se puede cotejar el pueblo con otros centros más extensos pero que tengan características apropiadas para tal efecto. Actividades, posición geográfica, desarrollo demográfico, etc. son algunos de los parámetros que se emplean para la comparación.

1.2.4 Desarrollo potencial del área: elaboración de mapas tópicos

Después de efectuada la primera etapa de actividades “*in situ*”, se necesita compendiar los datos recopilados para definir el desarrollo potencial del área de que se trata, mediante la elaboración de los que se definen como mapas tópicos.

Se analizan detalladamente todas las características locales y se elaboran los mapas según la cartografía disponible, los datos geomorfológicos, los informes referentes al uso agrícola del suelo y a las fuentes renovables locales. El compendio de estos datos permitirá elaborar los mapas tópicos de la zona en estudio.

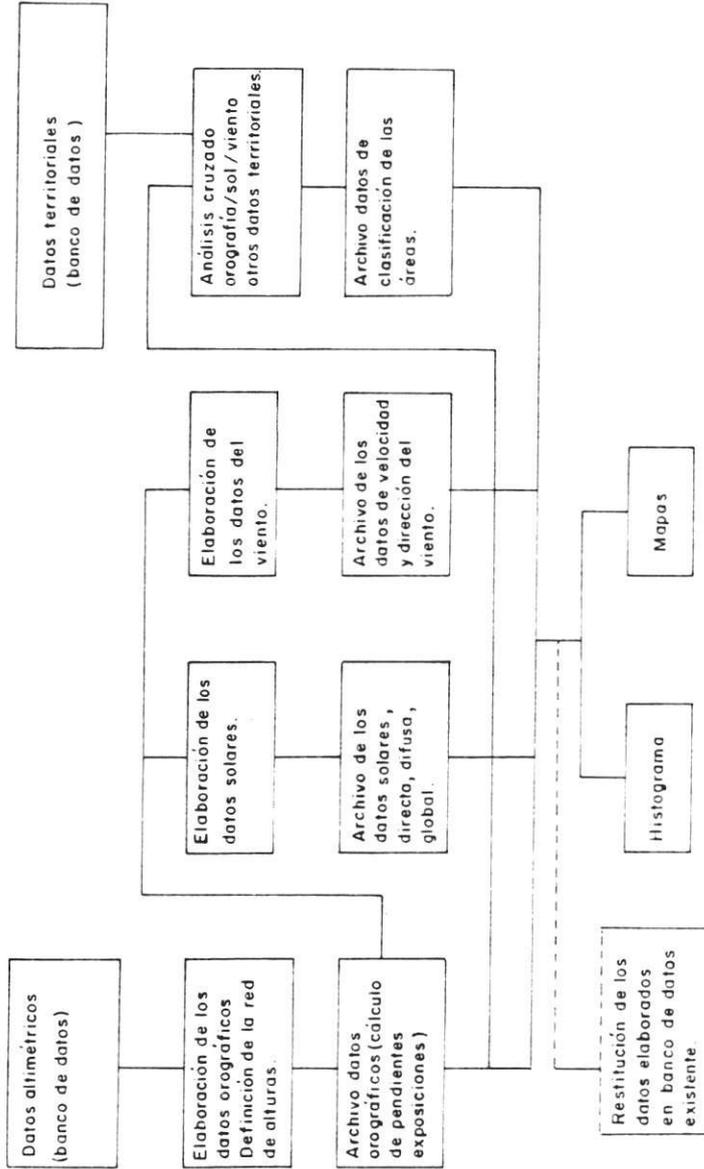
El mapa referente a la radiación realizado por nosotros, permite individualizar la disponibilidad de energía incidente sobre un área, así posea una orografía compleja.

En estas áreas particulares los relieves y sus sombras en las varias horas del día y en los distintos días del año, determinan las características de la distribución del brillo solar.

Otra fuente renovable estudiada y representada en mapas es la energía eólica. Para prever la intensidad y dirección del viento, se emplea un programa matemático que permite obtener mapas a una determinada altura de elevación sobre el nivel del suelo, respecto a la velocidad y dirección del viento a gran altitud y a la orografía de la zona.

