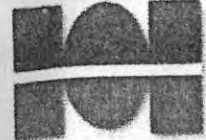


MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS
DE COLOMBIA

TOMO II

2000



CREG

333.82
Pg 82e
2000
EJ. 1

PNUD

**ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN ESTRUCTURAL,
INSTITUCIONAL Y FINANCIERO QUE PERMITA EL
ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS, CON PARTICIPACIÓN DE LAS
COMUNIDADES Y DEL SECTOR PRIVADO**

**LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS
DE COLOMBIA**

TOMO II

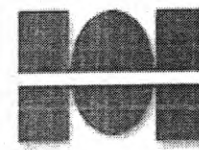
OFERTA ENERGÉTICA

Santa Fe de Bogotá, Mayo de 2000



Hagler Bailly

dene
CONSULTORÍA S.A.



CREG



**ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN ESTRUCTURAL,
INSTITUCIONAL Y FINANCIERO, QUE PERMITA EL
ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS, CON PARTICIPACIÓN DE LAS
COMUNIDADES Y EL SECTOR PRIVADO**

LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA

**TOMO II
LA OFERTA ENERGÉTICA**

**CAPITULO 5
GENERACIÓN DIESEL**

DOCUMENTO N° : ANC-375-09

REVISION 00

Santa Fe de Bogotá, 5 de mayo de 2000



Agler Bailly



TABLA DE CONTENIDO

5	GENERACIÓN DIESEL	5
5.1	POTENCIAS Y EFICIENCIAS	5
5.2	CENTRAL DIESEL	5
5.3	RANGOS DE CAPACIDAD.....	6
5.4	COSTOS	7
5.4.1	Cálculo del costo del combustible.....	7
5.4.2	Cálculo del costo del lubricante	8
5.4.3	Cálculo de los costos operativos.....	8
5.4.4	Cálculo de los costos totales de operación.....	8
5.4.5	Cálculo de los costos de mantenimiento.....	10
5.5	ESTADO DEL ARTE.....	13
5.6	INVENTARIO PLANTAS DIESEL	14
5.7	REPRESENTANTES EN COLOMBIA DE TECNOLOGÍA DIESEL.....	35
5.8	ANEXOS.....	36

LISTA DE TABLAS

TABLA 5 - 1 Motores Diesel disponibles en el mercado colombiano	7
TABLA 5 - 2 Densidad de los combustibles utilizados en generación diesel	8
TABLA 5 - 3 Costos de los combustibles utilizados en generación diesel	9
TABLA 5 - 4 Cálculo de los costos de mantenimiento para plantas diesel.....	11
TABLA 5 - 5 Costos plantas Diesel.....	12
TABLA 5 - 6 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo al fabricante.....	15
TABLA 5 - 7 Plantas localizadas en las Zonas No Interconectadas.....	16
TABLA 5 - 8 Comercializadores de equipos para generación Diesel.....	35
TABLA 5 - 9 Inventario de plantas diesel departamento : Amazonas	37
TABLA 5 - 10 Inventario de plantas diesel departamento : Antioquía.....	40
TABLA 5 - 11 Inventario de plantas diesel departamento : Arauca.....	41
TABLA 5 - 12 Inventario de plantas diesel departamento : Caqueta	42
TABLA 5 - 13 Inventario de plantas diesel departamento : Casanare.....	46
TABLA 5 - 14 Inventario de plantas diesel departamento : Cauca.....	47
TABLA 5 - 15 Inventario de plantas diesel departamento : Choco.....	51
TABLA 5 - 16 Inventario de plantas diesel departamento Guainia.....	59
TABLA 5 - 17 Inventario de plantas diesel departamento : Guaviare	61
TABLA 5 - 18 Inventario de plantas diesel departamento : Meta	64
TABLA 5 - 19 Inventario de plantas diesel departamento : Nariño	68
TABLA 5 - 20 Inventario de plantas diesel departamento : Putumayo.....	79
TABLA 5 - 21 Inventario de plantas diesel departamento : Valle del Cauca	83
TABLA 5 - 22 Inventario de plantas diesel departamento : Vaupes.....	85
TABLA 5 - 23 Inventario de plantas diesel departamento Vichada.....	87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 5 - 1 Horas de servicio al día de acuerdo a los rangos de potencia 17

FIGURA 5 - 2 Cantidad de plantas existentes en las ZNI entre 0 y 200 kW 18

FIGURA 5 - 3 Cantidad de plantas existentes en las ZNI de más de 200 kW 19

FIGURA 5 - 4 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Amazonas..... 20

FIGURA 5 - 5 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Antioquia..... 21

FIGURA 5 - 6 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Arauca 22

FIGURA 5 - 7 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Caquetá 23

FIGURA 5 - 8 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Casanare 24

FIGURA 5 - 9 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Cauca 25

FIGURA 5 - 10 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Chocó 26

FIGURA 5 - 11 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Guianía 27

FIGURA 5 - 12 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Guaviare 28

FIGURA 5 - 13 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Meta..... 29

FIGURA 5 - 14 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Nariño 30

FIGURA 5 - 15 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Putumayo..... 31

FIGURA 5 - 16 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Valle..... 32

FIGURA 5 - 17 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Vaupés 33

FIGURA 5 - 18 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Vichada..... 34

5 GENERACIÓN DIESEL

El abastecimiento de energía en las ZNI se realiza principalmente con base en generación diesel. Las prácticas operativas y de mantenimiento reinantes en la zona, han hecho que esta tecnología sea calificada como de bajo rendimiento y baja confiabilidad. De otro lado, las características geográficas y socioeconómicas de estas regiones dificultan y encarecen el transporte de los insumos requeridos (combustibles, lubricantes, repuestos, etc.), lo cual redunda en que la prestación del servicio por medio de esta tecnología sea bastante onerosa. No obstante, la generación diesel ha sido la solución para un considerable número de localidades y posiblemente será, en casos específicos, la solución en algunas poblaciones durante mucho tiempo.

Por lo anterior, es necesario hacer un breve análisis de esta tecnología, sus costos y los representantes en Colombia.

Por otra parte, con base en la información suministrada por el ICEL se presenta un inventario de las plantas Diesel instaladas en las ZNI, excluyendo la Costa Atlántica, de la cual no ha sido posible conseguir información en las empresas del sector.

5.1 POTENCIAS Y EFICIENCIAS

Los grupos diesel se encuentran disponibles en tamaños que van desde unos pocos kilovatios hasta aproximadamente 20.000 kW. Las eficiencias de estos motores pueden variar entre el 32% y el 45%. La eficiencia disminuye proporcionalmente con el aumento de la velocidad.

5.2 CENTRAL DIESEL

La central Diesel está compuesta por uno o más grupos electrógenos y los siguientes equipos auxiliares:

- Sistemas de arranque
- Planta de lubricación y combustible
- Planta de enfriamiento y ventilación
- Circuito de descarga de gas
- Sistemas de control y protección

Según el tipo de funcionamiento la central puede ser simple, es decir que un solo grupo alimenta la red de distribución o paralela, en donde más grupos alimentan conjuntamente la red. Así mismo, según el tipo de control la central puede ser:

- Manual: todos los grupos operan con mando manual incluidos los sistemas de control
- Semiautomática: los controles son insertados automáticamente y las demás operaciones son con mando manual
- Automática: los grupos operan con mando automático incluidos los sistemas de control

Los criterios que se deben tener en cuenta para elegir los grupos electrógenos que conforman la central diesel, entre otros, son:

- Tipo de servicio: continuo para generación sin limitación de tiempo y de emergencia, para operar hasta 300 horas por año.
- Velocidad de rotación: dependiendo de la potencia de los motores, éstos pueden operar a diferentes velocidades. Se consideran altas velocidades por encima de 900 revoluciones por minuto (rpm), medias velocidades entre 300 y 900 rpm y bajas velocidades por debajo de 300 rpm.
- Tipo de enfriamiento: según se realice con agua o con aire, para mantener las temperaturas adecuadas en las partes principales como son los cilindros, el pistón, las válvulas de descarga, las culatas, los inyectores, etc. Temperaturas muy elevadas provocan atascamiento de las partes móviles, por el contrario temperaturas bajas generan pérdidas de compresión.
- Tipo de combustible: la decisión es función principalmente de los costos del combustible
- Facilidad de mantenimiento
- Tipo de arranque
- Tipo de instalación: fija o móvil
- Características ambientales del sitio de instalación: humedad relativa, temperatura ambiente, altura sobre el nivel del mar, etc.

5.3 RANGOS DE CAPACIDAD

En la TABLA 5 - 1 se presenta motores diesel disponibles en el mercado colombiano, discriminados de acuerdo con los fabricantes y los suministradores o comercializadores de los mismos.

TABLA 5 - 1 Motores Diesel disponibles en el mercado colombiano

MARCAS	CAPACIDAD KW													SUMINISTRADORES DE BIENES Y SERVICIOS					
	0	5	15	25	50	100	200	300	400	500	1000	1500	2000		2500	3000	4000	6000	
RUGGERINI	██████████																		GENSET LTDA.
VM	██████████					██████████													STEWART & STEVENSON
LISTER	██████████					██████████													LISTER PETER - DIESEL S.A. - ABC PLANTAS Y EQUIPOS LTDA.
PERKINS	██████████					██████████													ABC PLANTAS Y EQUIPOS LTDA. PLANTAS ELECTRICAS LTDA. AF ELECTROGENOS LTDA. LISTER PETER DIESEL S.A.
JHON DEERE	██████████					██████████													ABC PLANTAS Y EQUIPOS LTDA.
ISOTTA FRASCHINI						██████████													INVERSIONES LABRADOR LTDA.
CATERPILLAR						██████████													GECOLSA
DETROIT	██████████					██████████													STEWART & STEVENSON, ABC - PLANTAS Y EQUIPOS
CUMMINS	██████████					██████████													CUMANDES, ABC PLANTAS Y EQUIPOS, PLANTAS ELECTRICAS LTDA., AF ELECTROGENOS LTDA.
MWM	██████████					██████████													AF ELECTROGENO LTDA.
WARTSILA														██████████					WARTSILA NSD - COL
EMD														██████████					STEWART & STEVENSON
MAN						██████████													FERROSTAAL
MIRRELES BLACKSTONE														██████████					DIESELECTROS LTDA.
RUSTON														██████████					DIESELECTROS LTDA.

De la tabla se observa que se encuentran disponibles motores desde 3 kW hasta 5.000 kW, con más de un representante de los fabricantes con opción de prestar el servicio de suministro y asesoría técnica.

5.4 COSTOS

5.4.1 Cálculo del costo del combustible

Costo de combustible (CC): El costo derivado por consumo de combustible esta dado por:

$$CC (\$/kwh) = CE_c \times C_c$$

Donde:

CE_c = Consumo específico de combustible (kg/kWh).

C_c = Costo de kg de combustible en el sitio (\$/kg).

5.4.2 Cálculo del costo del lubricante

Costo de Lubricante (CL): El costo derivado por consumo de lubricante esta dado por:

$$CL (\$/kWh) = CE_L \times C_L$$

Donde:

CE_L = Consumo específico de lubricante (kg/kwh).

C_L = Costo de lubricante en el sitio (\$/kg).

5.4.3 Cálculo de los costos operativos

Costos Operativos (CO): Es el orden del 10% de la suma de los costos por consumo de combustible y lubricante.

$$CO = 0,1 \times (CC + CL)$$

5.4.4 Cálculo de los costos totales de operación

Los costos totales de operación están dados por la siguiente ecuación:

$$CT (\$/kWh) = CC + CL + CO$$

Reemplazando se tiene:

$$CT (\$/kWh) = 1.1 (CE_C \times C_C + CE_L \times C_L) \quad (1)$$

Aplicación del cálculo de los costos totales de operación:

Si se asumen los siguientes valores:

TABLA 5 - 2 Densidad de los combustibles utilizados en generación diesel

Combustible	Densidad kg/l	Densidad kg/gal
ACPM	0,847	3,20
FUEL OÍL	0,910	3,44
LUBRICANTE	0,950	3,59

MINHACIENDA	DNP	MINMINAS	UPME	CREG	PNUD
-------------	-----	----------	------	------	------

Asumiendo 1 galón = 3,78 litros y con los siguientes consumos específicos por rango:

- $CE_c =$ 0,240 kg / kWh (Hasta 400 kW).
0,220 kg / kWh (de 500 kW hasta 1200 kW)
0,200 kg / kWh (de 1500 kW hasta 5000 kW)
- $CE_L =$ 0,0044 kg / kWh (Hasta 2.000 kW).
0,0020 kg / kWh (de 2.500 kW hasta 5.000 kW)

Aplicando estos valores a la ecuación (1), se tiene:

- Motores hasta 400 kW
 $CT (\$/ kWh) = 0,264 (C_c) + 0,0048 (C_L)$
- Motores de 500 kW hasta 1.200 kW
 $CT (\$/ kWh) = 0,242 (C_c) + 0,0048 (C_L)$
- Motores de 1.500 kW hasta 2.000 kW
 $CT (\$/ kWh) = 0,220 (C_c) + 0,0048 (C_L)$
- Motores de 2.500 kW hasta 5.000 kW
 $CT (\$/ kWh) = 0,220 (C_c) + 0,0022 (C_L)$

Teniendo en cuenta que el precio por galón del combustible y del lubricante es diferente dependiendo de la ubicación de la localidad dentro del Territorio Nacional. Se asumen los siguientes valores en pesos del año 2000 y aplicando las densidades presentadas en la TABLA 5 - 3:

TABLA 5 - 3 Costos de los combustibles utilizados en generación diesel

Combustible	Costo \$/ gal	Costo \$/ kg
ACPM	2.000	625
FUEL OIL	700	195
LUBRICANTE	10.000	2.907

Se obtienen finalmente los costos totales de operación:

Hasta 400 kW

$$CT = 0,264 \times 625 + 0,0048 \times 2.907 = 179 \text{ \$/kWh}$$

De 500 kW hasta 1.200 kW

$$CT = 0,264 \times 625 + 0,0048 \times 2.907 = 165 \text{ \$/kWh}$$

De 1.500 kW hasta 2.000 kW

$$CT = 0,220 \times 625 + 0,0048 \times 2.907 = 152 \text{ \$/kWh}$$

De 2.500 kW hasta 5.000 kW

$$CT = 0,220 \times 195 + 0,0022 \times 2.907 = 50 \text{ \$/kWh}$$

5.4.5 Cálculo de los costos de mantenimiento

El costo de mantenimiento está determinado como un porcentaje del costo de depreciación del grupo así:

$$\text{Costo por mantenimiento (\$/ kWh)} = 0.45 \times \text{Costo de depreciación}$$

Donde:

$$\text{Costo por depreciación (\$/kWh)} = \text{Valor planta} / \text{Generación total}$$

$$\text{Generación total (kWh)} = \text{Potencia} \times \text{Vida útil}$$

Vida útil de los grupos electrógenos:

La vida útil de un grupo depende de la forma de operación y del mantenimiento que se le dé a este. Aunque se sabe que este es un gran problema en las ZNI colombianas, se asumen los siguientes valores para efectos de estos cálculos.

- 1) 20.000 horas por motores hasta 2.000 kW.
- 2) 60.000 horas por motores de capacidad superior.

Con base en esta información, para cada potencia se calcula la generación total esperada. Mediante un análisis de precios de mercado se calcula el valor CIF

Bogotá de cada planta, utilizando una tasa de cambio de \$2.000/US. Finalmente se calcula la depreciación y el costo de mantenimiento por cada valor de potencia.

TABLA 5 - 4 Cálculo de los costos de mantenimiento para plantas diesel

kW Nom	Generación Total kWh	Valor Planta \$	Depreciación \$/ kWh	Mantenimiento \$/ kWh
4	80.000	11.000.000	137.5	61.8
7	140.000	12.000.000	85.7	38.5
11	220.000	13.800.000	62.7	28.2
15	300.000	15.000.000	50.0	22.5
20	400.000	18.400.000	46.0	20.7
25	500.000	19.000.000	38.0	17.1
30	600.000	20.000.000	33.3	14.9
35	700.000	20.400.000	29.0	13.0
40	800.000	20.600.000	25.7	11.5
50	1.000.000	23.000.000	23.0	10.3
55	1.100.000	24.000.000	21.8	9.8
75	1.500.000	27.000.000	18.0	8.1
115	2.300.000	40.000.000	17.4	7.8
150	3.000.000	50.000.000	16.6	7.5
200	4.000.000	56.000.000	14.0	6.3
250	5.000.000	60.000.000	12.0	5.4
300	6.000.000	70.000.000	11.6	5.2
350	7.000.000	82.000.000	11.7	5.2
400	8.000.000	110.000.000	13.7	6.1
500	10.000.000	156.000.000	15.6	7.0
600	12.000.000	174.000.000	14.5	6.5
700	14.000.000	200.000.000	14.3	6.4
800	16.000.000	240.000.000	15.0	6.7
900	18.000.000	296.000.000	16.4	7.3
1.000	20.000.000	340.000.000	17.0	7.6
1.200	24.000.000	392.000.000	16.3	7.3
1.500	30.000.000	580.000.000	19.3	8.7
2.000	40.000.000	700.000.000	17.5	7.8
2.500	150.000.000	3.000.000.000	20.0	9.0
3.000	180.000.000	3.900.000.000	21.6	9.7
3.500	210.000.000	4.550.000.000	21.6	9.7
4.000	240.000.000	5.200.000.000	21.6	9.7
5.000	300.000.000	6.500.000.000	21.6	9.7

Se consideró utilizar ACPM para motores hasta de 2.000 kW. Para potencias superiores se utilizó Fuel Oil pesado.

En la tabla siguiente se indican los costos de suministro, de inversión, de operación y de mantenimiento de los grupos electrógenos para un rango de capacidad de 4 kW hasta 5000 kW.

- La columna kW NOM: Indica la potencia nominal de los grupos electrógenos.

- Velocidad (RPM): Para rangos de potencias se consideraron las velocidades más apropiadas.
- Costo Grupo: Es una medida de los costos de mercado (CIF Bogotá).
- Inversión: Es el costo del grupo incluido el montaje, la obra civil, la casa de máquinas y todos los equipos y maquinarias necesarios para el funcionamiento del grupo generador.

TABLA 5 - 5 Costos plantas Diesel

kW Nom	Velocidad rpm	Costo grupo USD	Inversión USD	USD/kW Costo específico	Costo Operación \$/kWh	Costo Mantenimiento \$/kWh	Tipo Combustible
4	1.800	5.500	8.250	2,063	179	61.8	ACPM
7	1.800	6.000	9.000	1,286	179	38.5	ACPM
11	1.800	6.900	10.350	941	179	28.2	ACPM
15	1.800	7.500	11.250	750	179	22.5	ACPM
20	1.800	9.200	13.800	690	179	20.7	ACPM
25	1.800	9.500	14.250	570	179	17.1	ACPM
30	1.800	10.000	15.000	500	179	14.9	ACPM
35	1.800	10.200	15.300	437	179	13	ACPM
40	1.800	10.300	15.450	386	179	11.5	ACPM
50	1.800	11.500	17.250	345	179	10.3	ACPM
55	1.800	12.000	18.000	327	179	9.8	ACPM
75	1.800	13.500	20.250	270	179	8.1	ACPM
115	1.800	20.000	30.000	261	179	7.8	ACPM
150	1.800	25.000	37.500	250	179	7.5	ACPM
200	1.800	28.000	42.000	210	179	6.3	ACPM
250	1.200	37.500	56.250	225	179	5.4	ACPM
250	1.800	30.000	45.000	180	179	5.4	ACPM
300	1.200	44.000	66.000	220	179	5.2	ACPM
300	1.800	35.000	52.500	175	179	5.2	ACPM
350	1.200	52.000	78.000	223	179	5.2	ACPM
350	1.800	41.000	61.500	176	179	5.2	ACPM
400	1.200	69.000	103.500	259	179	6.1	ACPM
400	1.800	55.000	82.500	206	179	6.1	ACPM
500	1.200	98.000	147.000	294	165	7	ACPM
500	1.800	78.000	117.000	234	165	7	ACPM
600	900	140.000	210.000	350	165	6.5	ACPM
600	1.200	109.000	163.500	273	165	6.5	ACPM
600	1.800	87.000	130.500	218	165	6.5	ACPM
700	900	156.000	234.000	334	165	6.4	ACPM

TABLA 5 - 5 - Continuación

kW Nom	Velocidad rpm	Costo grupo USD	Inversión USD	USD/kW Costo especifico	Costo Operación \$/kWh	Costo Mantenimiento \$/kWh	Tipo Combustible
700	1.200	125.000	187.500	268	165	6.4	ACPM
700	1.800	100.000	150.000	214	165	6.4	ACPM
800	900	180.000	270.000	338	165	6.7	ACPM
800	1.200	150.000	225.000	281	165	6.7	ACPM
800	1.800	120.000	180.000	225	165	6.7	ACPM
900	900	230.000	345.000	383	165	7.3	ACPM
900	1.200	185.000	277.500	308	165	7.3	ACPM
900	1.800	148.000	222.000	247	165	7.3	ACPM
1000	900	265.000	397.500	398	165	7.6	ACPM
1000	1.200	212.000	318.000	318	165	7.6	ACPM
1000	1.800	170.000	255.000	255	165	7.6	ACPM
1200	900	305.000	457.500	381	165	73	ACPM
1200	1200	245.000	367.500	306	165	73	ACPM
1200	1800	196.000	294.000	245	165	73	ACPM
1500	900	450.000	675.000	450	152	87	ACPM
1500	1200	360.000	540.000	360	152	87	ACPM
1500	1800	290.000	435.000	290	152	87	ACPM
2000	900	540.000	810.000	405	152	78	ACPM
2000	1200	430.000	645.000	323	152	78	ACPM
2000	1800	350.000	525.000	263	152	78	ACPM
2500	720	1.500.000	2.125.000	850	50	9	FUEL - OIL
2500	900	1.300.000	1.900.000	760	50	9	FUEL - OIL
2500	1200	1.100.000	1.700.000	680	50	9	FUEL - OIL
3000	720	1.950.000	2.550.000	850	50	97	FUEL - OIL
3000	900	1.750.000	2.350.000	783	50	97	FUEL - OIL
3000	1200	1.500.000	2.100.000	700	50	97	FUEL - OIL
3500	720	2.250.000	3.000.000	857	50	97	FUEL - OIL
3500	900	2.000.000	2.750.000	786	50	97	FUEL - OIL
4000	720	2.600.000	3.400.000	850	50	97	FUEL - OIL
4000	900	2.200.000	3.000.000	750	50	97	FUEL - OIL
5000	720	3.250.000	4.300.000	860	50	97	FUEL - OIL
5000	900	3.000.000	4.000.000	800	50	97	FUEL - OIL

Se consideraron todos los grupos para un servicio continuo

5.5 ESTADO DEL ARTE

Las diferentes casas constructoras de equipos para generación diesel, buscan mejorar los aspectos fundamentales que califican la excelencia de un motor:

- Desempeños superiores en términos específicos y absolutos.
- Máxima economía de operación.
- Mínima contaminación.

Entre los parámetros que caracterizan un buen motor diesel esta la presión media efectiva (P.M.E.) la cual corresponde a la energía útil por unidad de volumen, y se calcula a diferentes velocidades en rpm. Un motor de calidad hoy, puede tener una P.M.E. de 35 kW por dm² de área del pistón a un valor de la velocidad máxima del 50%.

Incrementar la potencia y una velocidad en el motor diesel es el objetivo que cada constructor quiere conseguir, hasta llegar a prestaciones cercanas a 55 HP/l a 4200 RPM y presión media efectiva de 15 kg/cm³, objetivo que se puede conseguir con mejoras en el diseño y la utilización de materiales alternativos.