Del conjunto de los informes provenientes de estas y otras representaciones geográficas, se obtienen mapas tópicos que definen la vocación y el empleo más correcto del territorio y sirven para establecer los siguientes objetivos:

Proceso SUNMAP



- Definición de los datos preliminares de base y recomendaciones para el desarrollo potencial del uso del territorio con particular atención a las actividades agrícolas, agro-industriales, comerciales y a los servicios.
- Evaluación de las fuentes renovables, presentes y futuras disponibles y definición de la mezcla energética más conveniente para hacer frente a la demanda.
- Individualización de las intervenciones socio-económicas (localización de un área de mercado, explotación para fines agrícolas, de áreas marginales, etc).
- Selección de los sitios y definición de la dimensión de las plantas para producción de energía.

Para la explotación de biomasa forestales, se elaboran mapas que, partiendo de la interpretación de aerofotografías, permiten definir un programa racional de explotación del patrimonio forestal.

1.2.5 Análisis económico

Con el fin de evaluar los posibles rendimientos de una planta, el CESEN utiliza como instrumento el método del valor actual neto (VAN).

El método VAN, más conocido como NPV (net present value), intenta evaluar la oportunidad de una inversión al establecer su valor al cabo del período supuesto de actividad realizada, por medio del mismo empleo de dinero.

Este método está caracterizado por la necesidad de determinar, antes de efectuar el cálculo, el costo del capital “i”, para tener en cuenta el diferente valor que tiene una suma de dinero según el período en el cual viene a ser desembolsada o cobrada.

Estos cálculos se pueden efectuar ya sea en moneda corriente como en moneda constante según que “i” contenga o no el valor de la inflación.

El método se puede también utilizar para evaluar el tiempo de recobro del empleo de dinero; es decir, el número de años después de los cuales se puede recuperar el valor inicial.

Esto ocurre cuando el VAN es igual a cero; aún así, este tiempo es claramente diferente del “pay-back period” ya que este no tiene en cuenta el costo del capital.

La fórmula que se utiliza es muy simple:

$$VAN_k = \sum_{i=1}^k \frac{C_i}{(1+i)^i} - I$$

Donde:

- VANK = valor del empleo de dinero al año k
I = empleo de dinero inicial
Cj = flujo de caja al año j con $C_j = E_j - V_j$
Ej = ingresos al año j
Vj = gastos al año j
I = tipo de interés a moneda constante
J = año j-ésimo
K = número de años de vida de la planta o número de años después los cuales se calcula el valor.

En general, VANK será negativo al inicio de la vida de la planta mientras que, al cabo del período de vida supuesto, deberá ser positivo pues, de lo contrario, el empleo de dinero no sería conveniente.

1.3 Ejemplo de un estudio de factibilidad

Como ejemplo de aplicación de la metodología adoptada por el CEsEN para estudios de factibilidad, vamos a describir a continuación los realizados para dos centros colombianos: Yopal y Puerto Inírida.

Estos dos lugares se escogieron entre los siguientes, decisión para la cual se efectuaron apropiadas investigaciones:

Florencia
Puerto Asís
San José del Guaviare
San Martín
Saravena
Tame
Villanueva
Villavicencio
Yopal
Puerto Inírida
Miraflores

1.3.1 Yopal

Informaciones generales

La ciudad de Yopal pertenece a la región del Casanare, un área casi enteramente cubierta por sabana, menos la zona base de la cordillera, cubierta por bosques en las colinas del piedemonte, y las vegas de los ríos, en particular el río Cusina, el río Cravo Sur, el río Pauto. Está conectada con Villavicencio, Tame, Saravena y otras ciudades por vía aérea y por tierra.

Por lo que concierne a las condiciones del clima, se pueden considerar dos estaciones distintas:

—Invierno (abril-octubre) con media = 22 °C y min = 15 °C

—Verano (noviembre-marzo) con media = 34 °C y min = 18 °C

La economía está básicamente constituida por actividades zootécnicas y agrícolas con los siguientes productos: plátano, yuca, maíz, arroz y batata.