Otro objetivo de los fabricantes de motores es obtener, sin renunciar a elevadas potencias específicas, la fabricación de un motor limpio, es decir alcanzar 48 HP/l con gases de descargas limpios.

Actualmente, los motores diesel están diseñados para ser más livianos, de menores dimensiones y de mayor eficiencia, con costos de operación más bajos y un nivel de confiabilidad más alto. Todo esto se debe a la utilización de materiales especiales en la construcción de las partes de más trabajo y al aumento en la compresión, entre otros.

Todas las mejoras de los motores diesel en los tiempos actuales, han sido posibles, por la competencia entre los diferentes constructores quienes han hecho un esfuerzo en diseño, para optimizar el desempeño de los motores, utilizando personal altamente capacitado, instrumentación sofisticada en el control de la construcción y la introducción de la electrónica.

5.6 INVENTARIO PLANTAS DIESEL

Para el desarrollo de esta actividad, se recopiló la información disponible en el ICEL. Los principales documentos consultados fueron:

- Inventario de plantas hidráulicas y térmicas (1989).
- Inventario plantas diesel (1990).
- Sistemas de generación

MINHACIENDA	DNP	MINMINAS	UPME	CREG	PNUD
-------------	-----	----------	------	------	------

- Inversiones ICEL 1994 / 1999.
- Inventario plantas diesel en zonas no interconectadas (diciembre 1996).
- Plan de Energización 2000 - 2004 (Mayo 1999).
- Distribución de subsidios (Diciembre 1999).

En la TABLA 5 - 7 se presenta el resumen de la información secundaria recopilada, mostrando la información referente a número de plantas instaladas de acuerdo a los rangos de capacidad y las marcas que se encuentran en estas regiones.

En la TABLA 5 - 6 se presenta un resumen de la cantidad de plantas que se encuentran instaladas y la potencia que estas generan.

TABLA 5 - 6 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo al fabricante

MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
Lister	86	14858
Perkins	84	6842
VM	47	3227
Detroit	37	10870
Cummins	32	16646
Caterpillar	19	6076
John Deere	16	1265
Man	11	3475
Isotta	10	5575
General	7	450
Blackstone	6	1450
MWM	6	642
Kobata	3	35
EMD	2	4600
FG Wilson	2	240
Hats	2	14
Honda	2	22
International	2	173
Olimpian	2	120
China	1	40
Ford	1	50
Iveco	1	233
Kodak	1	360
Pegaso	1	125
Sambo	1	48
Volvo	1	352
Yanmar	1	16
SIN INFORM.	660	29587
TOTAL	1044	107391

Unidades

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 7 Plantas localizadas en las Zonas No Interconectadas

TOTAL ZONAS NO INTERCONECTADAS
 No. de plantas 1044
 Potencia Total Instalada: 107391
 Promedio Horas de Servicio: 7.64

RANGO DE POTENCIA	PLANTAS	Horas de Serv.	Marcas																				
0-20	298	5.08	Lister	Blackstone	Perkins	Kobata	Hats	Yamma	Honda	MAN													
21-40	295	5.88	Lister		Perkins						FG	Wilson	VM	MWM	Detroit	China	Iveco	Cummins					
41-60	179	5.62	Lister		Perkins													Cummins	John	Deer	Caterpillar		
61-80	63	6.04	Lister		Perkins													Cummins			Caterpillar		
81-100	26	6.60			Perkins								VM						John	Deer	Caterpillar		
101-120	56	8.13	Lister		Perkins								VM		Detroit				John	Deer	Caterpillar		
121-140	16	6.33	Lister												Detroit				John	Deere			
141-160	18	8.64	Lister		Perkins					MAN				MWM	Detroit			Cummins			Caterpillar		
161-180	3	N.D.																Cummins					
181-200	4	9.00																Cummins					
201-220	3	15.00	Lister													Detroit							
221-240	1	N.D.														Detroit							
241-260	6	10.33			Perkins				MAN									Cummins			Caterpillar		
261-280	7	11.00		Blackstone									VM					Cummins					
281-300	8	10.00							MAN						Detroit			Cummins					
301-320	1	7.00																					
341-360	2	24.00							MAN														
361-380	3	13.50							MAN													Caterpillar	
381-400	2	8.50	Lister																		Caterpillar		
401-420	3	11.50							MAN														
441-460	1	N.D.																					
481-500	4	8.50		Blackstone	Perkins																		
521-540	2	16.00																					
561-580	3	5.00														Detroit		Cummins					
581-600	7	14.00														Detroit							
661-680	1	16.00							MAN													Caterpillar	
741-760	3	16.00																				Caterpillar	
781-800	2	N.D.														Detroit		Cummins					
821-840	1	9.00														Detroit							
881-900	2	16.00																					
921-940	2	16.00																					
961-980	1	N.D.																					
981-1000	10	16.00														Detroit		Cummins					
1181-1200	1	16.00																					
1241-1260	2	16.00																					
1281-1300	1	16.00																					Caterpillar
1361-1380	1	N.D.																					
1581-1600	1	N.D.																					
2081-2100	1	16.00																					
3021-3040	4	24.00																					

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

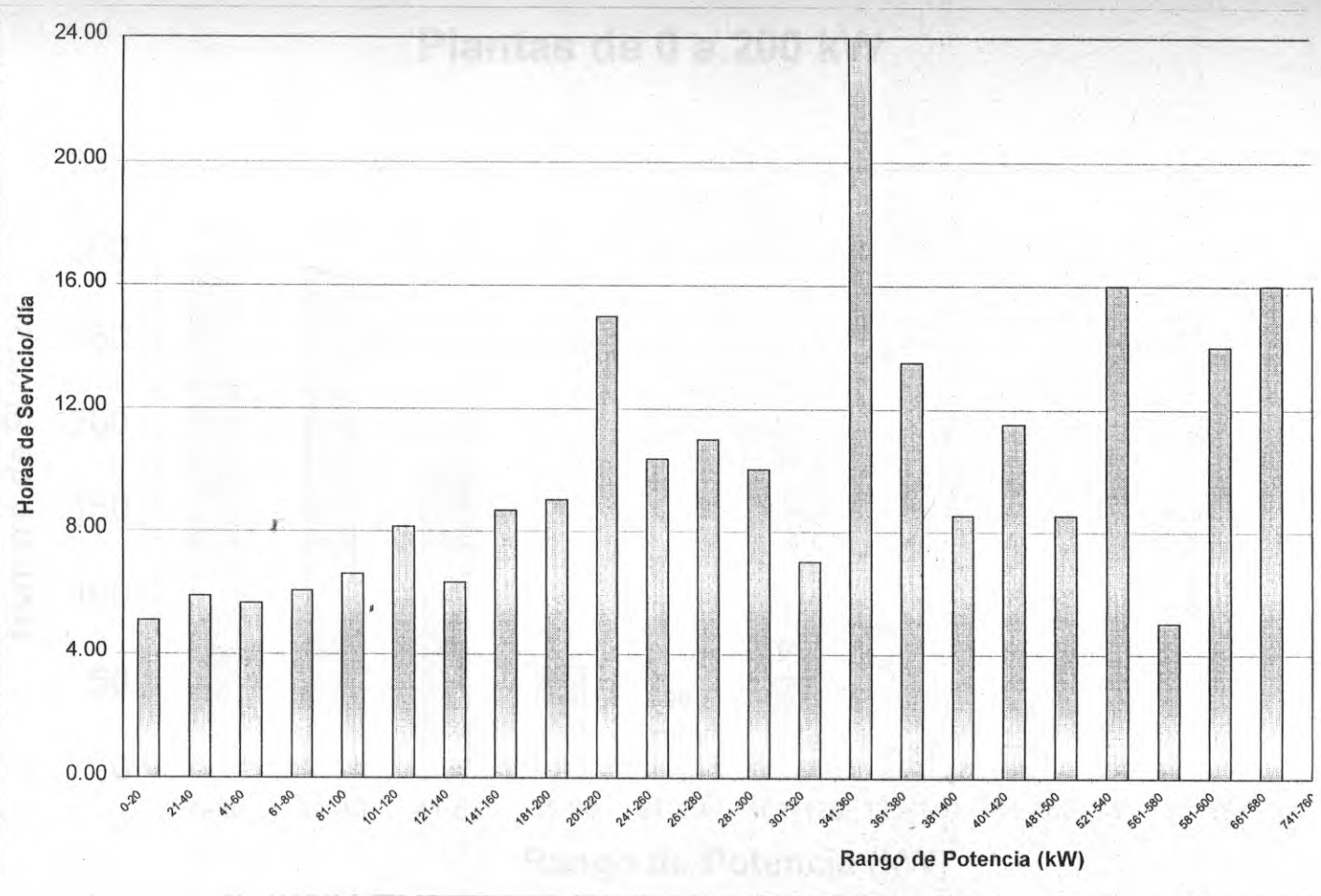


FIGURA 5 - 1 Horas de servicio al día de acuerdo a los rangos de potencia

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

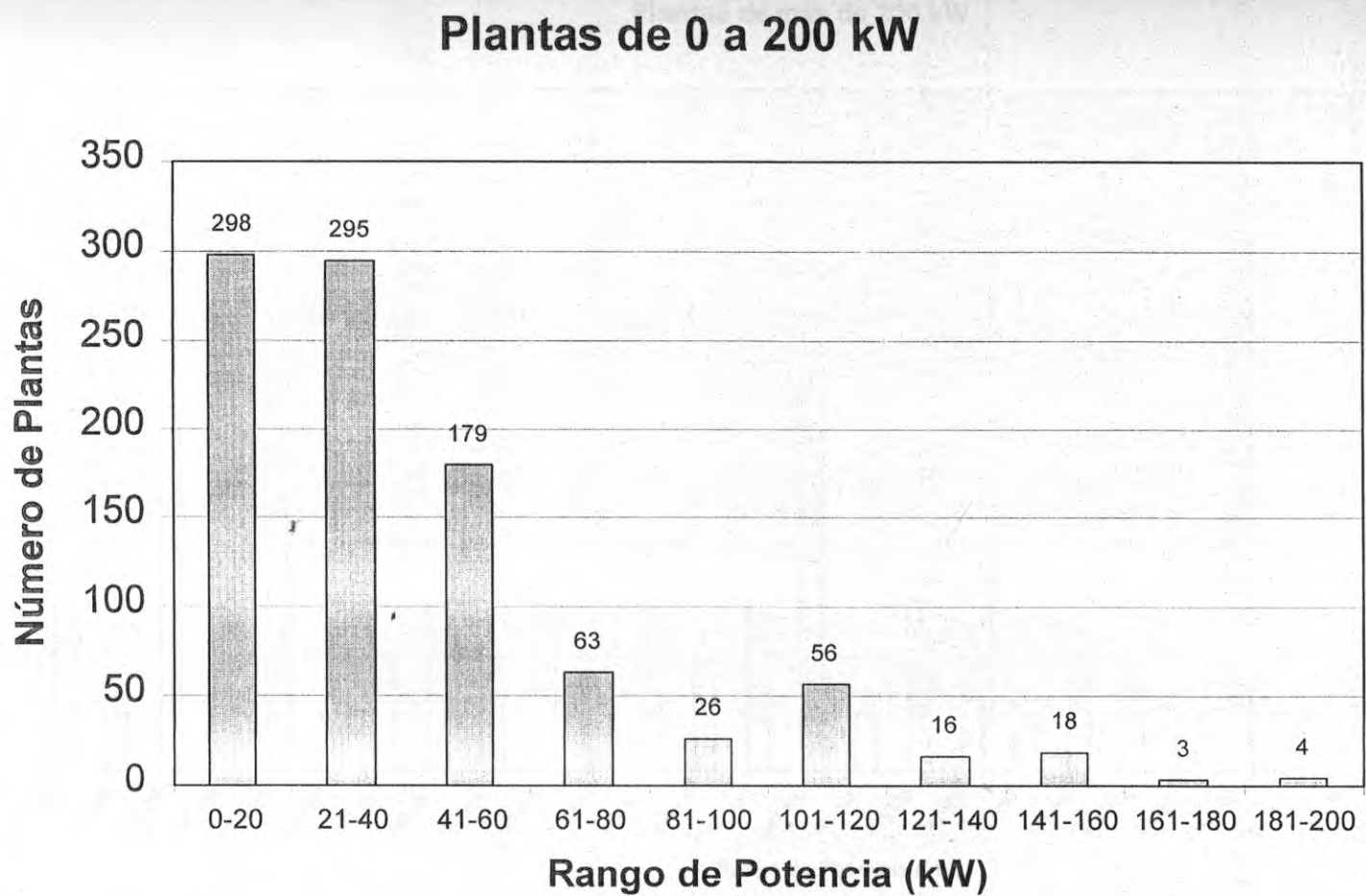


FIGURA 5 - 2 Cantidad de plantas existentes en las ZNI entre 0 y 200 kW

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

Plantas de más de 200 kW

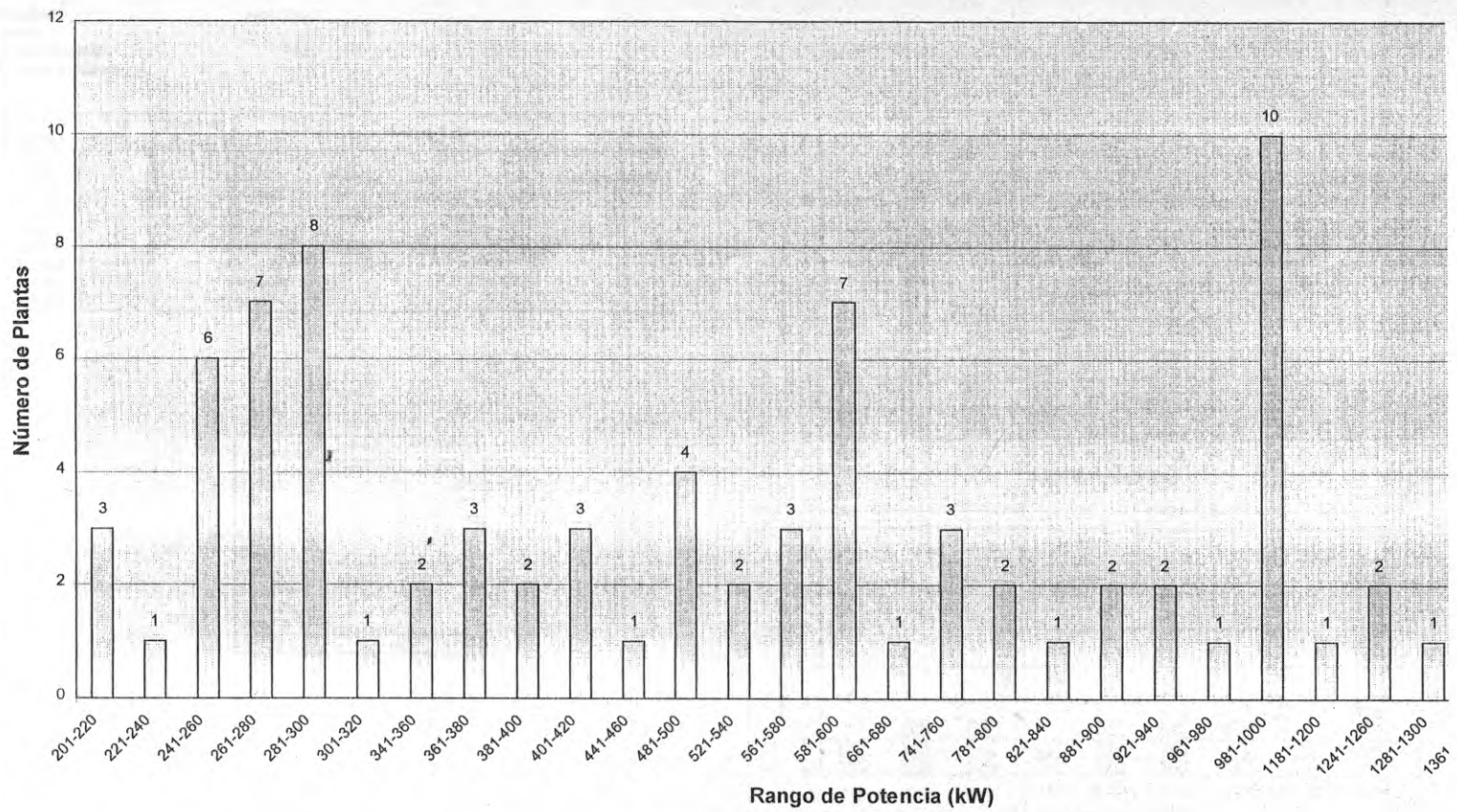


FIGURA 5 - 3 Cantidad de plantas existentes en las ZNI de más de 200 kW

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

A continuación se presenta cada uno de los departamentos que conforman las ZNI en donde se aprecian los mismos datos anteriormente enunciados de manera general.

DEPARTAMENTO: AMAZONAS
 No. de plantas: 46
 Potencia Total Instalada: 14854
 Promedio Horas de Servicio: 7.67

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTA	Horas de Servic.	Marcas Existentes
0-20	2	4	Lister
21-40	17	6	VM Perkins Lister IVECO Cummins MWM
41-60	9	6	Perkins VM Lister John Deer
61-80	5	4	Perkins Cummins
81-100	1	6	Perkins
101-120	6	9	VM Perkins John Deer Caterpillar
141-160	1	6	Perkins
241-260	1	4	Perkins
3021-3040	4	24	GMT

MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
Perkins	19	1362
VM	10	558
Cummins	3	103
Lister	4	12160
GMT	4	120
Iveco	1	233
John Deer	2	40
Caterpillar	2	28
MWM	1	200
TOTAL	46	14854

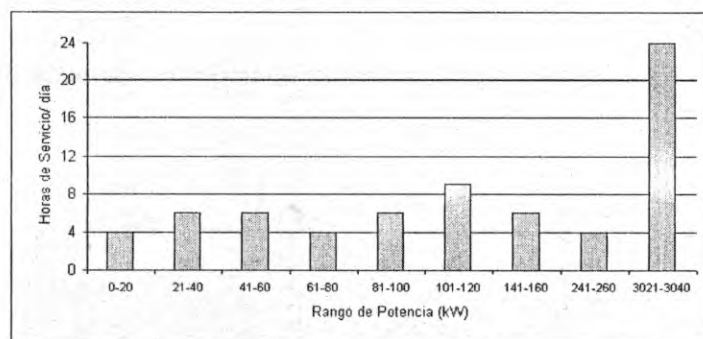
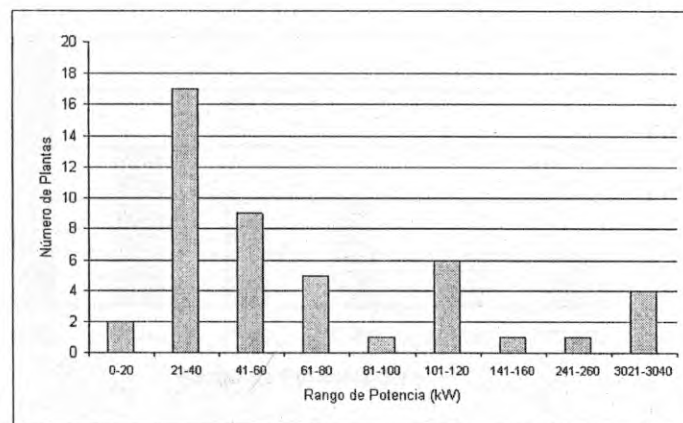


FIGURA 5 - 4 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Amazonas

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: ANTIOQUIA
 No. de plantas 14
 Potencia Total Instalada: 1312
 Promedio Horas de Servicio:

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTA	Horas de Servic.	Marcas Existentes
0-20	5		
21-40	3		
41-60	2		
61-80	2		
81-100	1		
781-800	1		

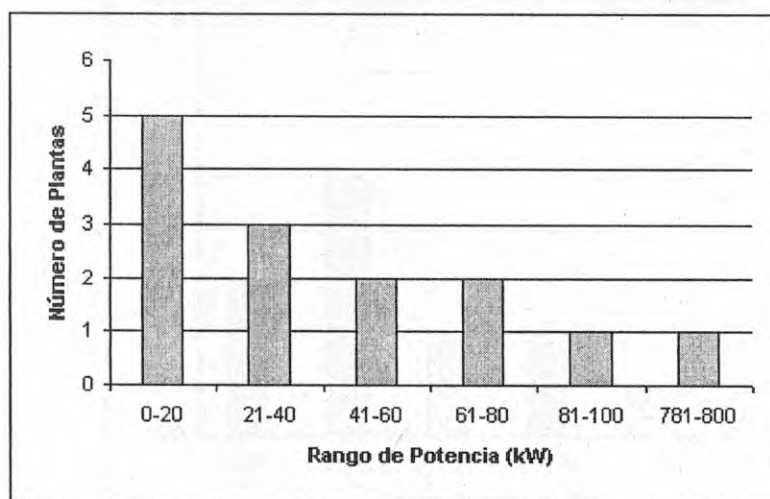


FIGURA 5 - 5 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Antioquia

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: ARAUCA
 No. de plantas 14
 Potencia Total Instalada: 2310
 Promedio Horas de Servicio:

RANGO DE POTENCI	# DE PLANTA	Horas de Servic.	Marcas Existente
0-20	3		
21-40	5		
61-80	2		
81-100	2		
161-180	1		
1581-1600	1		

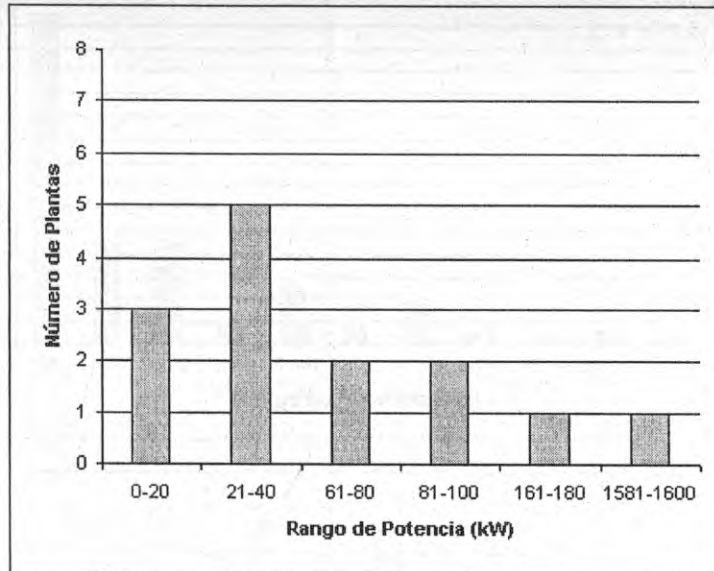


FIGURA 5 - 6 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Arauca

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

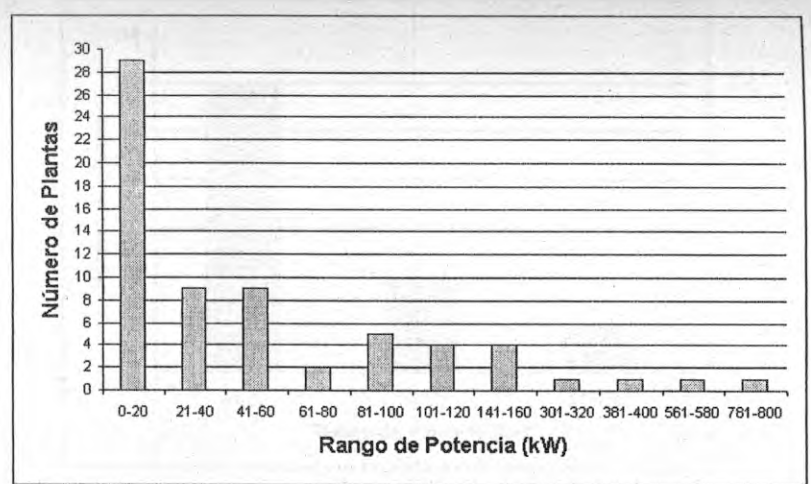
Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: CAQUETÁ
 No de plantas: 66
 Potencia Total Instalada: 5054
 Promedio Horas de Servicio: 6.7

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTA	Horas de Servic.	Marcas Existentes
0-20	29	5	Perkins Lister
21-40	9	3	Lister
41-60	9	8	International VM Perkins
61-80	2		Lister
81-100	5	8	Perkins
101-120	4	8	Lister
141-160	4	11	MAN Cummins
301-320	1	7	Isotta
381-400	1	8	Lister
561-580	1	2	Detroit
781-800	1	7	Detroit



MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
Perkins	6	446
VM	1	60
Cummins	1	150
Lister	30	1158
Detroit	2	1380
International	1	48
Isotta	1	318
MAN	1	145
SIN INFORM	23	1349
TOTAL	66	5054

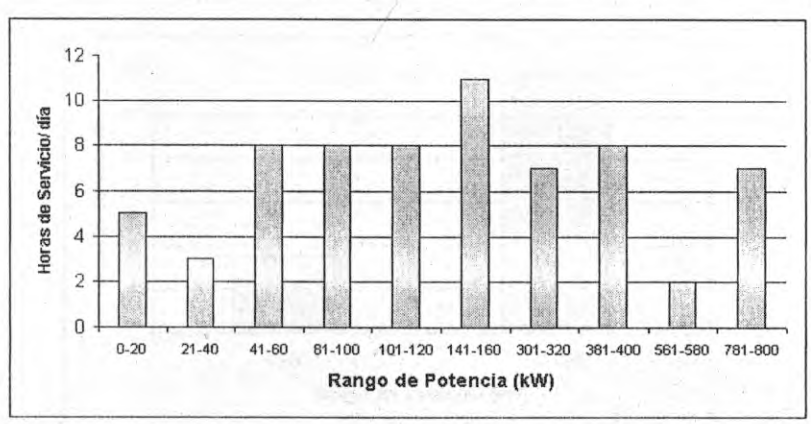


FIGURA 5 - 7 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Caquetá

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

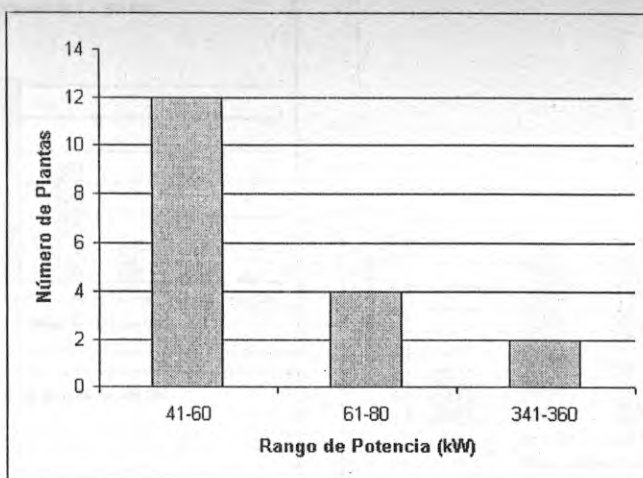
Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: CASANARE
 No. de plantas 18
 Potencia Total Instalada: 1651
 Promedio Horas de Servicio: 15.5

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTA	Horas de Serv.	Marcas Existentes
41-60	12	7	John Deer
61-80	4		
341-360	2	24	MAN Kodak



MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
John Deer	6	325
MAN	1	360
KODAK	1	360
SIN INFORM	10	606
TOTAL	18	1651

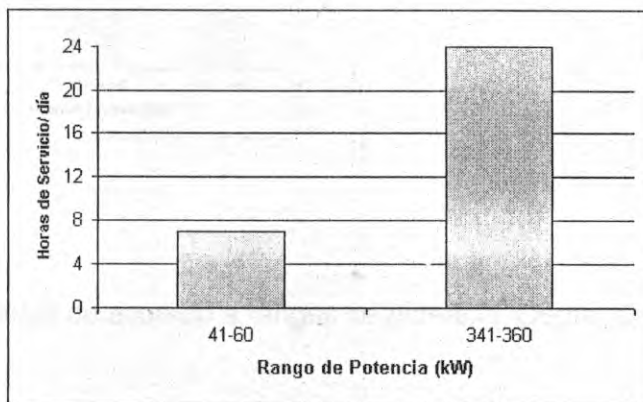


FIGURA 5 - 8 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Casanare

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: CAUCA
 No. de plantas: 85
 Potencia Total Instalada: 8906
 Promedio Horas de Servicio: 13.13

PLANTAS DE 0 A 500 kW			
RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servic.	Marcas Existentes
0-20	23	4.5	KOBATA HATS Lister
21-40	31		Lister
41-60	18		Ford
101-120	6		Perkins John Deer
141-160	1		Lister
221-240	1		Detroit

PLANTAS DE MAS DE 500 kW			
RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servic.	Marcas Existentes
741-760	3	16	Caterpillar Cummins
1281-1300	1	16	Caterpillar
2081-2100	1	16	EMD

MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
Lister	5	258
Caterpillar	2	2050
HATS	2	14
EMD	1	2100
Cummins	1	800
Ford	1	50
Perkins	1	110
Detroit	1	235
Volvo	1	352
John Deere	1	120
Kobata	1	15
SIN INFORM.	68	2802
TOTAL	85	8906

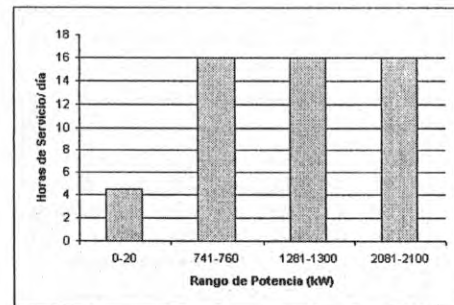
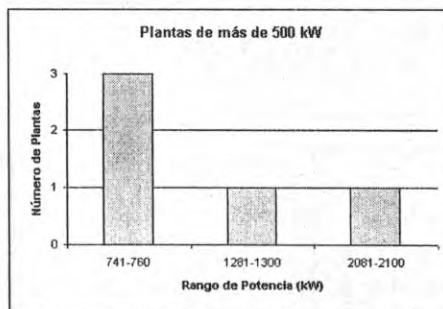
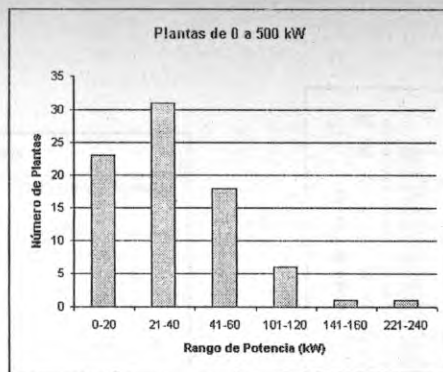


FIGURA 5 - 9 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Cauca

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

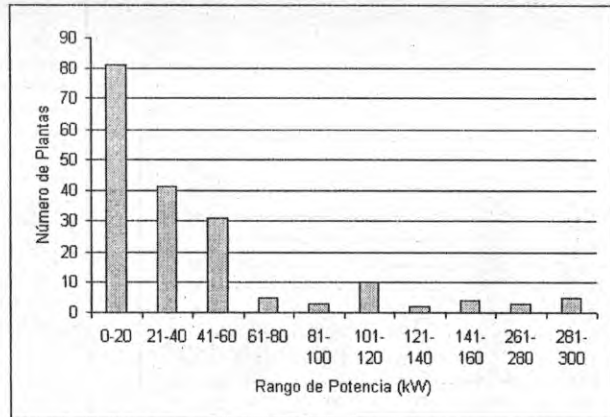
Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: CHOCO
 No. de plantas 185
 Potencia Total Instalada: 9808
 Promedio Horas de Servicio: 7.63

PLANTAS DE 0 A 500 kW

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servicio	Marcas Existentes				
0-20	81	5	Lister	Yanmar	Honda	Blackstone	Kobata
21-40	41	4	Perkins	Lister			
41-60	31	5	Perkins	General	VM	Caterpillar	Cummins
61-80	5	5	Perkins				
81-100	3	7	John Deere	Perkins			
101-120	10	11	Detroit	Perkins			
121-140	2		John Deere				
141-160	4	12	Detroit				
261-280	3	12	Cummins				
281-300	5		Cummins				



MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
Lister	27	409
Perkins	27	1692
Detroit	10	2430
Cummins	5	990
VM Marelli	4	240
John Deere	3	350
Caterpillar	2	370
Honda	2	22
Kobata	2	20
Blackstone	1	15
General	1	40
Yanmar	1	16
SIN INFORM.	101	3214
TOTAL	186	9808

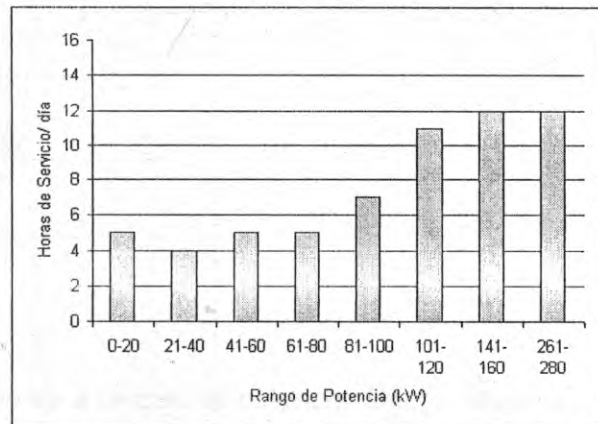


FIGURA 5 - 10 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Chocó

1. Caracterización de las plantas instaladas en las zonas no interconectadas de Colombia



Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

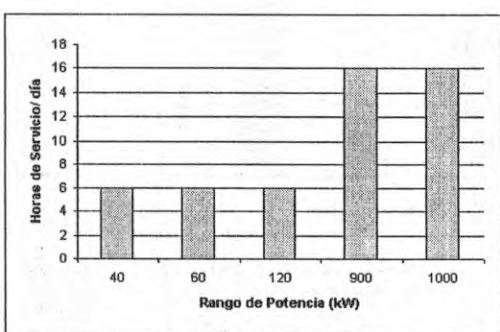
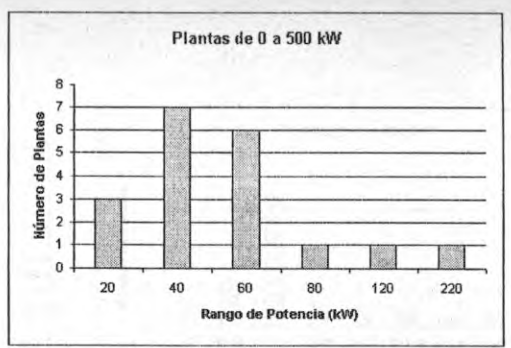
Las zonas no interconectadas de Colombia Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: GUAINIA
 No. de plantas: 24
 Potencia Total Instalada: 5920
 Promedio Horas de Servicio: 10

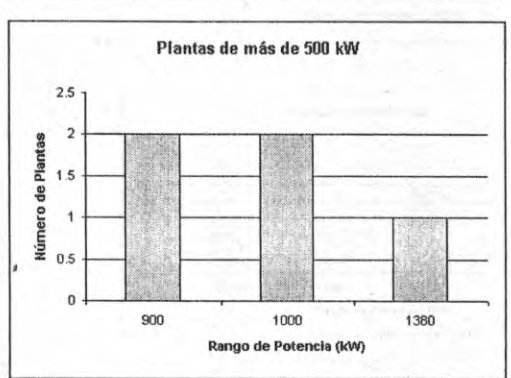
PLANTAS DE 0 A 500 kW

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servic.	Marcas Existentes
0 - 20	3		
21 - 40	7		6 VM
41 - 60	6		6 VM
61 - 80	1		
101 - 120	1		6 VM
201 - 220	1		Lister



PLANTAS DE MÁS DE 500 kW

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servic.	Marcas Existentes
881 - 900	2	16	Isotta
981 - 1000	2	16	Cummins
1361 - 1380	1		



MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
VM- Marelli	4	246
Cummins	2	2000
Isota	2	1537
Lister	1	210
SIN INFOR	15	1927
TOTAL	24	5920

FIGURA 5 - 11 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Guainía

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

DEPARTAMENTO: GUAVIARE
 No. de plantas: 52
 Potencia Total Instalada: 12350
 Promedio Horas de Servicio: 11.14

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servic.	Marcas Existentes
0-20	3		
21-40	6		6 Lister
41-60	17		6 VM Perkins Detroit
61-80	3		
81-100	2		Caterpillar
101-120	2		10 Perkins VM
121-140	1		
141-160	2		
161-180	2		
261-280	2		12 VM Blackstone

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servic.	Marcas Existentes
581-600	6		12 MAN
921-940	2		16 Cummins
981-1000	4		16 Cummins

MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
Perkins	7	895
Cummins	6	5844
VM- Marelli	4	505
MAN	2	1200
Detroit	2	555
Caterpillar	2	1000
Isota	1	500
Lister	1	34
Blackstone	1	280
SIN INFORM	26	1537
TOTAL	52	12350

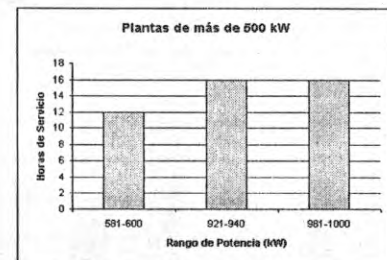
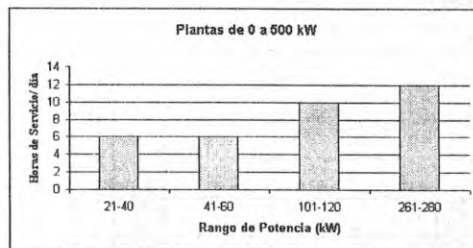
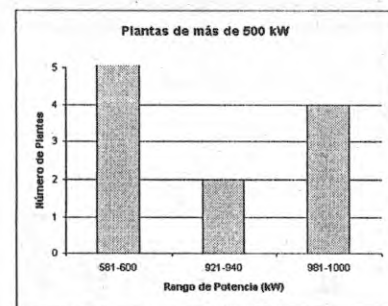
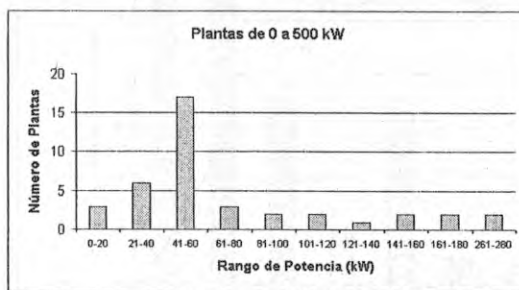


FIGURA 5 - 12 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Guaviare

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

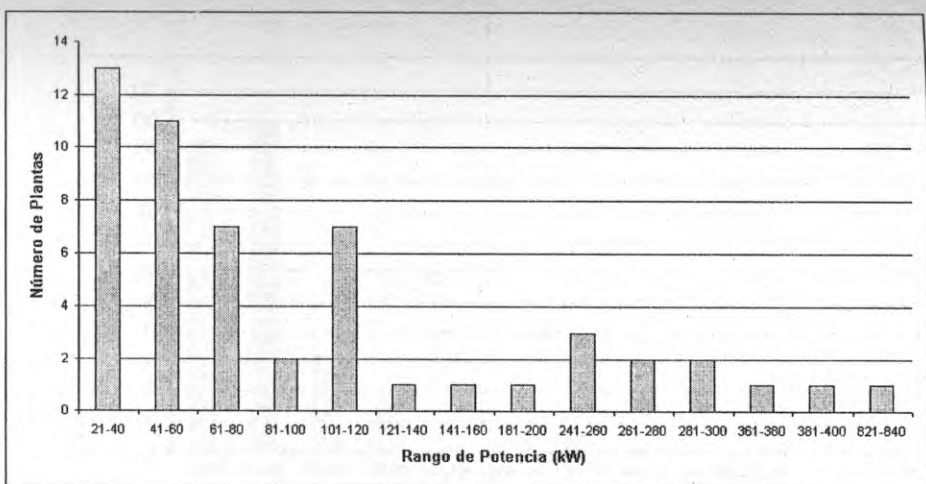
Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: META
 No. de plantas: 69
 Potencia Total Instalada: 6789
 Promedio Horas de Servicio: 8

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTA	Horas de Servicio	Marcas Existentes
0-20	16		Lister
21-40	13		Perkins FG Wilson Lister
41-60	11		Perkins
61-80	7	12	Caterpillar
81-100	2		Perkins
101-120	7	3	Perkins Caterpillar Detroit
121-140	1	3	Pegaso
141-160	1	3	MAN
181-200	1	8	Cummins
241-260	3	12	MAN Caterpillar Cummins
261-280	2	9	Cummins
281-300	2	8	MAN
361-380	1	12	MAN
381-400	1	9	Caterpillar
821-840	1	9	Detroit



MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
Perkins	10	819
Cummins	4	993
Caterpillar	4	839
MAN	4	1080
Detroit	2	960
Lister	2	44
Pegaso	1	125
Wilson	1	40
SIN INFOR	41	1889
TOTAL	69	6789

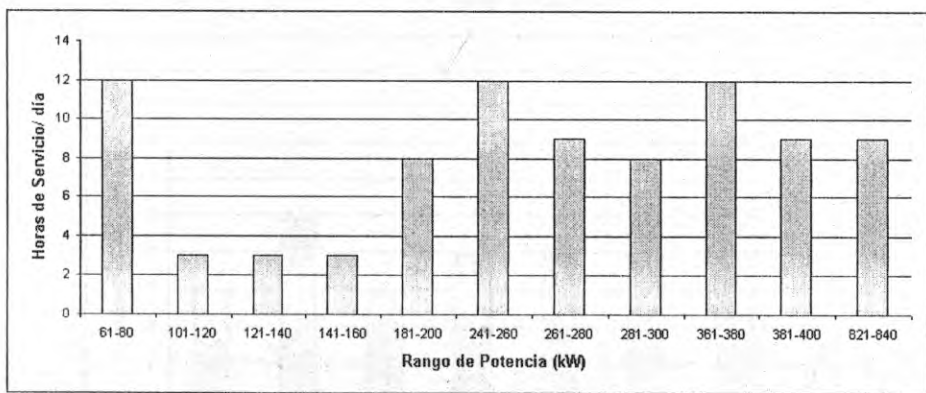


FIGURA 5 - 13 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Meta

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

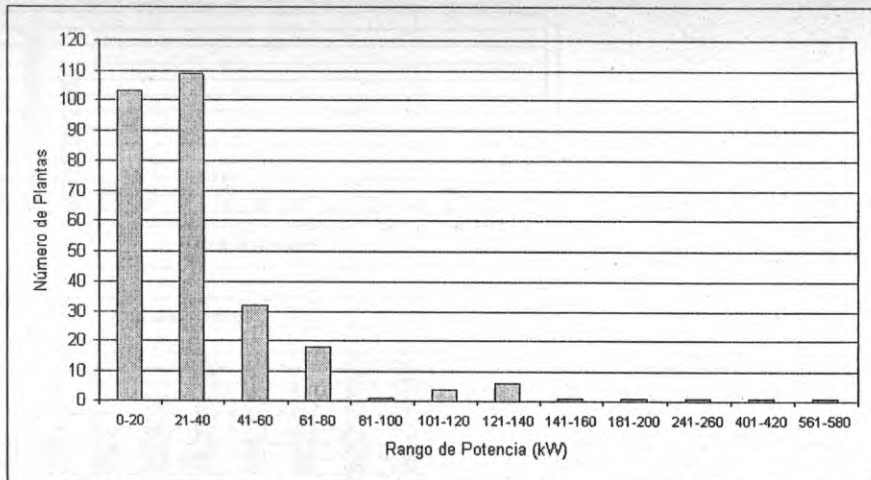
Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: NARIÑO
 No. de plantas 278
 Potencia Total Instalada: 10460
 Promedio Horas de Servicio: 7.78

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTA	Horas de Servic.	Marcas Existentes
0-20	103	6	MAN Lister
21-40	109	10	China Perkins
41-60	32	6	VM Perkins Sambo
61-80	18	8	Detroit
81-100	1		VM
101-120	4	8.25	Detroit Perkins General
121-140	6		Detroit International Lister
141-160	1	8	Caterpillar
181-200	1		Wilson
241-260	1		
401-420	1	8	Isotta
561-580	1	8	Detroit



MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
Lister	9	208
Detroit	5	1026
Perkins	4	306
VM- Marelli	4	261
Caterpillar	1	150
Isotta	1	410
China	1	40
MAN	1	145
International	1	125
General	1	120
Wilson	1	200
Sambo	1	48
SIN INFORM	248	7421
TOTAL	278	10460

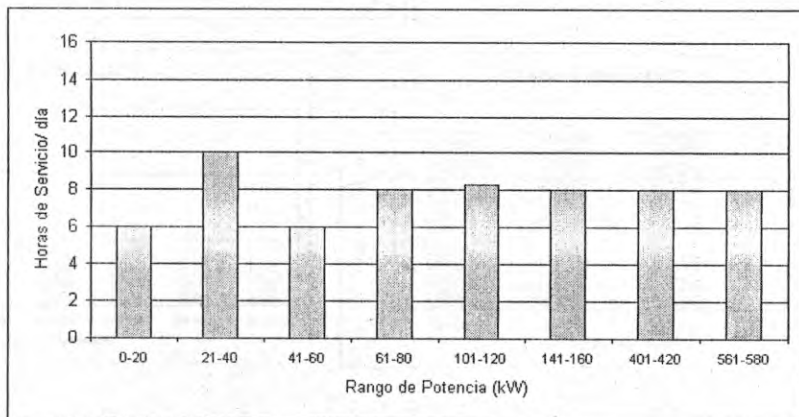


FIGURA 5 - 14 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Nariño

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

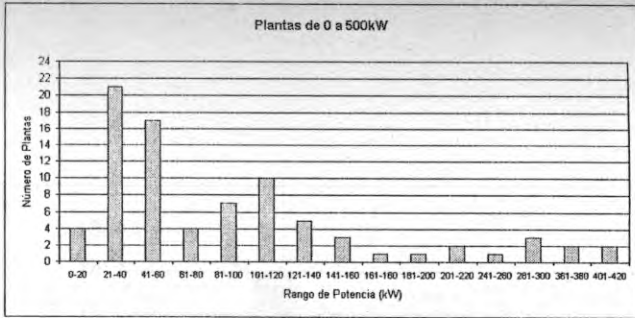
Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

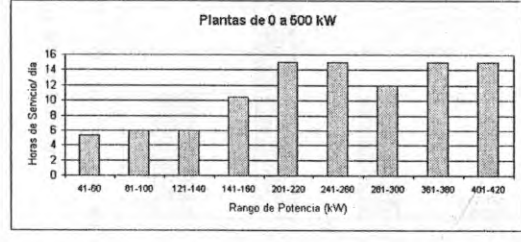
MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: PUTUMAYO
 No. de plantas: 91
 Potencia Total Instalada: 14562
 Promedio Horas de Servicio: 12.60

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servicio	Marcas Existentes
0-20	4		
21-40	21		Lister Detroit
41-80	17	5.33	VM Perkins Olimpian MWM Lister Cummins
81-100	4		Caterpillar
101-120	7	6	Perkins
121-140	10		Lister Detroit Perkins VM John Deer
141-160	5	6	John Deer
161-180	3	10.5	Detroit MWM
181-200	1		
201-220	1	15	Detroit
241-260	2		
261-300	1	15	Detroit
301-380	3	12	Cummins Detroit
381-420	2	15	Caterpillar
401-420	2	15	MAN Isotta



RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servicio	Marcas Existentes
521-540	2	16	Blackstone
561-580	1		Cummins
581-600	1	16	Detroit
661-680	1	16	Caterpillar
961-980	1		Detroit
981-1000	1		Cummins
1181-1200	1	16	Detroit



MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
Detroit	9	3924
Perkins	7	541
Cummins	5	2230
VM Marek	5	381
Caterpillar	5	1575
Lister	4	255
MWM	4	405
Blackstone	2	1060
Olimpian	2	120
John Deere	2	245
MAN	1	400
Isotta	1	410
SIN INFORM.	44	3015
TOTAL	91	14562

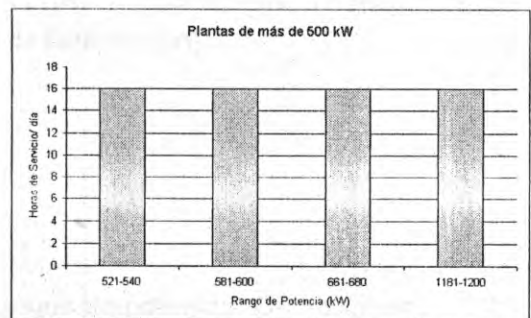
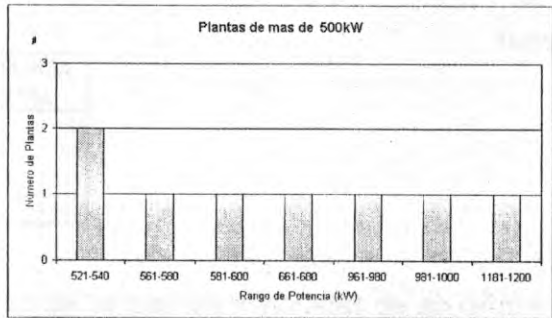


FIGURA 5 - 15 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Putumayo

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

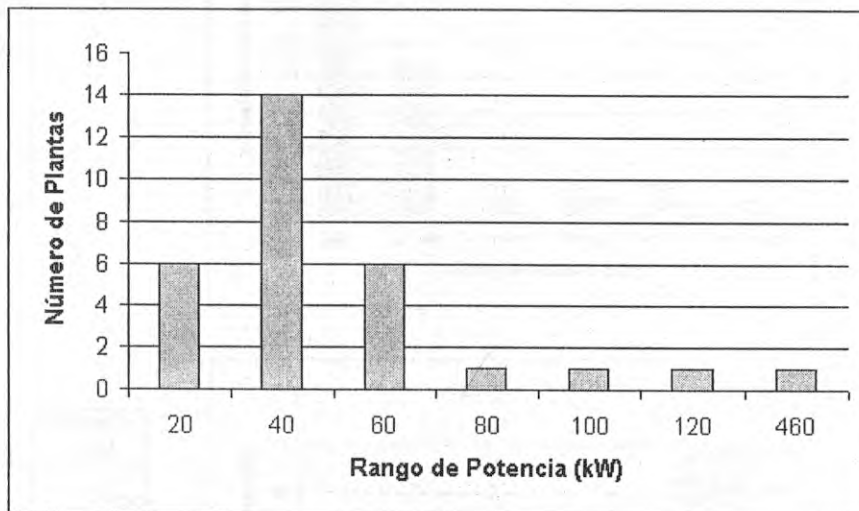
Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: VALLE
 No. de plantas 30
 Potencia Total Instalada: 1491
 Promedio Horas de Servicio: 0

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTA	Horas de Servic.	Marcas Existentes
0 - 20	6		
21 - 40	14		
41 - 60	6		
61 - 80	1		Cummins
81 - 100	1		Caterpillar
101 - 120	1		
441 - 460	1		



MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
Cummins	1	86
Caterpillar	1	64
SIN INFOR	28	1341
TOTAL	30	1491

FIGURA 5 - 16 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Valle

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

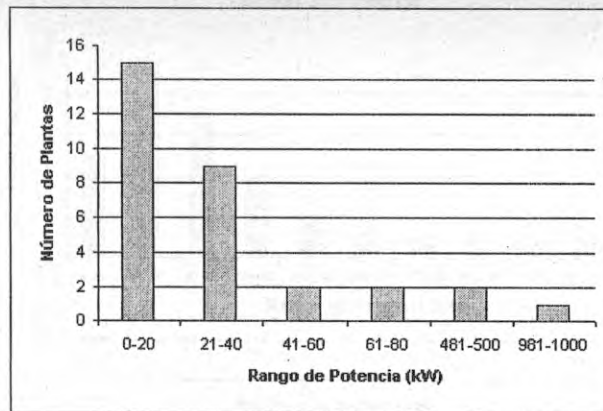
Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: VAUPES
 No. de plantas 31
 Potencia Total Instalada: 2847
 Promedio Horas de Servicio: 5.5

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTA	Horas de Servic.	Marcas Existentes
0-20	15		6 Blackstone
21-40	9		6 VM
41-60	2		0 Perkins
61-80	2		
481-500	2	10	Isotta
981-1000	1		Cummins



MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
VM -Mareli	7	231
Isota	2	1000
Blackstone	2	95
Perkins	1	56
Cummins	1	1000
SIN INFORM.	18	465
TOTAL	31	2847

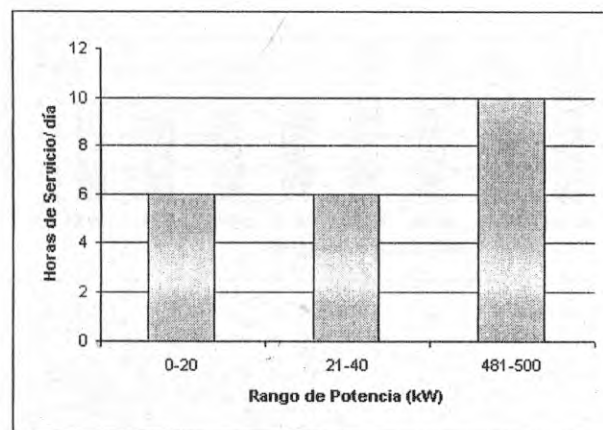


FIGURA 5 - 17 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Vaupés

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

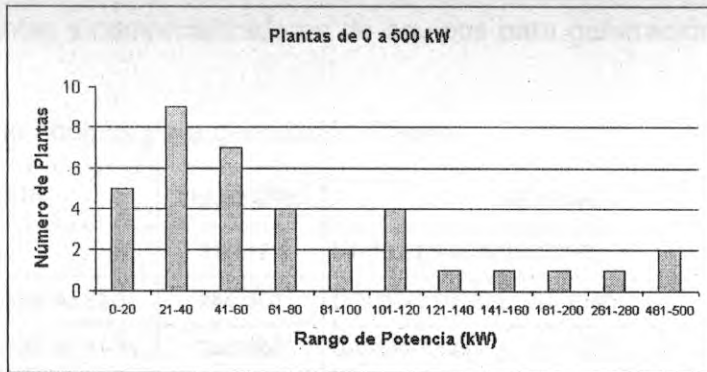
Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

DEPARTAMENTO: VICHADA
 No. de plantas: 41
 Potencia Total Instalada: 9077
 Promedio Horas de Servicio: 8.89

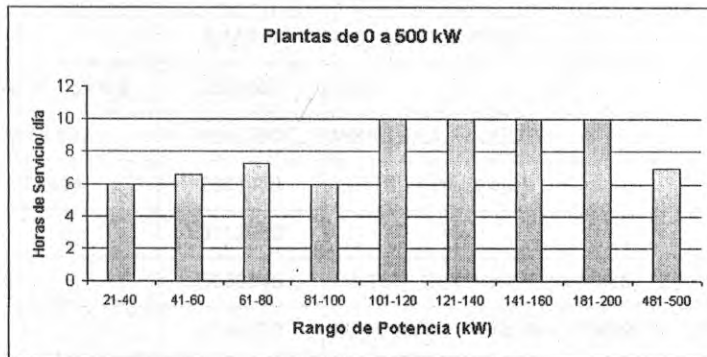
PLANTAS DE 0 A 500 kW

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servic.	Marcas Existentes
0-20	5		
21-40	9	6	VM Lister MWM Detroit
41-60	7	6.6	Detroit VM John Deer
61-80	4	7.25	Detroit
81-100	2	6	VM
101-120	4	10	Perkins VM General
121-140	1	10	John Deer
141-160	1	10	MAN
181-200	1	10	Cummins
261-280	1		VM
481-500	2	7	Perkins Isotta



PLANTAS DE MÁS DE 500 kW

RANGO DE POTENCIA	# DE PLANTAS	Horas de Servic.	Marcas Existentes
981-1000	2		Cummins
1241-1260	2	16	Cummins



MARCAS	# DE PLANTAS	POTENCIA TOTAL
VM- Marelli	8	745
Detroit	6	360
Lister	3	122
Cummins	3	2450
Isota	2	1400
Perkins	2	615
John Deere	2	185
MWM	1	36
EMA	1	2500
MAN	1	145
General	1	120
SIN INFOR	11	399
TOTAL	41	9077

FIGURA 5 - 18 Distribución de las plantas instaladas de acuerdo a rangos de potencia. Depto. Vichada

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

5.7 REPRESENTANTES EN COLOMBIA DE TECNOLOGÍA DIESEL

En la TABLA 5 - 8 se enumeran algunos de los representantes y comercializadores de equipos para generación Diesel localizados en Colombia.

TABLA 5 - 8 Comercializadores de equipos para generación Diesel

EMPRESA	GERENTE	DIRECCIÓN	TELÉFONO	MARCA
DIESELECTROS LTDA	Oscar Parada	Carrera 35 No 67-74	3114177	MIRRELES BLACKSTONE
STEWART & STEVENSON	Luis Felipe Casas	Avenida de las Américas No 32-31	2441900	DETROIT DIESEL, VM, EMD
GECOLSA	Alvaro Márquez	Avenida de las Américas No 41-31	3683900	CATERPILLAR
PLANTAS ELÉCTRICAS LTDA	Luis Antonio Parra	Carrera 26 No 8-36	3608040	PERKINS, CUMMINS, LISTER
LISTER PETTER DIESEL SA	Werner Bieler	Calle 13 No 59-61	4200277	LISTER, PERKINS
FERROSTAAL	José Huerga	Avenida El Dorado No 97-03 Int 2	2675670	MAN
WARTSILA NSD	Urbano Ardila	Avenida 19 No 118-30 Of 607	6293760	WARTSILA - SULZER - GMT
INVERSIONES LABRADOR	Paolo Sgro	Carrera 7ª No 32-33 Of 1404	2881466	ISOTTA FRASCHINI
ASERVIN SA	Fernando Arias	Carrera 38 No 78-25	3112799	
FG WILSON	Luis López	Calle 101 A No 54-65	5336848	LISTER, DETROIT, CUMMINS, PERKINS
AF ELECTRÓGENOS LTDA	Fernando Paez	Calle 73 No 45-05	2314390	MAN, MWM, PERKINS, CUMMINS, LISTER
GENSET LTDA	Francesco Ambrosi	Carrera 39 No 169-50	6693834	RUGGERINI
CUMANDES	Sergio Camacho	Avenida 81 No 119-39	4351511	CUMMINS

5.8 ANEXOS

El inventario que se mostró anteriormente es complementado con las TABLAS relacionadas a continuación, en donde se muestra la localización de las plantas dentro de cada uno de los departamentos.

NOTA:

En la columna "Clase" de las planillas, las siglas que aparecen tienen el siguiente significado:

- CM = Cabecera Municipal.
- CD = Corregimiento Departamental.
- IPD = Inspección de Policía Departamental.
- IPM = Inspección de Policía Municipal.
- IP = Inspección de Policía.
- C = Corregimiento.
- CAS = Caserío

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 9 Inventario de plantas diesel departamento : Amazonas

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
El Encanto	El Encanto	CD	33	VM - MARELLI	220	20	1800	6	Corregimiento	EEASA	
	Puerto Alegría	IP	33	VM - MARELLI	220	20	1800	6	Corregimiento	EEASA	
	San Rafael		75	PERKINS	220		1800	6			
La Chorrera	La Chorrera	CD	150	PERKINS	220		1800	6	Corregimiento	ICEL	
	Puerto Arica	IP	33	VM - MARELLI	220	20	1800		Corregimiento	EEASA	
	Providencia		60	PERKINS	220		1800				
La Pedrera	La Pedrera	CD	120	VM - MARELLI	220	72	1800	6 - 9	Corregimiento	ICEL	
			110	PERKINS	220	69	1800	6 - 9	Corregimiento	ICEL	
	Comeyafu		27,5	PERKINS	220						No Operación
Leticia	Leticia	CM	3040	GMT - ANS	4000	2800	514	24	EEASA	ICEL	En Servicio
			3040	GMT - ANS	4000	2800	514	24	EEASA	ICEL	En Servicio
			3040	GMT - ANS	4000	2800	514	24	EEASA	ICEL	En Servicio
			3040	GMT - ANS	4000		514		EEASA	ICEL	Fuera de Servicio
	Zaragoza	IP	60	PERKINS	220		1800	5	Inspección	ICEL	
	Santa Sofia	IP	60	VM-MARELLI	220	36	1800	6	Inspección	EEASA	
	San Martin de Amacayacu	IP	80	CUMMINS	220		1800	4		ICEL	
	San José del Río	IP	125	LISTER	220			4	Inspección	Municipio	Fuera de Servicio
	Isla Ronda		50	LISTER							
	Loma Linda		125	LISTER	220						
Macedonia		100	PERKINS	220							
Mocagua		60	PERKINS	220							

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 9 - Amazonas

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Palmeras Progreso La Milagrosa Puerto Triunfo Vergel Yaguas Providencia		275 275 28 28 275 272 60	PERKINS PERKINS LISTER IVECO PERKINS PERKINS PERKINS	220 220 220 220 220 220 220						Fuera de Servicio
Puerto Nariño	Puerto Nariño	CM	120	VM - MARELLI	220	72	1800	11	Municipio	ICEL	
			110	JOHN DEERE	220		1800	11	Municipio	ICEL	
			120	CATERPILLAR	220		1800	11	Municipio	ICEL	
	Boyauasu			80	CUMMINS	220					
	Naranjales			40	CUMMINS	220					
	Pozo Redondo			75	PERKINS	220					
	San Francisco			60	JOHN DEERE	220	8	4	Inspección	Municipio	
	San Juan de Atacuari	IP		33	VM - MARELLI	220	20	1800	6	Inspección	EEASA
Siete de Agosto	IP		33	VM - MARELLI	220	20	1800	6		EEASA	
Puerto Santander	Puerto Santander	CD	60	PERKINS	220		1800	6	Corregimiento	ICEL	
			33	VM-MARELLI	220		1800	6	Corregimiento	ICEL	
Miriti - Parana	Miriti	CD	40	PERKINS	220		1800				No Operación
	Puerto Remanzo		75	PERKINS	220						No Operación

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 9 - Amazonas

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Tarapaca	Tarapaca	CD	260	PERKINS	220		1800	6			
			113	CATERPILLAR	220		1800	6			
	Puerto Huila		60	VM-MARELLI	220		1800				Fuera de Servicio
	San Juan del Soco		40	PERKINS	220		1800				
	Ventura		40	MWM	220						Fuera de Servicio

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 10 Inventario de plantas diesel departamento : Antioquía

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Vigia del Fuerte	Vigia del Fuerte	CM	800								
	Briceño		16								
	Buchado	C	70								
	Loma		100								
	Murri (Playa)		56								
	Palo Blanco	C	15								
	Puerto Antioquia	C	15								
	Puerto Palacio		15								
	San Antonio de Padua	C	56								
	San Martín		23								
	San Miguel	C	37								
	Santa María		23								
	Vagaes		70								
	Villa Nueva		16								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 12 Inventario de plantas diesel departamento: Arauca

TABLA 5 - 11 Inventario de plantas diesel departamento : Arauca

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Arauca	Caracol	CM	72								
	Feliciano	IPM	35								
Araucuita	Campin	CM	100								
	Colonos		19								
	El Vigia		20								
	Panama de Arauca	IP	175								
	Pueblo Nuevo		95								
	Puerto Rico		22								
	San Miguel		19								
Santa Isabel		33									
Cravo Norte	Cravo Norte	CM	1600								
	Virgen	IPM	72								
Tame	Cabuya	CM	24								
	San Lope	IP	24								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 12 Inventario de plantas diesel departamento : Caqueta

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Cartagena del Chaira	Cartagena del Chaira	CM	145	MAN		87	1800	7	Municipio	ICEL	
			318	ISOTTA	220	191	1800	7	Municipio	ICEL	
			800	DETROIT	440				Municipio	ICEL	
	Cristales	IP	11	LISTER	220	10	1800	8	Inspección	ICEL	
	Remolino del Caugan	IPD	400	LISTER		240	1800	8	Inspección	ICEL	
	Santa Fe del Caugan	IPD	125								
	Peñas Coloradas	IP	36								
Solano	Solano	CM	150	CUMMINS		90	1800	15	Municipio	Municipio	Fuera de Servicio
	Araracuara	IPD	17	PERKINS	220		1800	4	Privado	Privado	
	Campo Alegre	IPD	20	LISTER		15	1800	3			
	Cuemani	IPD	20	LISTER		15	1800	3			
	Curiplaya	IPD	18	LISTER		14	1800	3			
	Danubio	IPD	24	LISTER		20	1800	3			
	Huitora	IPD	20	LISTER		15	1800	3			
	Mononguete	IP	40			32	1800				
	Peñas Blancas	IPD	20	LISTER		15	1800	3			
	Puerto Tejada	IP	40								
Solita	Solita	CM	113	LISTER		68	1800	8	Municipio	Municipio	
Belen Andaquies		CM									
	Los Aletones	IPD	11	LISTER	220	10	1800	8	Inspección	ICEL	
	Los Angeles	IPD	20	LISTER	220	10	1800		Inspección	ICEL	
	San Antonio		20								
	Sarabando Alto		20								
	Sarabando Medio		20								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 12 - Caqueta

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Florencia	Esperanza	CM									
	San Guillermo	IPM IPM	15 15	LISTER LISTER		12 12	1800 1800	3 3	Municipio Municipio		
Curillo	Salamina Puerto Valdivia	CM									
		IP IP	20 20	LISTER LISTER	220 220	15 15	1800 1800	8 8	Inspección Inspección	ICEL ICEL	
Doncello	Puerto Manrique Puerto Ungria Maguare	CM									
		IPD IPM	48 18	INTERN LISTER							
		IPD	30								
Milan	San Antonio de Getucha	CM									
		IP	580	DETROIT	220	232		2	Inspección	ICEL	
			75	LISTER	220	45	1800				
	Maticuru La Rastra	IPD IP	20 18	PERKINS LISTER	220 220	51 15	1800 1800	3 3	Inspección Inspección	Municipio Municipio	
		IPD	20	LISTER	220	17	1800	8	Inspección	ICEL	
Montañita	Estrella Mateguada El Triunfo	CM									
		IP	20	LISTER		15	1800		Inspección	ICEL	
		IPD	30	LISTER		25	1800	3			

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 12 - Caqueta

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES	
Paujil	Versalles	CM IPD	60									
Puerto Rico	Aguililla	CM IPD	30	LISTER		24	1800	3				
	Lusitania	IPD	30	LISTER		24	1800	3				
	Rionegro	IP	100									
	Santana Ramos	IPD	24	LISTER		20	1800	3				
San José de Fragua	Fraguita	CM IPD	16	LISTER	220	15	1800	8	Inspección	ICEL ICEL		
	Sabaleta	IP	97	PERKINS		58	1800					
	Yurayaco	IPD	150									
Valparaiso	Kilómetro 18	CM IP	50									
	Playa Rica	IPD	18									
	Santiago de la Selva	IPD	110									

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 13 Inventario de plantas de generación eléctrica

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
--------------------	-------	--------	-------	----------	---------	-----	-----------	----------	-------------	---------------

TABLA 5 - 12 - Caqueta

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
San Vicente del Caguan	CM									
	IPM	60	VM-MARELLI	220	36	1800	8	Inspección	ICEL	
		120		220						
		50								
		50								
		50								
	IPD	20								
	IPM	20								
	IP	50	PERKINS		30	1800				
	IPD	20								
	IPM	97	PERKINS		58	1800	8			
		120			220					
	IPM	100	PERKINS	220	60	1800	8	Inspección		
	56	LISTER		34	1800		Inspección	ICEL		
	18	LISTER		10	1800					
	20	LISTER	220	10	1800					

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 13 Inventario de plantas diesel departamento : Casanare

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Orocue	Orocue	CM	360	MAN	440		1800	24		Gobernación	
	Algarrobo	IP	70	KODAK	440		1800	24		Gobernación	
Paz de Ariporo	Paz de Ariporo	CM	55	JOHN DEERE							
	La Hermosa	C	54	JOHN DEERE	220	33	1800	3	Corregimiento	ICEL	
	Centro Gaitan	IP	55								
	Hermosa	C	54								
	Montaña del Totumo	IP	54	JOHN DEERE		33	1800	8		ICEL	
Rincón Hondo	IP	54	JOHN DEERE		33	1800	8		ICEL		
Hato Corozal		CM									
	La Frontera	IP	54	JOHN DEERE		33	1800	8		ICEL	
Mani		CM									
	Garibay		47								
	Gualfa pintado	C	75								
	Las Gaviotas	IP	54								
Santa Helena de Cusiva	IP	47									
Pore		CM									
	El Banco	IP	54	JOHN DEERE		33	1800	8		ICEL	
Trinidad		CM									
	Banco		54								
Villanueva		CM									
	Carbayona	IP	75								
	Santa Elena de Upia	IP	75								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 14 Inventario de plantas diesel departamento : Cauca

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Guapi	Guapi	CM	2100	EMD	440			16	Municipio	ICEL	
			750	CATERPILLAR	440			16	Municipio	ICEL	
			800	CUMMINS	440			16	Municipio	ICEL	
			1300	CATERPILLAR	440			16	Municipio	ICEL	
	San Antonio	IPD	50	FORD	220		1800			Municipio	
	Santa Clara		40	LISTER			1800				
	Atajo	IPD	40								
	Bagrero		15								
	Balsitas	IPD	60								
	Belen		60								
	Bellavista		40								
	Calle	IPD	15								
	Calle Larga		40								
	Carmelo	IPD	30	LISTER	220		1800			Municipio	
	Carmen		40								
	Chuare		40								
	Concepción	IPD	40	LISTER			1800			Municipio	
	Cascajero		40								
	Caucho		15								
	Chamon	IPD	60								
	Chicopore		40								
	Firme		30								
	Firme Chanzara	IPD	40								
Guabal	15										
Junta	IPD	40									
Limonas		110	PERKINS			1800		Municipio	ICEL		

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 14 - Cauca

NOMBRE TERRITORIAL		CLAS E	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Naranjo	IPD	60								
	Obregones		40								
	Parcelas		40								
	Pascualero		15								
	Playa Obregones		40								
	Quiroga Lado 1	IPD	40								
	Quiroga Lado 2	IPD	60								
	Roble		15								
	Rosario	IPD	40								
	San Agustin Guapi	IPD	15								
	San Agustin Napi	IPD	60								
	San Francisco	IP	40								
	San José	IPD	60								
	San Pio		15								
	San Miguel Pascualero		15								
	San Vicente	IPD	40								
	Santa Ana		25								
	Santa Rosa		40								
	Soledad	IPD	40								
	Viento Libre		20								
	Vuelta larga		40								
	Mantin	IPD	15								
López de Micay	López de Micay	CM	145	LISTER	220		1800		Municipio	ICEL	
	Betania	IPM	40								
	Dos Quebradas Naya	IPD	40								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 14 - Cauca