Disponibilidad de biomasa

En lo que concierne a la potencialidad de biomásas disponibles “in situ”, es necesario resaltar las siguientes particularidades:

- Bosque: no es posible la explotación de la biomasa forestal según procesos de gasificación, debido que las áreas cubiertas por bosques no están próximas a la ciudad.
- Zootecnia: se efectúa de manera extensiva y por lo tanto, es imposible recoger los excrementos.
- Agricultura: no tiene características que permitan recolectar los residuos ni los rechazos de manera racional y económica.
- Agroindustria: parece atrayente la recuperación y explotación según proceso de digestión anaeróbica de los desperdicios de carnicería y de los residuos del mercado público.

Como consecuencia de estas consideraciones, parece muy interesante el aprovechamiento de los desechos del mercado y del matadero para producir energía.

Descripción de las actividades del matadero público

En el matadero, se efectúan las siguientes actividades: recepción de los animales, desangramiento, despellejamiento, desentrañamiento, descuartizamiento y preparación de tripas.

La capacidad máxima de sacrificio es de 20 vacunos por día, actualmente se sacrifican 10 vacunos adultos de 300 ks por 365 días año, aproximadamente. El personal está compuesto de 5 obreros y 2 empleados.

Los vacunos llegan al matadero entre las 15.00 y las 18.00 y esperan en las cercas que llevan al matadero. A las 24 empieza el proceso de sacrificio que continúa hasta las 5.

Actualmente no se sacrifican puercos debido a la falta de agua caliente; en efecto, para lavar la piel de los puercos se necesita agua a una temperatura de poco más o menos 60*c.

Si se dispone de 1500 l/d de agua a 60*C se pueden descuartizar hasta 10 puercos/día.

La energía eléctrica es suministrada por un pequeño generador tipo Lister de 4.5 kw.

El consumo de ACPM es de 55 gal/mes. La energía producida sirve para alumbrado de 300 watts y para bombear el agua necesaria al matadero desde un pozo bajo tierra hasta un tanque de más o menos 6 m³ de capacidad situado a 8 metros sobre el nivel del suelo. El pozo tiene una profundidad cercana a los 5 metros.

El agua se transporta por medio de un tubo de 2 pulgadas. Se requieren más o menos 6,000 litros de agua/día.

El agua se emplea para lavar las entrañas (consumo 1000 litros), los intestinos (3000 litros) y el matadero (2000 litros). Todas las aguas se encauzan a un tanque séptico por medio de tuberías.

Se estima un consumo de energía eléctrica de cerca de 5 kwh/día. Con una disponibilidad mayor de energía eléctrica, se podría equipar el matadero con medios mecánicos.

Descripción de las actividades del mercado de frutos y verduras.

El mercado trabaja el miércoles y el domingo. Está situado en un kilómetro del matadero; puede aprovisionar de frutos y verduras a 18.000 habitantes aproximadamente.

Actualmente, los residuos se trasladan a una descarga pública. Las cantidades pueden dividirse de esta manera:

— Domingo: 1 camión de cerca de 6 m³;

— Miércoles: 1/2 camión de cerca de 3 m³.

Características de las biomásas disponibles

Las biomásas que se pueden explotar para la producción de energía son:

- Excremento de vacunos
- Desperdicios de carnicería
- Desperdicios vegetales

Características de los efluentes del matadero

Los efluentes del matadero son de tipo orgánico debido a la presencia de materiales de origen animal, en suspensión y solución.

Se trata de descargas cuyo poder contaminante puede mudar según las modalidades con que se efectúan las operaciones de descuartizamiento: puede reducirse a menos de 200 mg de BOD/kg de peso muerto, con la condición de que se recupere la sangre, que se extraiga en seco el contenido del estómago y que se laven en frío las tripas; tal poder contaminante puede, por el contrario alcanzar valores de 18000—20000 mg de BOD/kg de peso muerto en las condiciones más gravosas de funcionamiento, es decir, sin recuperación de la sangre y la descarga al sumidero del contenido del estómago y del intestino.

En promedio, los efluentes de un matadero tienen las características indicadas en el cuadro 1.

Cuadro 1 características medias de los efluentes del descuartizamiento de vacunos

Volumen de los efluentes (*) m ³ /vacuno	BOD mg/1	Sólidos en suspensión mg/1	Grasas mg/1
0.5-0.7	650-2200	900-3000	200—1000

(*) Sin tener en cuenta las aguas de lavado de las cercas.