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Isla de Gallo		40								
	La Rotura		19								
	Noanamito	IPD	3	LISTER	220		1800				
	Playa Grande	IPD	40								
	San Antonio de Chuare	IPD	45								
	San Isidro	IPD	60								
	San Cruz de Sigui		19								
	Santa Cruz de Golondo		60								
	Zaragoza	IPD	19								
Timbiqui	Timbiqui	CM	235	DETROIT	220						
			352	VOLVO PENTA							
	Chacon	C	15								
	Angostura	C	11								
	Boca de Patia	C	120	JOHN DEERE			1800				
	Brazo Corto	IPD	15								
	Bubuey	C	15								
	Camarones	IPD	7	HATS		42	1800	4	Inspección	Municipio	
	Corozal	C	15	KOBATA		10	1800	5	Corregimiento	Municipio	
	Coteje	IPD	70								
	Cupi	IPD	60								
	Chete	C	60								
	El Charco	C	30								
	El Realito	IPD	30								
	Puerto Saija	IPD	110								
	San Bernardo	IPD	51								
	San Francisco		7	HATS		42	1800	4		Municipio	

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 15 Inventario de plantas de generación - Cauca

TABLA 5 - 14 - Cauca

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	San Isidro	IPD	110								
	San José		50								
	San Miguel del Río		15								
	Santa María	IPD	80								
	Santa Rosa	IPD	85								
Santa Rosa	Santa Rosa	CM	98								
	San Eduardo		35								
	San Juan de Villalobos	IPD	75								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 15 Inventario de plantas diesel departamento : Choco

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Acandi	Acandi	CM	275	DETROIT	440		1800	12	ESP	ICEL	
	Capurgana	IPD	150	DETROIT	220		1800	12	ESP	ICEL	
				115	PERKINS	220		1800	12	ESP	ICEL
	San Miguel Sapzurro	IP	9								
		C	60	VM-MARELLI PERKINS	220		1800 1800		Municipio	ICEL	
Alto Baudo	Pie de Pato	CM	150								
	Almendro	IP	27								
	Bellavista	CAS	80								
	Catru		80								
	Nauca	IPD	25								
	Puerto Echeverry Puerto Martinez		40 20								
Bahía Solano	Mecana	CM	580	DETROIT							
	Nabuga	IP	35								
	Cupica	IP	35								
	Punta Huina	CM	125	JOHN DEERE	220		1800				
		C	35								
	Valle	C	115	DETROIT PERKINS			1800 1800				
Bajo Baudo	Pizarro	CM	500	DETROIT							
			100	JOHN DEERE							
			320	CARTERPILLAR							

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 15 - Choco

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Arenal	C	35								
Baudocito	IP	15	LISTER		10	1800		Inspección	Municipio	
Bellavista		15								
Belén de Docampado	C	60	PERKINS		36	1800				
Beriguado	IP	10	LISTER		6	1800	3	Inspección	Municipio	
Boca de Pepe	C	125	JOHN DEERE							
Buenavista		12	LISTER		8	1800	4		Municipio	
Calle Mansa		12								
Cuevita	C	13								
Curundo	CAS	15								
Dotenedo	IP	16	YAMMAR		96	1800	4	Inspección	Municipio	
Guineal	C	16	LISTER		96	1800	4	Corregimiento	Municipio	
Isla de los Garcias		6								
Mochado		12								
Orpua	C	60	VM - MARELLI	220	36	1800	4	Corregimiento	ICEL	
Pavasa	C	33								
Pomeño		33								
Piliza	C	40	GENERAL		24	1800	4	Corregimiento	Municipio	
Usaraga	C	33	PERKINS			1800				
Punta Hijua	IP	33								
Puerto Adan	C	48								
Puerto Abadia	C	25	PERKINS			1800				
Puerto Bolivar		20								
Puerto Meluk Pacifico	C	6	HONDA			1800	4	Corregimiento	Municipio	
Puerto Meluk Baudo	C	16	HONDA			1800				
Puerto Olivia		18								
Puerto Viveros		33								
Querac	C	6	LISTER		36	1800	3	Corregimiento	Municipio	

Nombre Territorial	Clase	KW Nom	Marca	Volt Nom	KW Real	RPM	Horas Dia	Operador	Propietario	Observaciones
San José de Quera		15								
San Miguel Costa	C	9	LISTER		54	1800	4	Corregimiento	Municipio	
San Miguel de Baudo	C	6								
Santa Cecilia		16								
Sivirú	C	110	PERKINS			1800				
Terron		50								
Unión Pitalito		8	LISTER		48	1800	4		Municipio	
Usaraga	C	30	PERKINS		18	1800	3	Corregimiento	Municipio	
Valerio		6	LISTER		36	18	4	Corregimiento	Municipio	
Villa Colombia	C	33								
Villa Luz		25	PERKINS							
Villa María	CAS	15								
Virudó	C	70	PERKINS		42	1800				

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 15 - Choco

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES	
Bojaya		120	DETROIT	220		1800	7	ESP	ICEL		
		97	PERKINS	220		1800	7	ESP	ICEL		
		20									
		24									
		14									
		3	LISTER			18	1800	4	Comunidad	Comunidad	
		15									
		80	DETROIT			48	1800	6	Inspección		
		60	VM - MARELLI	220		36	1800	6	Inspección	ICEL	
		30	LISTER			18	1800		Corregimiento	Municipio	
		115	PERKINS			69	1800			ICEL	
		15	BLACKSTONE			9	1800		Corregimiento	Municipio	
		18	LISTER			11	1800	5	Inspección	Municipio	
		12									
	21										

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 15 - Choco

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Jurado	Jurado	CM	300	CUMMINS					Municipio	ICEL	
	Coredo	C	12	LISTER		7	1800	6	Corregimiento	Municipio	
	Curiche	C	12	LISTER			1800	6	Corregimiento	ICEL	
	Guarin	C	17	LISTER			1800	6	Corregimiento	Municipio	
	Piña	C	12								
	Punta Ardita	C	5	LISTER			1800	6	Corregimiento	Municipio	
Nuqui	Nuqui	CM	300	CUMMINS					Municipio		
	Tribuga	C	25	LISTER		18	1800	4	Corregimiento	Municipio	
	Arusi	C	110	PERKINS			1800				
	Coqui	C	40	PERKINS			1800				
	Jovi	C	50	PERKINS			1800				
	Jurubida	C	50	CATERPILLAR			1800				
	Panqui	C	50	PERKINS			1800	4	Corregimiento	Municipio	
	Apartado	CAS	21	PERKINS			1800				
Termales	C	27	PERKINS			1800					
Rio Sucio	Rio Sucio	CM	115	DETROIT					Municipio	ICEL	
	Domingodo	C	375	DETROIT	440		1800	12/14	Municipio	ICEL	
	Bocas de Curarado	C	18								
	La Honda	C	150								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 15 - Choco

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Loma	C	10	LISTER	220		1800		Inspección	ICEL	
	Mercedes	C	245								
	Naurita	IP	10								
	San José de Buey	C	14								
	Tagachi	C	60	VM-MARELLI			1800				
	Tambo	C	14								
	Tangui	C	54	PERKINS			1800				
	Winando	C	28								
Bagado	Engrivado	CM									
	La Sierra	IPD	20								
	Piedra Hov	IPD	15								
	Playa Bon	CAS	20								
	Salto	CAS	10								
Canton de San Pablo	Bocas de Jorodo	CM		LISTER			1800				
	Duana	CAS	135								
	Isla	CAS	15								
	Puerto Juan	CAS	135	LISTER			1800				
	Victoria	C	135	LISTER			1800				
Condoto	CM										
	Acoso	IP	12								
	Guamo	IP	15								
	Muriña	IP	16								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 15 - Choco

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Paso	C	12								
	Santa Ana	IPD	15								
	Santa Barbara	C	16								
	Santa Rita	IPD	50								
	Soledad de Tajuato		12								
	Unión		15								
Itsmina	Noanama	CM	90	PERKINS			1800				
	Panamacito	CAS	272	PERKINS			1800				
	Potodo	CAS	285	PERKINS			1800				
	San Cristobal		18								
	Unión Choco		18								
	Unión Waunaan		172	LISTER			1800				
Litoral del Bajo San Juan	Santa Genoveva de	CM	200								
	Burujon	CAS	50								
	Charambira	C	40								
	Chappien	CAS	9								
	Copoma	C	45								
	Corriente Palo	C	23								
	Cucurupi	C	50								
	Isla del Mono		25								
	Los Pereas	C	25								
	Munguido	C	45								
	Palestina	C	45								
Pangala	CAS	45									

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 15 Inventario de plantas de generación - Chocó

TABLA 5 - 15 - Choco

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Papayo	CAS	40								
	Pichima	C	24								
	Quebrada Pichima	C	40								
	Quicharo	CAS	18								
	San Bernardo		40								
	Taparal	C	45								
	Taparalito	CAS	18								
	Tio Cirilo	CAS	40								
	Togoroma	C	60								
	Unión Valsalito		4								
Lloro	Canalete	CM	12								
	El Llano		10								
	Las Hamacas	C	8	LISTER			1800				
	Nipurdu		10	KOBATA			1800				
	Ogodo		10	KOBATA			1800				
	San Jorge		40								
	Yarumal		15								
Novita	El Tigre	CM C	50								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 16 Inventario de plantas diesel departamento Guainia

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Puerto Inirida	Inirida	CM	637	ISOTTA		382	1200	16	Municipio	ICEL	En Servicio Fuera de Servicio En Servicio En Servicio
			900	ISOTTA		540	1200	16	Municipio	ICEL	
			1000	CUMMINS		460		16	?		
			1000	CUMMINS				16	?		
	Chorrobocon	CAS	1364								
	Coco		16								
	Guadalupe		16								
Barrancominas	Barrancominas Laguna Colorada Caranacoa	CD	120 40 40	VM-MARELLI	220	72	1800	6	Municipio	ICEL	
Puerto Colombia	Puerto Colombia	CD	50								
Cacahual	Cacahual	CD	33	VM-MARELLI	220	20	1800	6	Municipio	ICEL	
Tabaquen	Tabaquen	CD	60								
Morichal	Morichal	CD	33	VM-MARELLI	220	20	1800	6	Municipio	ICEL	
Pana Pana	Pana Pana Raudal Remanso Choquita	CD	50 63 50 210	LISTER							

Nombre Territorial	Clase	KW Nom	Marca	Volt Nom	KW Real	RPM	Horas Dia	Operador	Propietario	Observaciones
San Felipe	CD	60	VM-MARELLI	220	36	1800	6	Municipio	ICEL	
San Jose		60								
Santa Rita		34								
Berrocal		17								
Sejal		27								
Tonina		40								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

TABLA 5 - 17 Inventario de generadores de potencia por departamento - Guainia

TABLA 5 - 16 - Guainia

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
San Felipe	San Felipe	CD	60	VM-MARELLI	220	36	1800	6	Municipio	ICEL	
	San Jose		60								
	Santa Rita		34								
	Berrocal		17								
	Sejal		27								
	Tonina		40								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 17 Inventario de plantas diesel departamento : Guaviare

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
San José del Guaviare	San José del Guaviare	CM	1000	CUMMINS	440/220		1800	16	Departamento	ICEL	
			1000	CUMMINS	440/220		1800	16	Departamento	ICEL	
			1000	CUMMINS	440/220		1800	16	Departamento	ICEL	
			922	CUMMINS	440/220		1800	16	Departamento	ICEL	
			600	MAN	440/220			16	Departamento	ICEL	
			1000	CUMMINS	440/220		1800	16	Departamento	ICEL	
			922	CUMMINS	440/220		1800	16	Departamento	ICEL	
			600	MAN	440/220			16	Departamento	ICEL	
	Raudal del Guayabero		40								
	Cachicamo	IP	56								
	Carpa	IP	60	VM-MARELLI	220		1800				
	Charras	IP	75								
	Charrasquera		30								
	Florida II	IP	56	PERKINS		34	1800		Gobernación	ICEL	
	Guacamayas	IP	20								
	Morro		56	PERKINS		34	1800		Gobernación	ICEL	
	Panure		10								
	Puerto Arturo	IP	56	PERKINS		34	1800		Gobernación	ICEL	
	Puerto Ospina	IP	56	PERKINS		34	1800		Gobernación	ICEL	
	Puerto Nuevo	IP	42								
Guayabero	IP	60	VM-MARELLI	220	36	1800		Inspección	ICEL		
			56	PERKINS		34	1800		Inspección	ICEL	
Sabanas de la Fuga	IP	12									
San Francisco	IP	50									
Tomachipan	IP	80									
El Capricho	IP	60									

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 17 - Guaviare

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Calamar	Calamar	CM	500	DETROIT	240		1800	12	ESP	ICEL	
			280	BLACKSTON	240	166	1800	12	ESP	ICEL	
			265	VM-MARELLI	240		1800	12	ESP	ICEL	
El Retorno	El Retorno	CM	500	ISOTTA	220		1800	11/12	Municipio	ICEL	
			265	VM-MARELLI	220		1800	11/12	Municipio	ICEL	
			500	PERKINS	440		1800	11/12	Municipio	ICEL	
	Cerritos Fortaleza La Libertad	IPD	60	LISTER VM-MARELLI	220	21 72	1800	6 10	Inspección Inspección	ICEL ICEL	
			45								
	34	PERKINS		69		10	Inspección	ICEL			
	115										
60											
55	DETROIT		33				6	Inspección			
Miraflores	Miraflores	CM	500	CATERPILLAR	220		1800	12	ESP		
	Barranquillita	IPD	500	CATERPILLAR	220		1800	12	ESP		
	Buenos Aires		82								
	Caño Tigre	IPD	156								
	Lagos del Dorado		82								
	Pueblo Nuevo		175								
	Puerto Santander		132								
	Atauara		42								
	Lagos del Paso	32									
			42								

NO. DE IDENTIFICACION	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
1	MINMINAS	42								
2	DNP	63								
3	UPME	28								
4	CREG	21								
5	PNUD									

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 17 - MINHACIENDA de plantas de generación de energía

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
La Ye		42								
Puerto Nare,		63								
Puerto Monfort		28								
Vuelta Delalivio		21								

TABLA 5 - 17 - Guaviare

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
La Ye		42								
Puerto Nare,		63								
Puerto Monfort		28								
Vuelta Delalivio		21								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 18 Inventario de plantas diesel departamento : Meta

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES	
Mapiripan	Mapiripan	CM	200 250	CUMMINS CATERPILLAR	220		1800 1800	8	Municipio	Municipio		
	Buenos Aires		56	PERKINS		34	1800					
	Cooperativa		56	PERKINS		34	1800					
	Mielon	IP	33,6	LISTER								
	Puerto Siare		56	PERKINS		34	1800					
	Sardinata		56	PERKINS		34	1800			ICEL		
	Puerto Alvira	IPD	145 125 115	MAN Pegaso PERKINS		145 100 69	1800 1800 1800	3 3	Inspección Inspección Inspección	ICEL Comunidad ICEL		
La Uribe	La Julia	CM IPD	115	PERKINS		69	1800			ICEL		
	Puerto Concordia	CM	260	MAN		156	1800	10/12	ESP	ESP		
Puerto Concordia	Pororio	IPD	75	CATERPILLAR			1800	10/12	ESP	ESP		
	San Fernando		38	PERKINS			1800		Inspección	Municipio		
	Tienda Nueva		60									
			34									
Puerto Gaitan	Puerto Gaitan	CM	275 400 840	CUMMINS CATERPILLAR DETROIT	440 440 440		1800 1800 1800	8/9 8/9 8/9	ESP ESP ESP	Municipio Municipio Municipio		
		Planas	IPD	10	LISTER		6	1800				
		Porvenir	IPD	68								
	Puerto Trujillo	IP	115	PERKINS		69	1800			ICEL		

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 18 - Meta

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Puente Arimena San Miguel San Pedro de Arimena	IPD IPD	33 33 97	PERKINS		58				ICEL	
Puerto Rico Puerto Rico Barranco Colorado Chispas Lindosa Puerto Toledo Sardinata	CM	375 12 40 40 60 80	MAN F:G WILSON	480 220		1800	9/12	ESP Municipio	ICEL ICEL	
Macarena Macarena Catalina Recreo	CM	300 80 80		400						
El Calvario El Palmar San Agustin San Isidro Bajo San Luis de Laderas San Pedro San Rafael	CM	9 12 9 12 12 70								
Fuente de Oro Caño Blanco	CM	33								
Lejanias Angosturas del Guape	CM	25								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 18 - Meta

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Vista Hermosa		CM	268	CUMMINS MAN		160		8			
	Maracaibo Puerto Esperanza Piñalito	IPD	300 20 30 114		CATERPILLAR		68				Municipio
Uribe	La Julia	CM IPD	115	PERKINS						ICEL	
Cabuyaro	Cabuyaro	CM	120	DETROIT		72			Municipio	ICEL	

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 19 Inventario de plantas diesel departamento : Nariño

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
El Charco	El Charco	CM	150	CATERPILLAR	220		1800	8	ESP	Municipio	
			410	ISOTTA	220		1200	8	ESP	Municipio	
576	DETROIT		220		1800	8	ESP	Municipio			
	Arenal	C	40								
	Capilla	C	80								
	Balsal		30								
	Barranco		50								
	Brazo Seco		80								
	Bazan		120								
	Castigo		30								
	Cuil		40								
	Estero Martínez		40								
	Guayabal		50								
	Hojal		30								
	Hormiguero		80								
	Isadi		35								
	Laguna		30								
	Magdalena		30								
	Maiz Blanco		30								
	Mercedes		40								
	Morrito		30								
	Pambilero		30								
	Playa Grande		30								
	Pulbusa La Vega		40								
	Pulbusa (PN)	IPD	80								
	Rosario		80								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 19 - Nariño

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	San Francisco Taiga	IPD	25								
	San José	C	100								
	San Pedro		80								
	Santa Catalina		40								
	Santa Rosa		60								
	Seguihonda		40								
	Taija		60								
	Vanguela		80								
Francisco Pizarro	Sala Honda	CM	80	DETROIT	480		1800	8	ESP	Municipio	
	Hojas Blancas	C	5								
	Bajo San Ignacio		40	CHINA			1800	10	Comunidad	Comunidad	
	Balsal		10								
	Caimito		18								
	Novillal		16								
	Bocas de Ramos		15								
	Pajonal		8								
	Sala Hondita		5								
	San Pedro del Vino		20								
	Nueva Unión		5								
Vuelta del Gallo		12									
Mosquera	Mosquera	CM	145	MAN	220			1800	8/12	ICEL	
	Alto Guandida		5								
	Bocas de Guana	C	9								
	Caimitillal		12								
	Calabazal		35								
	Campo Alegre		15								
Cantil		12									

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 19 - Nariño

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES		
	Cocal de Jiménez	IPD	12	LISTER									
	Cocal Payanes		13										
	El Bajito		32										
	El Garcero		13										
	El Porvenir		16										
	Firme Cifuentes		CAS									35	
	Lagartera		15										
	Miel de Abeja		12										
	Pampa Chapila		13										
	Pampa Quiñones		10										
	Playa Nueva		13										
	Pueblo Nuevo		C									13	
	Quiñones*Chapila		15										
	Tasquita		13										
Olaya Herrera	Bocas de Satinga	CM	110	DETROIT	440		1800	8/9	Municipio	ICEL			
			120	DETROIT	440							1800	8/9
			115	PERKINS	440							1800	8/9
	San José Calabazal	IPD	35	LISTER		54	1800	6	Municipio				
	Alto Merizalde	9											
	Alto San Antonio	6											
	Bajo Merizalde I	56	PERKINS								336	1800	
	Bajo Merizalde II	19	LISTER								114	1800	6
	Bajo Soledad	4											
	Balsa	7											
Barbacohita	8												
Bellavista	IPD	4					Municipio						

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 19 - Nariño

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Bella Unión		8								
Boca del Brazo		10								
Bocas de Canal		7								
Bocas de Prieto		7								
Cañas		5								
Carolina		12								
Carmen		25								
Cedro		17								
El Hojal		6								
Herradura		25								
La Loma		6								
La Florida		6								
Limonas		12								
Marías ²	IPD	76								
Naranjal		8								
Orital		7								
Playa Blanca		8								
Porvenir		16								
San José - La Turbia		16								
San José de Robles		7								
San Isidro		5								
Soledad		8								
Tangare de las Flores		8								
Tangareal		6								
Tolita		8								
Travesia		17								
Vivera		7								
Vuelta Larga		7								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 19 - Nariño

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Zapangue		7								
	Zapotal		6								
Santa Barbara	Iscuande	CM	140	DETROIT PERKINS INTERNATIONAL	220		1800	6	Municipio	ICEL	
			110				1800				
			125				1800				
	Barbudita		35								
	Bellavista		30								
	Chico Pérez		75	LISTER		1800					
	Cuerbal		4			1800					
	Domingos		50								
	El Alto		40								
	El Papayo		30								
	Juanchillo	4	LISTER	1800							
	La Ensenada	60									
	Las Marías	8	LISTER	1800							
	Palomino	C	124	LISTER	1800						
	Playa Grande Arriba		25	PERKINS	1800						
	Playa Grande Abajo	50									
	Santa Rita	192	LISTER	1800							
	Santa Rosa	40									
	Secadero	50									
	Soledad Pueblito	70									
Vuelta Larga	60										
Isla del Gallo	C	40									

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 19 - Nariño

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
La Tola	La Tola	CM	120	GENERAL	220		1800	6/9	ESP	ICEL	
	Barro Caliente	IP	30								
	Aguacatal	C	5								
	Amarales		34								
	Delicias		15								
	Mulatos	C	50								
	Panza Moza		15								
	Pueblito		12								
	Panga Moza	C	13								
	San Pablo de la Tola	C	8								
	Secadero		4								
Vigia		34									
Tumaco	Albania	CM	27	VM-MARELLI	220	36	1800	6	Comunidad	ICEL	
	Alto Buenos Aires		27								
	Alto Santo Domingo		40								
	Andubi Rosario		23								
	Bajo Buenos Aires		23								
	Bajo Zapotal		27								
	Barrocolorado	C	23								
	Bellavista Mejicano		45								
	Bocas de Cajapi		30								
	Bocas de Curay	C	60								
	Bocas de Pilbo		16								
	Brava		27								
	Cabo Manglares	C	23								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 19 - Nariño

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Cacagual Mira	C	23								
Caleta Viento Libre	C	23								
Candelilla del Mar		40								
Carlosama		30								
Chajal	IPD	250								
Chapilar		40								
Chapul	C	27								
Chontal		40								
Chorrera	C	27								
Colorado Las Mercedes		40								
Congal		25								
Corriente Grande Rosario	C	40								
Cuarazanga		40								
Estero San Vicente		23								
Firme de los Coimes		23								
Guachal Costa		40								
Guachiri		23								
Guadual Chagui		23								
Guaval Gualajo		23								
Guayabo Mejicano		40								
Imbili La Vega		40								
Imbili del Carmen	C	40								
Isla Grande Mira		23								
Jagua		40								
La Balsa		23								
La Honda	IPD	23								
Las Sirenas	C	18								
Las Mercedes Rio Chagui		40								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANG-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 19 - Nariño

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Llanaje	IPD	31								
Majagual Costa	C	18								
Mascaray	IPD	15								
Mata del Platano		30								
Milagros	IPD	40								
Mirapalma	IPD	40								
Nerete		23								
Nueva Creación		23								
Nueva Vista		28								
Olivo Curay		40								
Pacora		23								
Palambi	C	75								
Papayal Playa		40								
Peña Colorada	IPD	60	VM-MARELLI	220	36	1800	6	Inspección	ICEL	
Pital de la Costa		60								
Playa Mira		23								
Puerto Palma		27								
Restrepo		18								
Retorno		8								
Salisvi	IPD	40								
San Agustín (Rio Gualajo)		40								
San Agustín (Riomira)		30								
San Antonio Progreso	IPD	27								
San Juan de la Costa		200	WILSON	440	200			Inspección	ICEL	
San Pedro		16								
San Sebastian de Belc	IPD	27								
Santa María	IP	18								
Santa Rosa Mejicana	C	40								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 19 - Nariño