Las descargas de los mataderos pueden presentar también peligros de carácter bacteriológico debido a la presencia de microorganismos patógenos y larvas. En caso de que no se pueda o no se quieran tratar las descargas, se debe, al menos, asegurar una adecuada desinfección de las mismas.

Características de los desechos del mercado

Como para el matadero, también los desechos del mercado son de tipo orgánico y contaminante, porque si se dejan dispersos pueden causar:

- Difusión de sustancias hediondas y peligrosas desde el punto de vista higiénico.
- Propagación de agentes patógenos responsables de enfermedades infecciosas.

- Difusión de insectos y especialmente roedores, reponsables de daños enormes a los viveres y de la propagación de enfermedades e infecciones.

Tecnología de explotación de la biomasa disponible

La biomasa disponible presenta las siguientes características físico-químicas:

- Humedad media, superior al 50%
- Relación carbón-nitrógeno (C/N) 15-40 con un valor medio de 30.

Según estos datos, se establece que la tecnología de explotación más apropiada es la digestión anaeróbica.

Debido a la exigua cantidad de biomasa disponible, a la modesta demanda de energía y sobre todo a las ventajas que se desprenden de la temperatura ambiente local, proponemos, según lo que se explica a continuación, la construcción de un digestor de tipo chino.

La realización de una planta que pueda tratar los efluentes del matadero y los desechos del mercado de frutos y verduras es interesante, porque permite reducir los daños ecológicos causados por la dispersión de los residuos en los ríos y en las descargas.

Características del digestor escogido

Por lo que atañe al tipo de digestor escogido, vamos a ilustrar, a continuación, algunas de sus características:

- Es una planta de muy fácil gobierno.
- Puede ser construido con materiales que se encuentran localmente.
- Es apropiado para modestas cantidades de biomasa.
- Funciona continuamente y permite, por lo tanto, una producción más o menos constante de biogás.

La planta se construye en hormigón y está enterrada con el fin de aumentar el aislamiento térmico. Está provista de dos conductos laterales, uno para cargar biomasa y el otro para descargar los efluentes digeridos. La presión de alimentación del gas es proporcional a la elevación que puede alcanzar la columna de los líquidos residuales en los dos conductos laterales. En efecto la producción de gas aumenta la presión en el digestor y, en caso de que falte demanda de gas por el usuario, la columna de líquidos residuales sube. Durante el consumo de gas, la columna cae, lo que permite distribuir el gas siempre en presión.

Características de los productos

Los productos finales de la digestión anaeróbica consisten de un gas combustible que se conoce como biogás, de un residuo líquido clarificado y de un barro espesado.

Biogás

El biogás es una mezcla que contiene el 65-70% de metano, el 30-35% de anhídrido carbónico y pequeñas cantidades de otros gases. Es un gas combustible con poder calorífico inferior de 5300-5800 Kcal/nm³.

Barro espesado

Las sustancias sólidas producidas se usan en agricultura para corregir las características químicas y físicas del terreno. En efecto, los residuos vegetales existentes contribuyen a mejorar la maleabilidad y la permeabilidad de la tierra. Además, debido al proceso anacróbico, Nitrógeno N, Fósforo P y Potasio K, que representan los alimentos químicos de un buen abono artificial, están en una relación de 1-0, 5-7, es decir en los límites de los porcentajes adoptados para los consumos orgánicos terciarios preparados en la industria. Estos porcentajes pueden experimentar modificaciones según el tipo de carga que se use.

Respecto a los excrementos de los animales, que se emplean habitualmente en agricultura y que necesita una morada aeróbica de algunos meses para su maduración, la biomasa que se obtiene después de la digestión anaeróbica presenta una enorme ventaja, respecto a la que se trata únicamente según el proceso aeróbico, pues no altera el contenido de N.P.K. presentes en los líquidos no tratados. En efecto, esta condición es muy importante sobretodo por lo que se refiere al Nitrógeno, que en los tratamientos aeróbicos, se desprende al ambiente por gasificación con valores que superan bastante el 20%.

En el proceso aneróbico, al contrario, las pérdidas de nitrógeno se reducen a las limitadas trazas que se encuentran en el gas de salida que están normalmente bajo el 1%.

El tratamiento anaeróbico parece que mejora, al contrario, el potencial de los líquidos de descarga debido al Nitrógeno, determinando una interesante conversión de su parte orgánica en amoníaco; aún esta transformación no implicaría el Nitrógeno orgánico sino el 40-50, solamente. De esta manera, el Nitrógeno aumentaría su disponibilidad para los cultivos a razón del 30%—60%.

1.3.2 Puerto Inírida

Ubicación

La ciudad de Puerto Inírida pertenece a la región Guainía- Orinoco, territorio de Colombia centro-oriental, en la frontera con Venezuela y Brasil.

Puerto Inírida está situada en latitud 3*52' Norte y longitud 67*55' Oeste, a una elevación de 100 metros sobre el nivel del mar.

El río Inírida toca la ciudad y desemboca, no muy lejos, en el río Guaviare y luego en el río Orinoco que delinea el confín oriental de Colombia.

Los transportes se efectúan por avión, por tierra o río.

Los aerotransportes se efectúan por Satena con un DC4, tres veces por semana, según el itinerario Bogotá-Villavicencio—Puerto Inírida-Puerto Carreño. El avión transporta pasajeros y mercancía en una cabina única y puede llevar 70 pasajeros.

Desde Villavicencio y Bogotá se transportan mercancías de particular importancia con una relación costo/peso muy elevada.

Los transportes por río se efectúan sobre el Orinoco que une el Océano Atlántico y Puerto Carreño con Puerto Inírida.

La conexión más importante consiste en la línea mixta, tierra río, Villavicencio-Santa Rita- Puerto Inírida. El primer trecho se efectúa por medio de camiones, el segundo por botes sobre el río Vichada hasta el Orinoco y luego siguiendo este río y el Guaviare, hasta Puerto Inírida. Otra conexión posible es la del río Guaviare entre Puerto Inírida y San José del Guaviare.

Informaciones generales.

En septiembre de 1983, la ciudad tenía una población de 2693 habitantes, con 517 familias. Otros datos que nos permiten analizar más exactamente la situación del poblado urbano son:

— Casas habitadas	517
— Casas no habitadas	47
— Casas con conexión eléctrica	453
— Casas con conexión hídrica	435
— Casas dotadas de conexión con alcantarillado	234

— Población económicamente activa	1119
— Población con instrucción elemental	1726
Grupos étnicos:	
— Colonos	1706
— Indios	720
— Mestizos	267

La ciudad está situada al lado oriental del río Inírida que, en aquel punto, corre hacia el norte. Toda la zona del puerto es aluvial y, por lo tanto, no hay habitaciones sino botes, canoas y barcazas ancladas a orillas del río.

El poblado urbano es muy compacto y bien arreglado y se desarrolla a lo largo de la carretera principal que conecta el puerto con el aeropuerto.

El primer trecho, cerca del puerto, constituye la zona comercial y comprende el mercado de vegetales y frutos y el mercado del pescado, las tiendas, almacenes, etc. El segundo trecho constituye el centro administrativo con la comisaría, alcaldía, hospital y centro de deportes.

En los alrededores están situados Telecom y la central termoeléctrica. La calle principal sigue corriendo por un kilómetro a través de una zona deshabitada hasta el aeropuerto. La calle sale del centro urbano y corre hacia el norte hasta el poblado indio situado sobre un plano pequeño no aluvial, a orillas del río.

En el primer trecho, la calle costea el área del acueducto municipal. El área del Colegio Custodio García Rovira y el área de Ecopetrol. Estas áreas están situadas al lado derecho de la calle mientras que al lado izquierdo hay un barrio de indios. La calle sigue costeando el territorio reservado para los indios, que se encuentra al lado derecho, y acaba a orillas del río en el poblado indio.

El clima

La lluvia es el factor climático más importante de la región de Orinoco.

El año está caracterizado por dos estaciones distintas: el invierno que es la estación de lluvias, durante el período mayo-diciembre. En estos meses caen 350-450 mm de lluvia, especialmente por la noche. La temperatura máxima es constante, alrededor de 26-28°C, la mínima alrededor de 13-15°C; también la humedad relativa es constante, alrededor de 80-85%.