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Santo Domingo	IPD	40	VM - MARELLI	220	36	1800	6	Comunidad	ICEL	
	Santo Domingo El Progreso		30								
	Soledad Curay	C	23								
	Tablones dulces		40								
	Tambillo	IPD	23								
	Tanga Real del Mira	C	60								
	Teran	C	20								
	Vaqueria		43								
	Vuelta Larga	C	60								
	Yanovi		60								
Barbacoas	Brazos	CM									
	Buena Vista	IPM	30								
	Carcuel	IPD	60								
	Cargazol		60								
	Cartagua		70								
	Cascajero		30								
	Cruces		70								
	Diaguillo	C	40								
	Guinulte	IPM	70								
	Inguambi		70								
	Limonos		40								
	Mongon		30								
	Nambi	IPD	60								
	Palacios	CAS	50								
	Pambana		40								
Peña	IPD	50									
			45								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 19 - Nariño

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Pimbi	IPD	30								
	Playa		70								
	Recodo		45								
	Soledad	IPD	40								
	Telpi	IPD	30								
	Teraimbe	IPM	9								
	Yacula	IPM	50								
Roberto Payan	Bocas de Papi	CM	5								
	Bocas de Telembi		50								
	Builde		75								
	El Carmen		8								
	Chafalote		30								
	Chimbuza		8								
	Conquista		6								
	Gómez	CAS	10								
	Guacuco Patia		10								
	Limonos	IPD	5								
	Los Builides		6								
	Nerete		7								
	Naranjito		6								
	Panga	IPD	35								
	Papi La Lama		5								
	Papi La Playa		5								
	Pasto		5								
	Pinde		22								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 19 - Nariño

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Pumalde		6								
	Pumbi Las Lajas	C	8								
	Palo Seco	CAS	35								
	San Antonio	IPD	50								
	Sande		5								
	Yalte		6								
	Zapotal		6								
Magui Payan	Payan	CM	81	VM-MARELLI			1800		Municipio	ICEL	
	Aurora		10								
	Bolivar	C	50								
	Brisas de Hamburgo		50								
	Gualpi	IP	45								
	Nansalbid	IPM	64								
	Playa		11								
	Playon		30								
	Ricaurte	C	48	Sambo							

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 20 Inventario de plantas diesel departamento : Putumayo

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES	
Puerto Leguizamo	Puerto Leguizamo	CM	530	BLACKSTONE	440			16	Municipio	ICEL		
			530	BLACKSTONE	440		900	16	Municipio	ICEL		
			600	DETROIT	220		1800	16	Municipio	ICEL		
			570	CUMMINS					Municipio	ICEL		
			965	DETROIT	440		1800		Municipio	ICEL		
	Puerto Ospina	IP	60	VM-MARELLI	220	36	1800	6	Inspección	ICEL		
			60	PERKINS	220	36				ICEL		
	Delicias Mecaya Nueva Apaya Piñuña Negro Puerto Nariño Refugio Sensella Tagua	IP	20									
			37									
			27									
			125									
			31									
			25									
			30	CAS								
115	IP		LISTER		69			Inspección	Gobernación			
120			DETROIT				Inspección	Gobernación				
Puerto Asis	Puerto Colombia	CAS	26									
			15									
			100									
			35									
			97		PERKINS	58					ICEL	
			36	C								
			25	IP								
			30	IP		LISTER	18				ICEL	
			175								ICEL	

(Faint, illegible table content)

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 20 - Putumayo

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES		
Orito	Orito	CM	150	DETROIT	440			15					
			250	DETROIT	440	200		15		Municipio	Municipio		
			410	ISOTTA	440	328	1200	15		Municipio	ICEL		
			300	CUMMINS	440	270		15		Municipio	Municipio		
			300	CUMMINS	440	285		15		Municipio	Municipio		
			375	CATERPILLAR	440	300		15		Municipio	Municipio		
			375	CATERPILLAR	440			15		Municipio	Municipio		
			400	MAN						Municipio	Municipio		
			1000	CUMMINS	440					Municipio	ICEL		
			Buenos Aires		185								
			Caldero		25								
			Jardines de Sucumbios	IPM	115	PERKINS		69				ICEL	
			Las Delicias		35								
			Libano		30								
			Lucitania	IP	24								
Portugal	IP	22											
San Vicente		30											
Simón Bolivar		35											
Tesalia	IPM	97	PERKINS		58				ICEL				
Siberia		60											
Paraiso		100											
Mocoa	Condagua	CM											
		IP	60	VM-MARELLI	220	15	1800	6	Inspección	ICEL			
		IP	60	VM-MARELLI	220	18	1800	6	Inspección	ICEL			
	Yunguillo												

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 20 - Putumayo

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES	
Puerto Guzman	Puerto Guzman	CM	300	DETROIT				6		ICEL		
	Bombon		20									
	Cedro Mangalpa	IP	60	CUMMINS	240			6		ICEL		
	Gallinazo	IP	30									
	Galilea	IP	4									
	Juano	IP	75									
	José María	IP	60	OLIMPIAN				6		ICEL		
				75	CATERPILLAR	240						
	Mayoyoque	IP	81	VM-MARELLI	240	20	1800	6	Inspección	ICEL		
	Patria		30									
Puerto Rosario†	IP	60	OLIMPIAN						ICEL			
San Roque	IP	56	PERKINS				3					
			75	CATERPILLAR				3		ICEL		
Santa Lucia	IP	60	PERKINS	220			6		ICEL			
San Miguel	La Dorada	CM	300	DETROIT	220			6	Municipio	ICEL		
	Afilador		30									
	Puerto Colon de San Miguel		150	MWM	220				Inspección	ICEL		
			120	VM-MARELLI	220		1800	6	Inspección	ICEL		
Valle del Guamuez	Hormiga	CM	1200	DETROIT	440	720		16	Municipio	ICEL		
			675	CATERPILLAR	440	405	16					
				152	MWM				Municipio	ICEL		
	Brisas			96								
	El Cairo			110								
Concordia			125									

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 20 - Putumayo

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Delicias		110								
Esmeralda		110								
Jordan de G		72								
Loro Uno		134								
Los Angeles		250								
Maraveles		56								
Palestina		134								
Palmira		110								
Placer	IP	125	JOHN DEERE	240	75			Inspección	ICEL	
El Rosal		56	PERKINS		34					
San Antonio	IP	96								
San Isidro		110								
El Tigre	IP	52	MWM	240	31		6	Inspección	ICEL	
		52	MWM	240	31			Inspección	ICEL	
Villa Garzón	CM	60								
Albania		60								
Cofania		60	LISTER	220						
Villa Flor	IP	39	DETROIT							
Puerto Umbria	IP	50	LISTER	220				Inspección	Gobernación	
		120	JOHN DEERE	220				Inspección	Gobernación	

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 21 Inventario de plantas diesel departamento : Valle del Cauca

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Buenaventura		CM									
	Aragon		40								
	Cabecera	IPD	15								
	Calle Honda	C	12								
	Contra		28								
	Concepción	IPD	50								
	Barcos	C	25								
	Barranco		25								
	Juntas		50								
	Llano	IPD	28								
	Mayorquin	C	86	CATERPILLAR			1800				
	Pastico	IPD	25								
	Papayo		8								
	Plata	IPD	25								
	Pital	C	50								
	Punta Bonita		50								
	Punta Soldado	IPD	115								
	Puerto Merizalde	IPD	454								
	Puerto Valencia		25								
	San Antonio Cajambre		28								
	San Antonio	C	64	CUMMINS			1800				
	Yurumangui										
	San Francisco	IPD	25								
	San Francisco del Naya	IPD	34								
	San Isidro	IPD	50								
	San José de Yurumangui		28								
	San José de Anchicaya		28								
	San Pablo Cajambre		18								

TABLA 5 - 21 - Valle del Cauca

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
San Pedro	C	12								
Silva	IPD	18								
Tigre	C	25								
Veneral	IPD	50								

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 22 Inventario de plantas diesel departamento : Vaupes

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES	
Caruru	Caruru	CM	33	VM-MARELLI	220	20	1800		Municipio	ICEL		
			75	BLACKSTONE		45				Municipio		ICEL
			56	PERKINS	220	34						
			80									
Taraira	Taraira	CM	33	VM-MARELLI	220	20	1800		Municipio	ICEL		
Yavarate	Yavarate	CD	50									
Mitu	Mitu	CM	500	ISOTTA		275	1200	10		ICEL	En Servicio	
			500	ISOTTA		200	1200	10		ICEL		
			1000	CUMMINS								
		Acaricuara	C	20	BLACKSTONE		12		6			
				33	VM-MARELLI	220	20	1800			ICEL	
		Arara		20								
		Bocas de Y		20								
		Bocoa		15								
		Caño Azul		20								
		Macaquiño		20								
		Mandi		20								
		Monforth		33	VM-MARELLI	220	20	1800	6		ICEL	
		Piracuara		33	VM-MARELLI	220	20	1800			ICEL	
		Piramiri		20								
		S Gerardo		20								
	Tapurucuara		35									
	Tiquie	IP	40									
	Villa Fatima	C	20									

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 22 - Vaupes

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
	Virabaru Wacuraba Wainambi Yacayaca Yapu Teresita		20 20 5 20 20 33	VM-MARELLI	220	20	1800	6		ICEL	
Pacoa	Pacoa	CD	33	VM-MARELLI	220	20	1800	6	Corregimiento	ICEL	

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 5 - 23 Inventario de plantas diesel departamento Vichada

NOMBRE TERRITORIAL		CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES
Cumaribo	Cumaribo	CM	55	DETROIT	220		1800	8	Municipio	ICEL	
			33	VM-MARELLI	220		1800	8	Municipio	ICEL	
	El Viento	CAS	70	LISTER				6			
	Chaparral		65								
	Chupabe	IP	55								
	El Placer		45								
	Guanape		30								
	Puerto Principe		100								
La Primavera	La Primavera	CM	265	VM-MARELLI			1800	7	Municipio	ESP	
			500	PERKINS	440		1800	7	Municipio	ESP	
			80	DETROIT	440		1800	7	Municipio	ESP	
	Campo Alegre		12								
	Camuara		12								
	Matiyure		12								
	Nueva Antioquia		55	DETROIT		33		6			
	Santa Barbara	IP	60	VM-MARELLI	220	36	1800	6		ICEL	
			30	LISTER		18					
Santa Rosalia	Santa Rosalia	CM	125	JOHN DEERE	220		1800	10	ESP	ICEL	En Servicio
			115	PERKINS	220		1800	10	ESP	ESP	
			80	DETROIT	220	48	1800	10	ESP	ESP	
			120	VM-MARELLI	220	72	1800	10	ESP	ESP	
		Guacacias	IP	33	VM-MARELLI	220	20	1800		Inspección	
Santa Rita	Santa Rita	CD	35	DETROIT	220	21	1800	5	Corregimiento	ICEL	
			33	VM-MARELLI	220	20	1800	5	Corregimiento	ICEL	

Clase	Nombre	Clase	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES				
CM	Amanaven		22	LISTER		14		6							
	Puerto Nariño		36	MWM		22									
	Puerto Carreño		1250	CUMMINS		220		72				1800	10	ICEL	
	Casuarito		2500	EMD											
			900	ISOTTA											
500		ISOTTA													
Garcitas	1000	CUMMINS	220	72	1800	10	ICEL								
	120	VM-MARELLI													
	145	MAN													
Venturosa	200	CUMMINS													
	18														
			30												

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

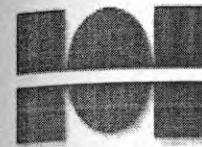
UPME

CREG

PNUD

TABLA 5 - 23 - Vichada

NOMBRE TERRITORIAL	CLASE	KW NOM	MARCA	VOLT NOM	KW REAL	RPM	HORAS DIA	OPERADOR	PROPIETARIO	OBSERVACIONES	
Amanaven		22	LISTER		14		6				
Puerto Nariño		36	MWM		22						
Puerto Carreño	CM	1250	CUMMINS	220	72	1800	16	ICEL		En Servicio	
		2500	EMD				16				En Servicio
		900	ISOTTA				1200				Fuera de Servicio
		500	ISOTTA				1200				Fuera de Servicio
		1000	CUMMINS								En Servicio
Casuarito	C	120	VM-MARELLI	220	72	1800	10	ICEL		Fuera de Servicio	
		145	MAN				10				Fuera de Servicio
		200	CUMMINS				10				En Servicio
Garcitas		18									
Venturosa		30									
San José de Ocune	CD	55	DETROIT	220	48	1800	6	Municipio	ICEL		
		81	VM-MARELLI				6				En Servicio
		120	GENERAL								
Palmarito		60	JOHN DEERE		48		6		ICEL		



UPM

CREG

PNUD

ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN ESTRUCTURAL,
INSTITUCIONAL Y FINANCIERO, QUE PERMITA EL
ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS, CON PARTICIPACIÓN DE LAS
COMUNIDADES Y EL SECTOR PRIVADO

**TOMO II
OFERTA ENERGÉTICA**

**CAPITULO 6
COMBUSTIBLES DERIVADOS DEL PETRÓLEO**

DOCUMENTO N° : ANÇ-375-09

REVISION 00

Santa Fe de Bogotá, 5 de mayo de 2000



glor Bailly

dene
CONSULTORIA S.A.

TABLA DE CONTENIDO

6.	COMBUSTIBLES DERIVADOS DEL PETRÓLEO.....	5
6.1	GENERALIDADES	5
6.1.1	Exploración petrolera	6
6.1.2	Explotación petrolera	9
6.1.3	Transporte de productos.....	13
6.1.4	Refinación del petróleo	17
6.2	SUMINISTRO DE PRODUCTOS A LAS ZNI	20
6.3	PRINCIPALES PRODUCTOS MANEJADOS EN LAS ZNI	21
6.3.1	Gasolina motor	22
6.3.1.1	Descripción	22
6.3.1.2	Usos principales	22
6.3.1.3	Modalidad de venta	22
6.3.1.4	Características.....	22
6.3.1.5	Costo	23
6.3.2	Aceite Combustible Para Motor - ACPM (Diesel o Fuel Oil No. 2)	23
6.3.2.1	Descripción.....	23
6.3.2.2	Usos principales	23
6.3.2.3	Modalidad de venta	23
6.3.2.4	Características.....	23
6.3.2.5	Costo	24
6.3.3	Bencina.....	24
6.3.3.1	Descripción.....	24
6.3.3.2	Usos principales	24
6.3.3.3	Modalidad de venta	24
6.3.3.4	Características.....	24
6.3.3.5	Costo	25
6.3.4	Turbocombustible (Jet - A).....	25
6.3.4.1	Descripción.....	25
6.3.4.2	Usos principales	25
6.3.4.3	Modalidad de venta	25
6.3.4.4	Características.....	25
6.3.4.5	Costo	26
6.3.5	Queroseno.....	26
6.3.5.1	Descripción.....	26
6.3.5.2	Usos principales	26
6.3.5.3	Modalidad de venta	26
6.3.5.4	Características.....	26
6.3.5.5	Costo	26
6.3.6	Fuel Oil No. 6 - Combustóleo.....	27
6.3.6.1	Descripción.....	27
6.3.6.2	Usos principales	27
6.3.6.3	Modalidad de venta	27

	MINHACIENDA	DNP	MINMINAS	UPME	CREG	PNUD
6.3.6.4						
6.3.6.5						
6.3.7						
6.3.7.1						
6.3.7.2						
6.3.7.3						
6.3.7.4						
6.3.7.5						
6.4						
6.5						
6.6						
6.7						
6.8						
6.9						

LISTA DE TABLAS

TABLA 6 - 1 Estado de las tierras a diciembre 31 de 1998	7
TABLA 6 - 2 Pozos exploratorios por tipo (en Asociación 1998).....	9
TABLA 6 - 3 Producción nacional de crudo 1998 (BOPD).....	12
TABLA 6 - 4 Red nacional de transporte a Diciembre de 1998 (km)	13
TABLA 6 - 5 Propiedades de la gasolina motor	23
TABLA 6 - 6 Propiedades del ACPM	23
TABLA 6 - 7 Propiedades de la bencina.....	24
TABLA 6 - 8 Propiedades del turbocombustible	25
TABLA 6 - 9 Propiedades del querosene	26
TABLA 6 - 10 Propiedades del Fuel Oil No. 6.....	27
TABLA 6 - 11 Propiedades de la bencina.....	28

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 6 - 1 Cuencas sedimentarias de Colombia.....	8
FIGURA 6 - 2 Mapa de pozos exploratorios	10
FIGURA 6 - 3 Balancín o machín	11
FIGURA 6 - 4 Tanques de almacenamiento de petróleo	11
FIGURA 6 - 5 Reservas de petróleo remanentes (Mbls)	12
FIGURA 6 - 6 Reservas de gas remanentes (Gpcs).....	12
FIGURA 6 - 7 Red nacional de oleoductos	14
FIGURA 6 - 8 Red nacional de poliductos	15
FIGURA 6 - 9 Red nacional de gasoductos.....	16
FIGURA 6 - 10 Ubicación de las refinerías de Colombia	18
FIGURA 6 - 11 Esquema general del recorrido que hace el petróleo desde el pozo productor hasta la refinería.....	19
FIGURA 6 - 12 Cuadro general del proceso de refinación del petróleo	19

6. COMBUSTIBLES DERIVADOS DEL PETRÓLEO

Los derivados del petróleo son los combustibles de utilización más generalizada a nivel mundial. Estos son productos del proceso de refinación al que es sometido el petróleo, recurso natural no renovable, considerado el energético más importante del mundo contemporáneo y motor del desarrollo industrial y tecnológico.

El presente capítulo se ha dado en razón a la necesidad de conocer el suministro de combustibles a las Zonas No Interconectadas, ya que en algunas de estas zonas, en donde el servicio de energía eléctrica existe en la actualidad, la generación de la misma se realiza por medio de máquinas Diesel.

Para permitir una comprensión completa del cómo son llevados los derivados a estas zonas aisladas, se ha realizado una descripción de las etapas iniciales que se han de desarrollar antes de iniciar la explotación del petróleo y una descripción general del proceso de refinación del mismo en donde se obtienen los diferentes derivados.

Posteriormente se describen los medios que son utilizados para transportar los derivados a las diferentes zonas. Este transporte hasta estas regiones, termina muchas ocasiones en plantas de abasto, las cuales son lugares que tienen una capacidad de almacenamiento superior a 5.000 galones y de allí se distribuye por medio de minoristas.

De acuerdo a esta distribución y a las características particulares de cada región, se realiza un análisis de la disponibilidad y confiabilidad de productos y se hace referencia, de una manera sencilla, al problema que golpea a casi todas estas regiones: el contrabando.

6.1 GENERALIDADES

El petróleo es una mezcla en la coexisten en fases sólida, líquida y gaseosa compuestos denominados hidrocarburos, constituidos por átomos de carbono e hidrógeno y pequeñas proporciones de heterocompuestos con presencia de nitrógeno, azufre, oxígeno y algunos metales, encontrándose en forma natural en depósitos de roca sedimentaria. Su color varía entre ámbar y negro.

En su estado natural se le atribuye un valor mineral, siendo susceptible de generar, a través de procesos de transformación industrial, productos de alto valor, como son los combustibles, lubricantes, ceras, solventes y otros derivados petroquímicos.

El petróleo no se encuentra distribuido de manera uniforme en el subsuelo, siendo necesario reunir cuatro condiciones básicas para que este se acumule:

- Debe existir una roca permeable de forma tal que bajo presión el petróleo pueda moverse a través de los poros microscópicos de la roca.
- La presencia de una roca impermeable, que evite la fuga del aceite y gas hacia la superficie.
- El yacimiento debe comportarse como una trampa, ya que las rocas impermeables deben encontrarse dispuestas de tal forma que no existan movimientos laterales de fuga de hidrocarburos.
- Debe existir material orgánico suficiente y necesario para convertirse en petróleo por efecto de la presión y temperatura que predomine en el yacimiento.

6.1.1 Exploración petrolera

La exploración petrolífera consiste básicamente en la localización de las capas de roca sedimentaria que puedan estar en el subsuelo mediante métodos geológicos y geofísicos. La información que se obtiene de todos análisis es objeto de interpretación científica computarizada en los centro geológicos y geofísicos de las empresas petroleras, y de ella se infiere qué zonas pueden contener mantos con depósitos de hidrocarburos y donde se deben perforar pozos exploratorios para confirmarlo.

En Colombia existe la Empresa Colombiana de Petróleos- ECOPEPETROL, la cual es la encargada de explotar, extraer, transformar y comercializar los recursos hidrocarburíferos a su disposición y realizar la investigación científica y tecnológica necesaria para sus fines.

ECOPEPETROL asigna las áreas de exploración a través de sistemas que combinan la contratación directa y licitaciones o concursos. Para lograr explorar el potencial petrolífero colombiano, es necesaria la participación creciente de capital privado, nacional o extranjero, por ello, ECOPEPETROL mantiene en incremento permanente el portafolio de compañías mediante la promoción de mecanismos diversos de contratación que permiten flexibilizar los términos de los negocios en función de riesgos y tamaños de los campos esperados. -

Estos sistemas de contratación son:

- Contrato de Asociación por adhesión.
- Contrato de Asociación para áreas inactivas.
- Contrato de Riesgo Compartido en áreas de Ecopetrol.
- Contrato para áreas con potencial para campos pequeños.

El área continental de Colombia es aproximadamente de 114 millones de hectáreas, en la actualidad ECOPEPETROL, directa o indirectamente, se encuentra realizando exploraciones en 17.378.074 Ha¹. Las tierras de Colombia se encuentran exploradas de diferentes formas: directamente por Ecopetrol, en contratos de Asociación o de Concesión. La distribución de las diferentes cuencas sedimentarias se aprecia en la FIGURA 6 - 1 y el la TABLA 6 - 1.

TABLA 6 - 1 Estado de las tierras a diciembre 31 de 1998

CUENCA	ÁREA SEDIMENTARIA (kha)	Ecopetrol (kha)	Contratos de asociación (kha)	Contratos de Concesión (kha)	Área Libre
Valle superior	1450	483	1290	208	-323
Valle medio	3210	454	1690	15	1067
Valle inferior	4160	75	5258		-1173
Catatumbo	735	76	283		376
Chocó	12094				12094
Guajira	4905		5141		-236
Amazonas	16940				16940
Cesar-Ranchería	1165		577		588
Cordillera oriental	5275	357	501		4417
Cauca- Patía	1275				1275
Putumayo	2990	107	849		2034
Llanos orientales	20760	428	2416	31	17916
Sinú- San Jacinto	7081				
Caguán- Yari	14020				
Caribe- NW	7585				
TOTAL	103645	1980	18005	25427	83661

Fuente: Estadísticas de la industria petrolera, Ecopetrol. 1998

¹ Estadísticas de la industria petrolera, Ecopetrol. 1998

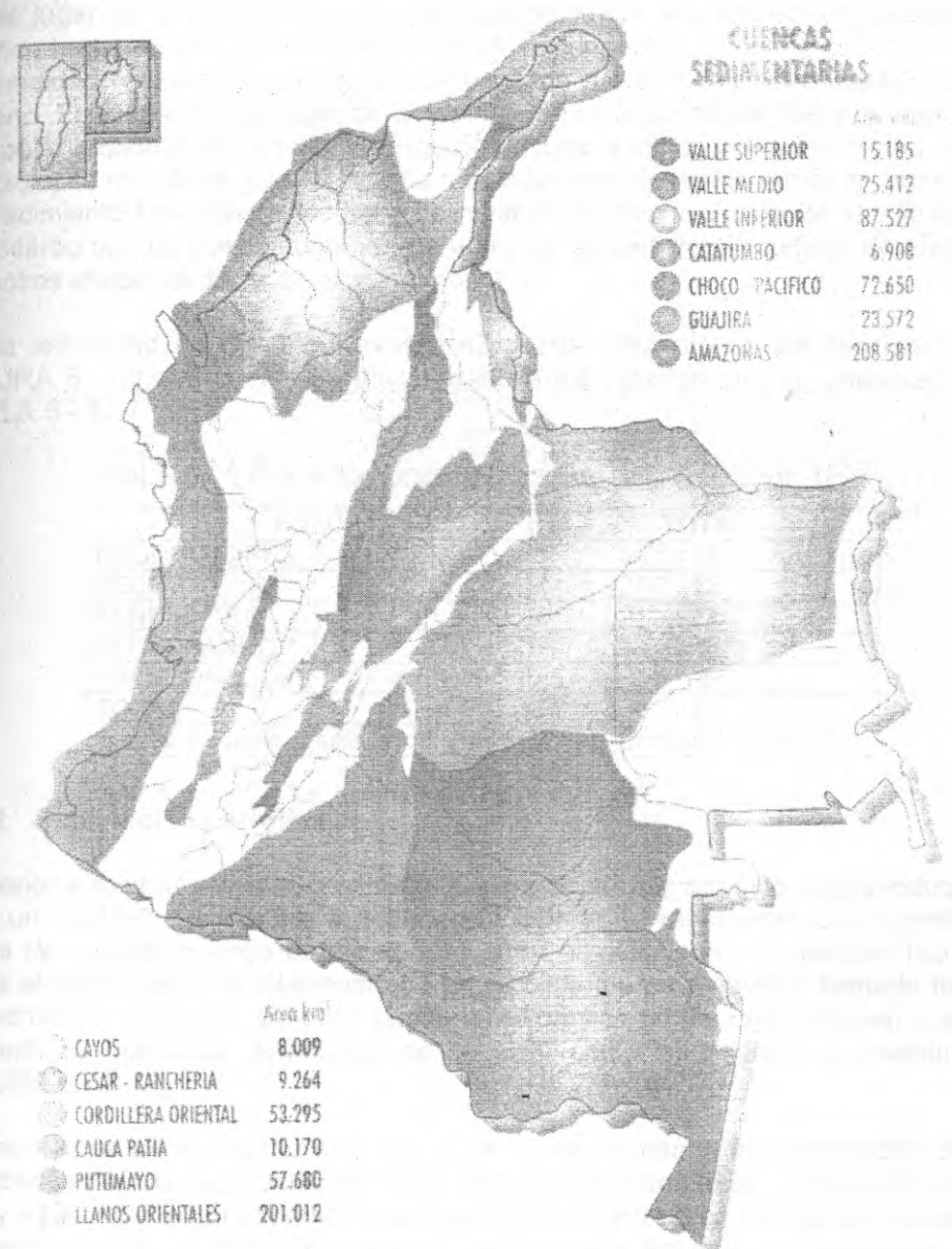


FIGURA 6 - 1 Cuencas sedimentarias de Colombia.

Luego de la determinación de las posibles áreas en donde pueda hallarse petróleo, la única forma de saber si esto es verídico, es mediante la perforación de un pozo en el lugar en donde la investigación geológica ha encontrado un depósito de hidrocarburos. Estos pozos normalmente tienen entre 2000 y 25000 pies de profundidad realizados con equipos adecuados a las condiciones específicas del terreno. El lapso entre el inicio de la exploración en la superficie hasta la conclusión del pozo exploratorio pueden transcurrir de uno a cinco años en medio de las condiciones climáticas y de topografía más adversas. Antes de entrar en producción un yacimiento descubierto, se debe delimitar su extensión y calcular el volumen de hidrocarburos que pueda contener, para lo cual se perfora un número determinado de pozos alrededor del pozo exploratorio.

En la actualidad en Colombia existen 43 pozos exploratorios en Asociación (ver FIGURA 6 - 2), los cuales se encuentran en los estados que se observan en la TABLA 6 - 2.

TABLA 6 - 2 Pozos exploratorios por tipo (en Asociación 1998)

POZO	TOTAL
PRODUCTORES	15
SECOS	12
PENDIENTES	13
PERFORANDO	0
ABANDONADOS	3
TOTAL	43

Fuente: Estadísticas de la industria petrolera, Ecopetrol. 1998

6.1.2 Explotación petrolera

Posterior a toda la actividad exploratoria, para dejar un pozo listo para producir, se baja un "cañón" que perfora orificios en la tubería de revestimiento del pozo a la altura de las formaciones donde se encuentra el yacimiento. El petróleo fluirá así hacia el pozo, pero por intermedio de un tubo de menor diámetro, llamado tubing, se extraerá el producto. Un pozo puede tener presión propia (subterránea) o puede requerir de máquinas especiales de succión, como el balancín o machín (ver FIGURA 6 - 3).

El petróleo no se encuentra solo, por lo tanto, es necesaria la construcción de las facilidades para la separación de los fluidos que le acompañan, como sedimentos, gas y agua. Una separación adicional (agua y sedimentos) se realiza en tanques de almacenamiento en donde el producto se mantiene en muchas ocasiones a las temperaturas adecuadas, como los que se pueden apreciar en la FIGURA 6 - 4.

Un pozo nunca es "desocupado", en el mejor de los casos se alcanza a extraer entre un 40 y 50%.

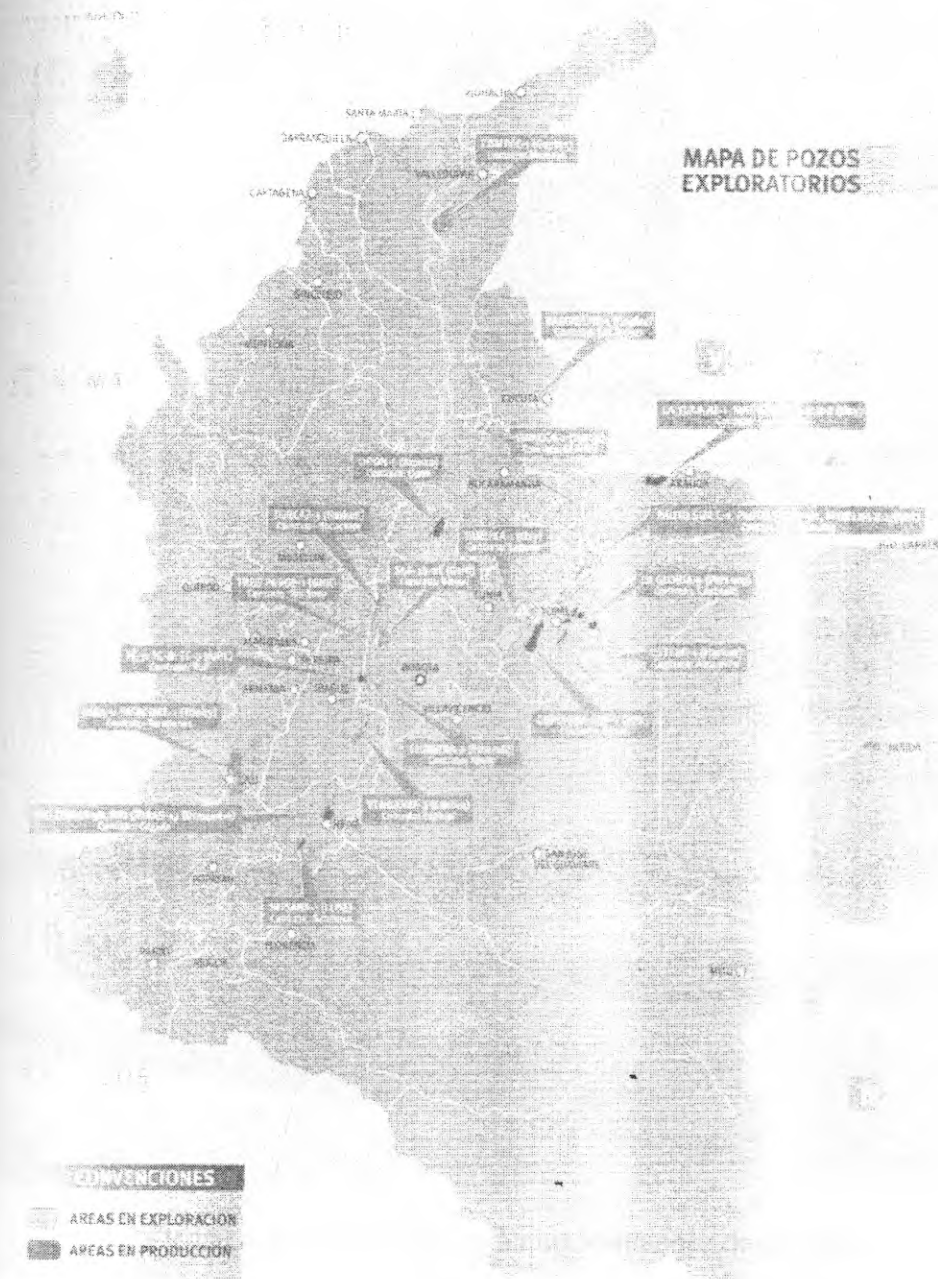


FIGURA 6 - 2 Mapa de pozos exploratorios

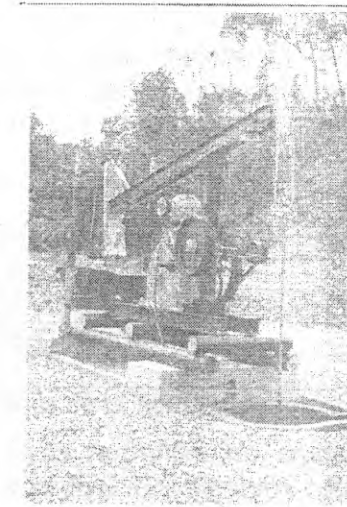


FIGURA 6 - 3 Balancín o machín

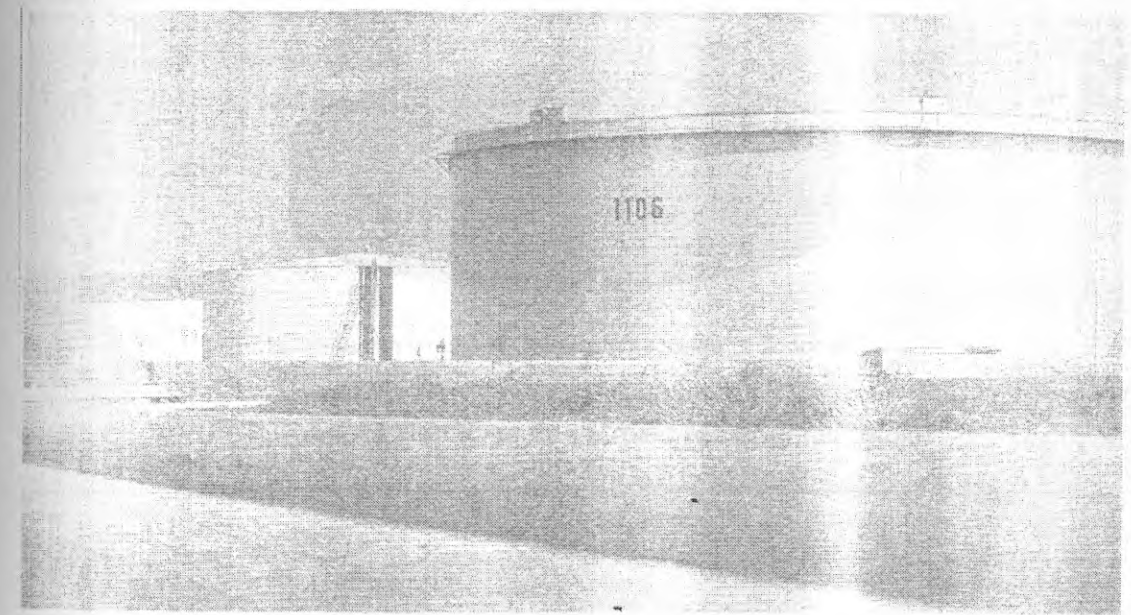


FIGURA 6 - 4 Tanques de almacenamiento de petróleo

La calidad del petróleo varía: los livianos son aquellos cuya densidad supera los 26°API, los pesados tienen menos de 20°API y los intermedios se encuentran entre 20° y 26°API. Adicionalmente se pueden encontrar petróleos dulces (contenido de azufre menor de 0.5%) y agrios (más de 1% de azufre). Entre más grados API y menor contenido de azufre mayor es la calidad del petróleo. Los petróleos livianos producen más gasolina en los procesos de refinación, por eso son los más codiciados.

La producción nacional de crudos en 1998 fue de 754.281 Barriles Operativos por Día (BOPD). La producción fue distribuida en la producción directa de ECOPETROL, en los contratos de Asociación y en los contratos de Concesión como se puede apreciar en la TABLA 6 - 3.

TABLA 6 - 3 Producción nacional de crudo 1998 (BOPD)

TIPO DE CONTRATO	PROM. ANUAL
ECOPETROL DIRECTAMENTE	115.888
CONTRATOS DE ASOCIACIÓN	622.009
CONTRATOS DE CONCESIÓN	16.495
TOTAL PAÍS	754.281

Fuente: Estadísticas de la industria petrolera, Ecopetrol. 1998

La distribución de las reservas remanentes de crudo son de 2.477,8 millones de barriles (Mbls) y las de gas son de 6.928 gigapies cúbicos (Gpcs). La distribución de estas reservas remanentes entre los diferentes tipos de contratos se puede apreciar en la FIGURA 6 - 5 y en la FIGURA 6 - 6.

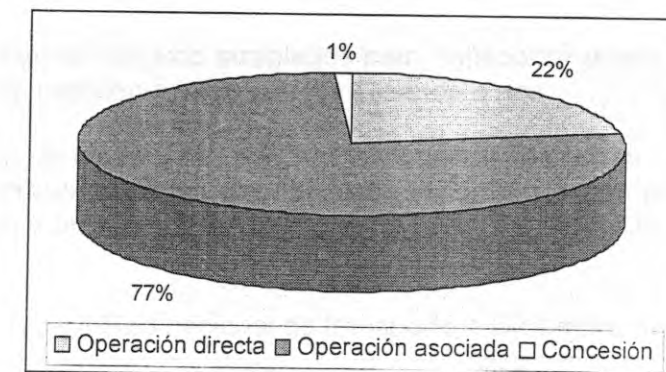


FIGURA 6 - 5 Reservas de petróleo remanentes (Mbls)

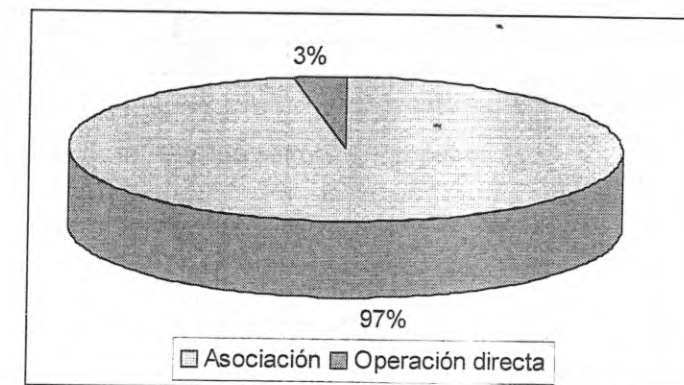


FIGURA 6 - 6 Reservas de gas remanentes (Gpcs)

6.1.3 Transporte de productos

Existen diferentes medios para el transporte del petróleo desde los campos de producción hasta las refinerías o puertos de embarque:

- Oleoductos: tubería en acero, generalmente enterrada
- Carrotanques
- Ferrocarril
- Barcazas

Los oleoductos, por los cuales se transporta petróleo; se diferencian de los poliductos, por los cuales se transportan gasolina y otros derivados; de los gasoductos, por los cuales se transporta gas natural; de los propanoductos, para el transporte del gas licuado del petróleo (GLP) y los combustoleoductos para el combustóleo.

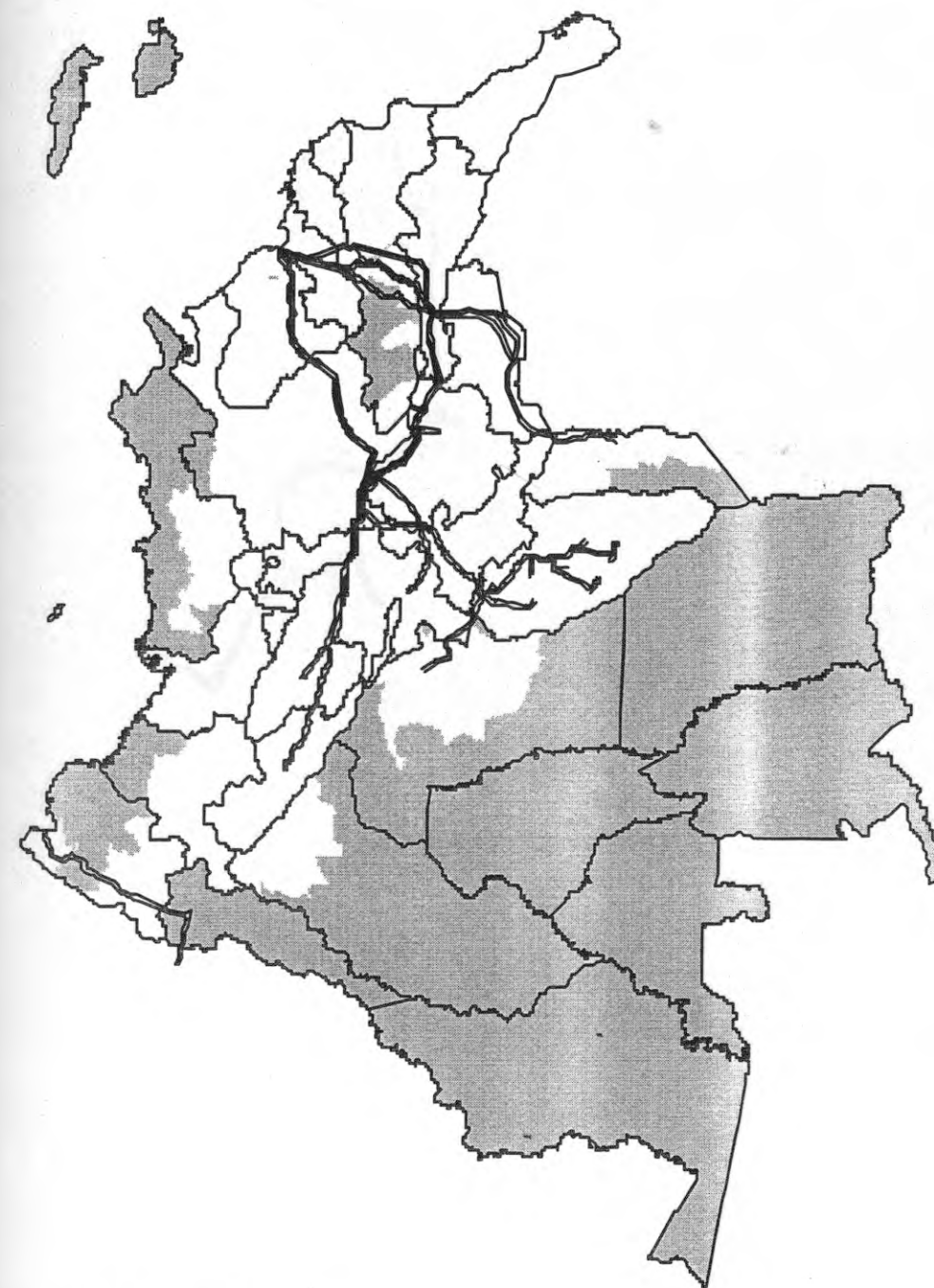
Los buques cisterna han sido arreglados para transportar desde cientos hasta miles de toneladas de petróleo a través de los océanos o ríos.

La red nacional de oleoductos, poliductos y gasoductos posee 14.144 km a lo largo de todo el territorio nacional, distribuido de la forma que se puede apreciar en la TABLA 6 - 4 y se pueden observar en las FIGURA 6 - 7, FIGURA 6 - 8 y FIGURA 6 - 9.

TABLA 6 - 4 Red nacional de transporte a Diciembre de 1998 (km)

SISTEMA	ECOPETROL	ECOGAS	SOC. MIXTAS	PRIVADOS	TOTAL
Oleoductos	1.394		3.289	187	4.870
Poliductos	2.645			28	2.673
Combustoleoductos	591				591
Propanoductos	378				378
Gasoductos	111	1.772	1.942	1.807	5.632
TOTAL	5.119	1.772	5.231	2.022	14.144

Fuente: Estadísticas de la industria petrolera, Ecopetrol. 1998





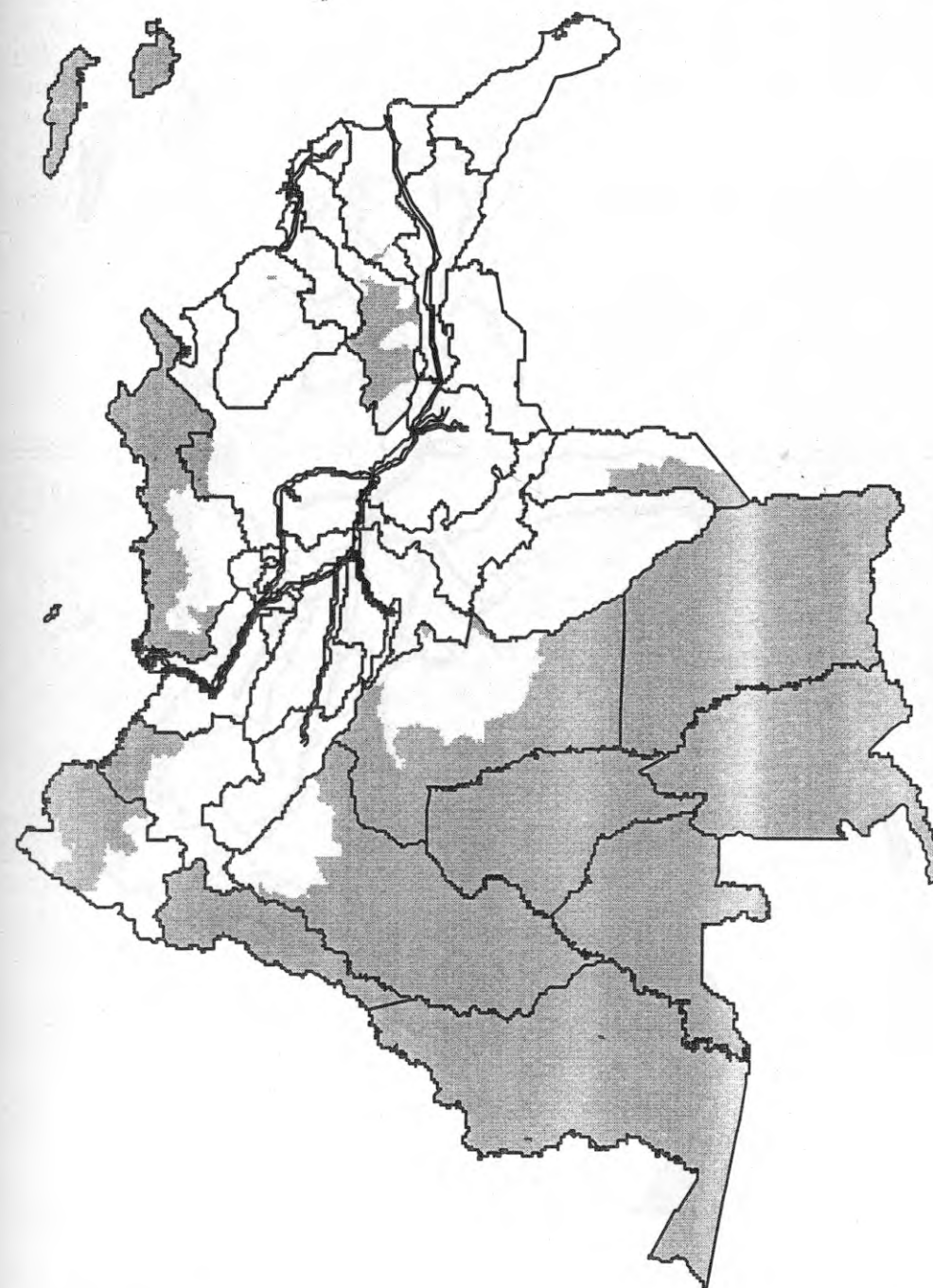
 Zonas No Interconectadas
 Zonas Interconectadas