El verano, que comprende los meses restantes, está caracterizado por valores de precipitación atmosférica mucho más bajos; 50 mm en los meses de enero, febrero y de 100-200 mm en los demás meses; temperatura máxima 30-35, mínima 16-20; humedad relativa 75-80.

Actividad económica

La actividad económica principal del área urbana es de tipo comercial mientras que la agricultura y la cría de animales están localizadas exclusivamente en los alrededores.

El sector administrativo es, en todos casos, dominante siendo Puerto Inírida la ciudad más importante de la región Guainía.

La población activa está dividida de esta manera:

— Empleo público	60%
— Actividades comerciales	20%
— Actividades de agricultura y cría de animales	20%

Productos locales

Productos locales de los cultivos indígenas:

Harina de yuca selvática; frutos, coco, guayabo, chontaduro, mango, papaya, fibras naturales, colorantes naturales, artesanías, leña.

Productos de la agricultura:

Yuca, banano, plátano, naranjas, cacao, maíz.

Pesca:

Los ríos de la región de Orinoco son muy ricos en pesca así como aquellos de la región del río Amazonas.

Los tipos de pescados para venta en fresco, o secados y salados, en el mercado local son:

Amarillo (dorado), valetón, pintadillo, bocachico, palometa, sapuara, payara.

Cría de animales:

El ganado existente comprende únicamente vacunos y puercos.

Vacunos: se crían poco más o menos 2000 animales con un consumo de 500 animales/año.

Puercos: se crían poco más o menos 500 animales con un consumo de 400 animales/año.

Industria pequeña:

Los talleres del centro urbano están dedicados a la reparación y manuntención de medios mecánicos. Hay también una industria modesta para la fabricación de ladrillos.

Producción de energía eléctrica.

La potencia suministrada en las horas de máximo consumo es de 360 kw. En el área urbana, están 453 usuarios. Los usuarios potenciales que no están conectados son 150, en el área urbana. 258 usuarios tienen contador, los demás (195) están conectados directamente con la red.

La energía eléctrica se suministra desde las 11 hasta las 23 pm. La demanda aumenta a las 17 y la carga máxima se alcanza entre las 18 y las 21. El grupo existente es apenas suficiente para hacer frente a la demanda, en caso de que los usuarios o las cargas aumenten, sería indispensable dividir los usuarios en sectores alimentados por turnos.

Producción de corriente por medio de plantas autónomas.

Algunos entes públicos son productores autónomos de energía debido a la importancia de sus servicios: Telecom, el hospital y Aerocivil se autoabastecen. También, muchos usuarios privados poseen pequeños grupos electrógenos que se utilizan en caso de parada de la central termoeléctrica.

Fuentes térmicas

—Petróleo.

El petróleo refinado transparente tiene un precio de 155\$/galón (1985) y se utiliza en hornillos especiales parecidos a los hornillos de gas; una familia consume, en promedio, 4 galones de petróleo por semana.

—Leña

La leña se utiliza normalmente en las casas y en los restaurantes. Se obtiene del bosque o se compra en el mercado al precio de 1.000\$/m³.

Para los motores se utilizan los siguientes combustibles líquidos:

—ACPM y gasolina tienen un precio al por menor de 155\$/gal. Este valor se debe a la fuerte incidencia del transporte.

Además de usarse en el motor de la central termoeléctrica y algunos grupos electrógenos, el ACPM se utiliza para tracción y transporte por tierra y por mar. La gasolina se utiliza para los motores de los coches, de los botes con motores fuera de borda, bicicletas con motor y unos pequeños grupos electrógenos.

Central termoeléctrica

La central termoeléctrica está situada en los alrededores orientales de la ciudad, en la calle principal que lleva a la pista de despegue del aeropuerto. Fue construida en 1970; la planta original comprendía un grupo electrógeno diesel Skoda de 405 Kva., actualmente parado e inutilizable.

Otros dos grupos fueron instalados en etapas sucesivas:

— MWM de 500 kw con generador 220 V trifásico. Actualmente, el grupo está en reparación debido a que un rayo deterioró el generador. El consumo medio del motor es de 11.8 gal/h de ACPM.

— MAN de 360 kw modelo d 2542 MLE con generador 220 v trifásico, 1800 V/m, modelo DKB 80/350 4TS. El consumo medio del motor es de 13 gal/h y de 156 gal/día. Actualmente, funciona el segundo grupo de 360 kw apenas suficiente para hacer frente a la demanda de energía de área urbana. Al volver el grupo de 200 kw al servicio, con los dos grupos en paralelo se tendrá un margen de potencia con posibilidad de extender la red.

Por lo que concierne al futuro, surge el problema de averías y del mantenimiento. Si de deteriora un grupo será indispensable distribuir la corriente generada por turno de servicios y por barrios.

La central eléctrica está situada en una zona rectangular (50x70 metros) alrededor de la cual se están construyendo muros de cerca. Los grupos electrógenos MWM y MAN están situados dentro del hangar donde se encuentran el taller, el almacén y el local actualmente no utilizado con el viejo grupo Skoda.

Los grupos 1 y 2 producen energía eléctrica a 220 v-60 hz trifásica; el transformador lleva la corriente a la de red de 2400 v.

Red eléctrica

La red eléctrica, construida en 1970, utiliza postes de madera y es insuficiente por muchos aspectos. Actualmente, se dispone de 8 transformadores periféricos mientras que serían necesarias 18 unidades de este tipo. Muchos postes están en malas condiciones con aislamientos deteriorados que causan insuficientes rendimientos.

ICEL está estudiando una nueva red de 13.200 v para substituir la red actual y alimentar todos los usuarios del área urbana.

Situación forestal

En un radio de 10 kilómetros del centro urbano se encuentran algunos poblados de colonos y territorios reservados para los indios. Al norte de la ciudad, el río Inírida se une con el río Guaviare y luego con el río Orinoco con la consiguiente formación de diques aluviales y llanuras con vegetación baja. Al sur, hay una banda de 5-10 kilómetros de ancho, a orillas del río también con vegetación baja.

Más allá de la banda de 5-10 kilómetros y en algunos trechos a 12—kilómetros del río, hay bosque primario con vegetación típica de las regiones del río Amazonas y del Orinoco, con árboles altos rodeados por plantas pequeñas y vegetación parásita.

Aprovisionamiento de leña

— Áreas en concesión o en fase de colonización.

Algunos colonos, que viven dentro de un radio de 10 kilómetros del centro urbano venden leña cortada en troncos de dos metros de largo y de 14-40 cm de diámetro.

La organización para el corte y transporte consiste, según informaciones, en:

Corte a la base del árbol, permanencia de uno o dos meses en el suelo, corte a medida, transporte hasta el río y almacenamiento: a cargo del colono: embarque, transporte, desembarque y almacenamiento en zona cubierta: a cargo de la comisaría.

De esta forma los colonos pueden deforestar, colonizar y, al mismo tiempo, vender leña antes que quemarla in situ.

—Bosques

Todas las áreas con bosque primario o secundario y especialmente las florestas con árboles altos, pueden ser desforestadas utilizando personal de la aldea provisto de tractores y sierras mecánicas o bien indios que viven a orillas del río y que podrían suministrar leña directamente en el río. En caso de compra/venta de leña, el cambio puede ser conveniente en principio pero es oportuno notar que el precio puede aumentar considerablemente en caso de monopolización del suministro o de acuerdo entre proveedores.

Las áreas más interesantes para el aprovisionamiento de leña son las áreas al sur de Puerto Inírida y en particular:

- El área a 10-20 kilómetros al sudeste de la aldea.
- El área más al sur que se puede alcanzar a través del caño Vitina.
- El área aún más al sur que se inicia en la aldea de Huesito y se extiende hacia el norte siguiendo el brazo derecho del río Inírida.
- Tecnología de explotación de la biomasa disponible.

Como consecuencia de los análisis realizados, la biomasa aprovechable en cantidades abundantes y renovables está representada por la biomasa forestal.

La gasificación con lecho fijo es la tecnología elegida.

La planta propuesta se compone de una sección para tratamiento de la leña y corte a las dimensiones establecidas (chips).

La leña, tratada de esta manera, alimenta un gasificador que la transforma en gas combustible. Los productos de la gasificación son filtrados y llevados a un condensador que permite reducir su grado de humedad. Después de depurado de los residuos sólidos y de la humedad, el gas combustible se utiliza para alimentar un motor de combustión interna acoplado a un generador eléctrico.