FIGURA 6 - 7 Red nacional de oleoductos





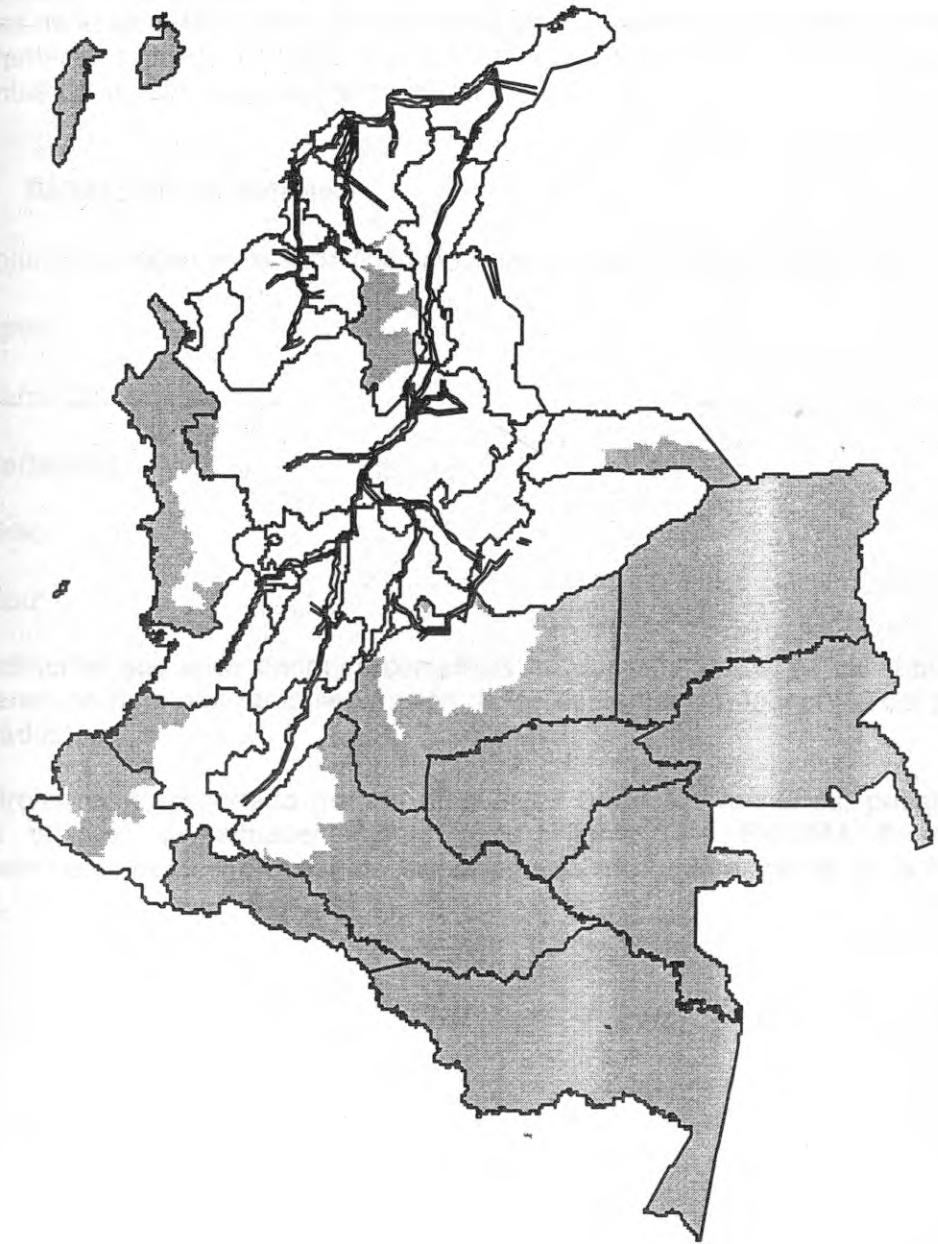
 Zonas No Interconectadas
 Zonas Interconectadas

FIGURA 6 - 8 Red nacional de poliductos





 Zonas No Interconectadas
 Zonas Interconectadas

FIGURA 6 - 9 Red nacional de gasoductos

Los otros medios de transporte diferentes a los ductos, mencionados anteriormente, son utilizados generalmente para el desplazamiento de los productos desde las plantas de abasto, las cuales en la mayoría de los casos se encuentran conectadas directamente al poliducto, hasta los centros de consumo o en casos excepcionales a plantas de abasto alejadas (ver numeral 6.2).

6.1.4 Refinación del petróleo

En Colombia existen en la actualidad cinco refinerías (ver FIGURA 6 - 10):

- Apiay
- Barrancabermeja
- Cartagena
- Orito
- Tibú²

Las refinerías son unos enormes complejos en donde el crudo se calienta a altas temperaturas para realizar la separación de los diferentes componentes del petróleo (derivados).

El petróleo es transportado por los oleoductos hasta las refinerías, pasando por varios tanques de almacenamiento generalmente (ver FIGURA 6 - 11) y posteriormente inicia el proceso de refinación que se puede observar en la FIGURA 6 - 12.

² Estadísticas de la industria petrolera, Ecopetrol. 1998



FIGURA 6 - 10 Ubicación de las refineras de Colombia

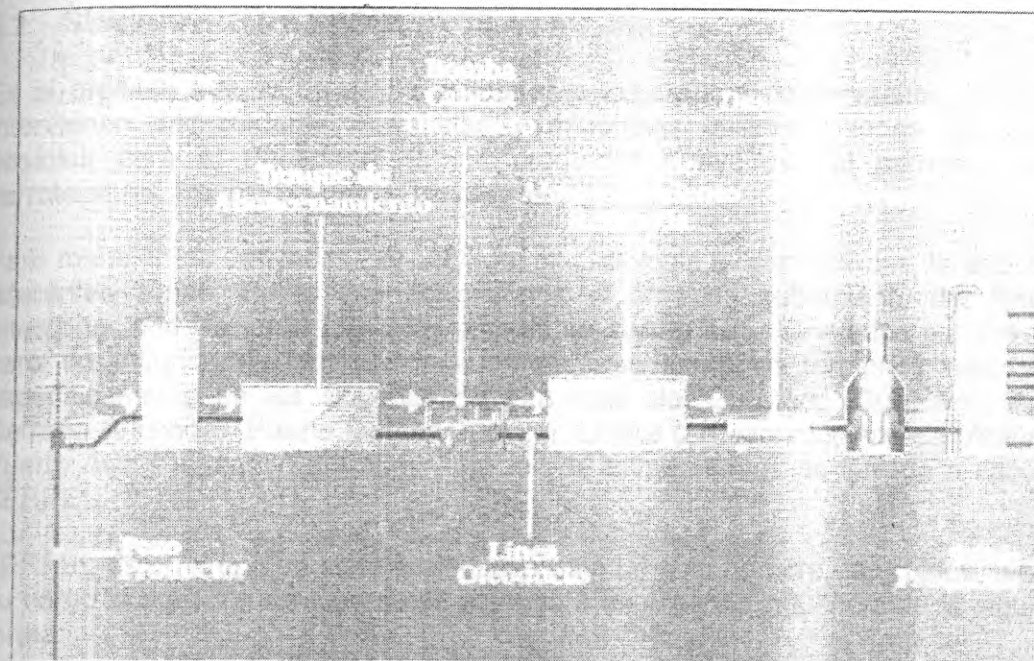


FIGURA 6 - 11 Esquema general del recorrido que hace el petróleo desde el pozo productor hasta la refinería

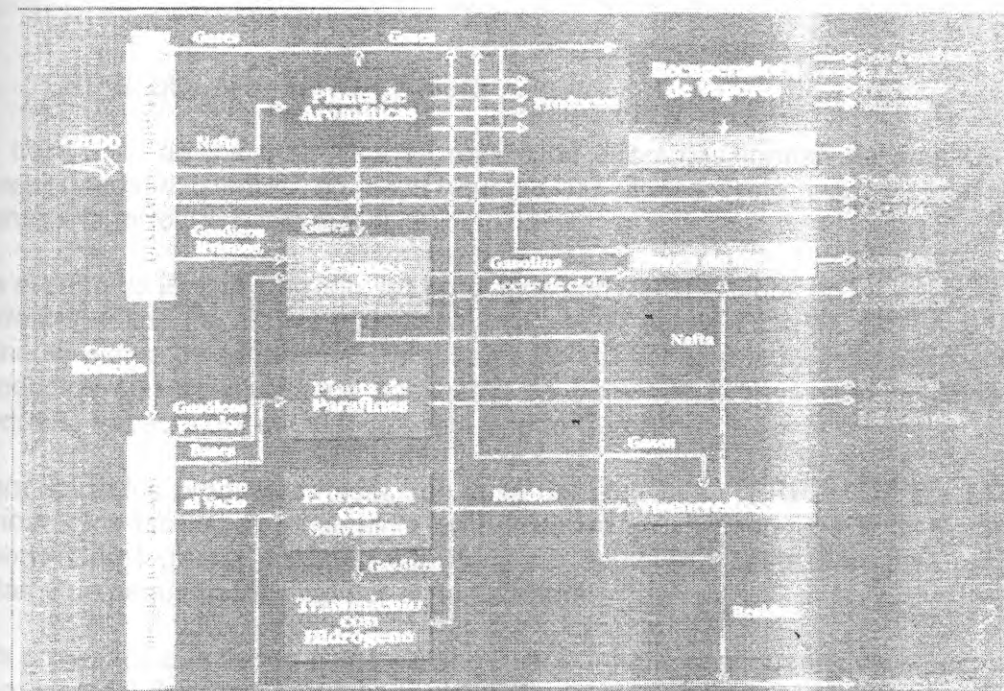


FIGURA 6 - 12 Cuadro general del proceso de refinación del petróleo

6.2 SUMINISTRO DE PRODUCTOS A LAS ZNI

Es el proceso que se da de las refinерías a los centros de consumo y en donde intervienen distribuidores mayoristas y minoristas utilizando todos los medios posibles para el transporte de los productos derivados del petróleo (redes, carrotanques, trenes, barcazas, barcos, etc).

Para manejar los derivados del petróleo, en Colombia existen plantas de abasto en diferentes zonas. En lo que corresponde al área de cubrimiento del Sistema Interconectado Nacional (SIN), las plantas de abasto son manejadas por privados; pero en algunos de los que anteriormente se llamaban territorios nacionales, específicamente en las ciudades de San José del Guaviare (Guaviare), Puerto Carreño (Vichada), Puerto Inírida (Guainía), Leticia (Amazonas), Arauca (Arauca) y Puerto Asis (Putumayo), la administración de estas plantas es llevada a cabo por TERPEL.

TERPEL es un grupo de siete sociedades bajo un solo nombre, las cuales tienen a su cargo la atención de lugares de acuerdo a su área de influencia de la siguiente forma:

- TERPEL DE LA SABANA: Puerto Carreño, San José del Guaviare, Puerto Inírida y Leticia
- TERPEL DEL SUR: Puerto Asis
- TERPEL BUCARAMANGA: Arauca

El transporte de los productos se realiza de diferentes formas de acuerdo a las posibilidades existentes en cada una de las zonas, esto puede variar desde transporte terrestre hasta fluvial.

En el caso de Puerto Carreño, los productos son transportados en un trayecto inicial terrestre desde Facatativá (Cundinamarca), lugar donde TERPEL DE LA SABANA tiene su planta de almacenamiento, hasta Puerto López (Meta). Posteriormente, los productos son transportados por medio de barcazas a través del río Meta y un pequeño trayecto por el Orinoco hasta Puerto Carreño.

Para llevar los productos hasta San José del Guaviare, TERPEL DE LA SABANA embaza los productos igualmente en Facatativá en carrotanques y los lleva hasta Puerto Lleras (Meta), allí mediante barcazas es llevado hasta San José por el río Ariari y un pequeño trayecto por el río Guaviare.

Los productos que tienen como destino Puerto Inírida, continúan el viaje después de San José del Guaviare en barcazas a través del río Guaviare.

El caso de Leticia es diferente, ya que los productos son obtenidos de las refinerías en Manaos (Brasil) e Iquitos (Perú) a través del río Amazonas mediante acuerdos que tiene el gobierno colombiano directamente con gobiernos de estos países.

El suministro de hidrocarburos a Puerto Asís lo realiza TERPEL DEL SUR el cual transporta los productos por carrotanque desde Neiva (Huila).

La ciudad de Arauca posee otra planta de abasto que es administrada por TERPEL BUCARAMANGA, la cual lleva los productos desde Bucaramanga (Santander) hasta allá por medio de carrotanques:

En todas las zonas de Colombia, existe gran cantidad de distribuidores minoristas (estaciones de servicio, particulares, etc.), los cuales no se encuentran organizados de manera alguna y en muchas ocasiones proveen ellos mismos el combustible a aquellas zonas en donde el suministro a las plantas de abasto no es muy confiable o simplemente no existe por diferentes razones.

6.3 PRINCIPALES PRODUCTOS MANEJADOS EN LAS ZNI

Los diferentes productos obtenidos de la refinación del petróleo son separados en la torre de destilación en bandejas o platos de fraccionamiento localizados a diferentes alturas y con diferentes temperaturas. El crudo en forma de vapor que va ascendiendo por la torre se va depositando en la bandeja en donde se va enfriando cada fracción de vapor. Los más livianos o volátiles llegan hasta la parte superior como gases y los otros permanecen en las diferentes bandejas como líquidos (ver FIGURA 6 - 12).

La gran variedad de productos derivados del petróleo nos lleva a realizar una selección de los que son llevados de forma legal a estas zonas, ya que esto puede cubrir los hidrocarburos más representativos en estas zonas para su análisis respectivo.

TERPEL DE LA SABANA lleva los siguientes derivados del petróleo a las plantas de abasto que administra:

- Puerto Carreño: Gasolina motor, Aceite Combustible Para Motor (ACPM), Bencina.
- San José del Guaviare: Gasolina motor, ACPM, querosene
- Puerto Inírida: Gasolina motor, ACPM, Turbo- combustible (JP)
- Leticia: Gasolina motor, ACPM, JP y Fuel Oil No. 6

TERPEL DEL SUR lleva a Puerto Asís los siguientes productos:

TERPEL BUCARAMANGA lleva a Arauca los siguientes productos:

Es así como en este documento se realizará una descripción de los productos manejados en estas zonas: gasolina motor, ACPM, bencina, JP, querosene, fuel oil No. 6 y gas licuado del petróleo (GLP) ya que aunque no es mencionado como producto llevado a las plantas de abasto, se sabe que en estas regiones es de consumo masivo con fines domésticos y comerciales.

El gas natural, aunque es el energético en auge, no va a ser tenido en cuenta ya que no es un energético de uso masivo en estas localidades ni las características de demanda de energía de muchas de las poblaciones de las ZNI justifican el pensar en construir gasoductos para la atención de estos puntos alejados.

6.3.1 Gasolina motor

6.3.1.1 Descripción

Es un combustible proveniente de naftas obtenidas por procesos de destilación atmosférica, ruptura catalítica y otros. Posteriormente son tratadas para eliminar el contenido de azufre causante de corrosión y se realizan mezclas para la obtención de un número octano de investigación (RON) de 80 mínimo.

Se le adicionan aditivos químicos para mejorar las propiedades de estabilidad a la oxidación y protección contra la corrosión y el herrumbre importantes para evitar variaciones en la calidad durante el almacenamiento en plantas de abasto, estaciones de servicio y en los depósitos de los vehículos; y un colorante para su diferenciación de productos similares.

6.3.1.2 Usos principales

Está diseñada para ser usada como combustible en motores de combustión interna de baja relación de compresión (8:1 a 9:1) de acuerdo con la recomendación del fabricante.

6.3.1.3 Modalidad de venta

La gasolina motor se despacha bajo las modalidades de oleoducto (mínimo 20.000 galones), planchón (mínimo 20.000) y carrotanque (mínimo 2.000 galones).

6.3.1.4 Características

Las características de la gasolina motor se enumeran en la TABLA 6 - 5.

TABLA 6 - 5 Propiedades de la gasolina motor

PROPIEDADES	VALOR ESPECÍFICO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Punto de ebullición		225°C
Número de octano	80/86	
Contenido de plomo		0.013 g/l

Fuente: Catálogo de productos, Ecopetrol. 1995

6.3.1.5 Costo

De acuerdo con las resoluciones No. 8-2438 y 8-2439 con vigencia a partir del 1 de julio de 1999 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) el precio de venta al distribuidor mayorista era de \$1.556,75/galón para la gasolina regular (corriente) y de \$2.066,63/galón para la gasolina extra.

6.3.2 Aceite Combustible Para Motor - ACPM (Diesel o Fuel Oil No. 2)

6.3.2.1 Descripción

Destilado medio obtenido en la destilación atmosférica del petróleo crudo, en tal forma que su índice de cetano, el cual mide su calidad de ignición, sea de 45 mínimo.

6.3.2.2 Usos principales

Está diseñado para ser usado como combustible en vehículos con motores diesel para vehículos, para generar energía eléctrica, en quemadores de hornos, secadores y calderas.

6.3.2.3 Modalidad de venta

Se vende directamente por ductos (mínimo 20.000 galones), planchón (mínimo 20.000 galones) y carrotanque (mínimo 2.000 galones).

6.3.2.4 Características

Las características del ACPM se enumeran en la TABLA 6 - 6.

TABLA 6 - 6 Propiedades del ACPM

PROPIEDADES	VALOR ESPECÍFICO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Punto de ebullición		390°C
Índice cetano	45	
Residuo de Carbón micro (10% forn)		0.2 % masa

Fuente: Catálogo de productos, Ecopetrol. 1995

6.3.2.5 Costo

De acuerdo con las resoluciones No. 8-2438 y 8-2439 con vigencia a partir del 1 de julio de 1999 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) el precio de venta al distribuidor mayorista era de \$1.403,28/galón para el ACPM.

6.3.3 Bencina

6.3.3.1 Descripción

Nafta proveniente de la destilación atmosférica del petróleo crudo.

6.3.3.2 Usos principales

Está diseñada para ser utilizada como combustible en estufas domésticas y sirve como materia prima en la producción de disolventes alifáticos³.

6.3.3.3 Modalidad de venta

Se vende directamente por ductos (mínimo 20.000 galones), planchón (mínimo 20.000 galones) y carrotanque (mínimo 2.000 galones).

6.3.3.4 Características

Las características de la bencina se enumeran en la TABLA 6 - 7.

³ Disolventes alifáticos: son hidrocarburos volátiles incoloros, de olor agradable y con capacidad de solvencia que les permite tener usos tan variados como: elaboración de thinner, tintas, pinturas, resinas, ceras, disolver resinas y productos agrícolas entre otros.

TABLA 6 - 7 Propiedades de la bencina

PROPIEDADES	VALOR ESPECIFICO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Punto de ebullición		225°C
Azufre		0.2 % masa
Presión de vapor Reid (RVP)		62 kpa

Fuente: Catálogo de productos, Ecopetrol. 1995

6.3.3.5 Costo

El precio para la bencina en la refinería para entrega a carrotanque era de \$1.879,52/galón más el impuesto a las ventas (vigencia: 01/01/2000).

6.3.4 Turbocombustible (Jet - A)

6.3.4.1 Descripción

También en conocido como turbosina y JP-A, proviene de la destilación atmosférica del petróleo crudo. Tiene características especiales de calidad, es tratado químicamente para eliminar el contenido de azufre (sulfuros y mercaptanos) que pueden causar la corrosión.

6.3.4.2 Usos principales

Está diseñado para aviones con turbinas a propulsión o jets.

6.3.4.3 Modalidad de venta

Se vende por oleoducto o carrotanques (mínimo 2.000 galones)

6.3.4.4 Características

Las características del turbocombustible se enumeran en la TABLA 6 - 8.

TABLA 6 - 8 Propiedades del turbocombustible

PROPIEDADES	VALOR ESPECIFICO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Punto de ebullición		300°C
Calor de combustión		42.800 kj/kg
Viscosidad a 20°C		8 mm ² /seg

Fuente: Catálogo de productos, Ecopetrol. 1995

6.3.4.5 Costo

El precio del turbocombustible en refinería para su entrega a carrotanques es de U\$0.889/galón más el impuesto a las ventas (vigencia: 01/01/2000).

6.3.5 Queroseno

6.3.5.1 Descripción

Destilado medio que proviene de la destilación atmosférica del petróleo crudo.

6.3.5.2 Usos principales

Diseñado para ser utilizado como combustible en estufas domésticas y en quemadores de hornos y secadores industriales.

6.3.5.3 Modalidad de venta

Se vende directamente por ductos (mínimo 20.000 galones), planchón (mínimo 20.000 galones) y carrotanque (mínimo 2.000 galones).

6.3.5.4 Características

Las características del querosene se enumeran en la TABLA 6 - 9.

TABLA 6 - 9 Propiedades del querosene

PROPIEDADES	VALOR ESPECÍFICO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Punto de ebullición		305°C
Azufre		0.5 % masa
Viscosidad a 40°C	1 cst	1.9 cst

Fuente: Catálogo de productos, Ecopetrol. 1995

6.3.5.5 Costo

El precio en la refinería para entrega a carrotanques es de \$1.549,53/galón más el impuesto a las ventas (vigencia: 01/01/2000).

6.3.6 Fuel Oil No. 6 - Combustóleo

6.3.6.1 Descripción

Elaborado a partir de productos residuales que se obtienen de los procesos de refinación del petróleo crudo.

6.3.6.2 Usos principales

Se utiliza como combustible en hornos, secadores y calderas. También se emplea como combustible en plantas de generación eléctrica (p.e. Leticia).

6.3.6.3 Modalidad de venta

Se vende bajo las modalidades de planchón (mínimo 20.000 galones) y carrotanque (mínimo 2.000 galones).

6.3.6.4 Características

Las características del Fuel Oil No. 6 se enumeran en la TABLA 6 - 10.

TABLA 6 - 10 Propiedades del Fuel Oil No. 6

PROPIEDADES	VALOR ESPECÍFICO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Potencia calorífica bruta	42.000 kj/kg	
Azufre		2.5 % masa
Punto de inflamación		60°C

Fuente: Catálogo de productos, Ecopetrol. 1995

6.3.6.5 Costo

El Fuel Oil No. 6 tiene dos precios diferentes dependiendo de la refinera en donde sea comprado. En el Complejo Industrial de Barrancabermeja (CIB) su precio era de \$630/galón y en la refinera de Cartagena era de \$825/galón (vigencia: 25/11/1999) más el impuesto a las ventas.

El combustóleo únicamente es despachado, por TERPEL DE LA SABANA, a Leticia pero es obtenido en las refineras de Brasil y/o Perú.

6.3.7 Gas licuado del petróleo - GLP

6.3.7.1 Descripción

Es una mezcla de hidrocarburos livianos conformada principalmente por propano, propileno, butilenos y butano en proporciones variables. A condiciones normales es gaseoso, pero se comprime para su comercialización en estado líquido. Se obtiene en una planta de procesamiento de gas natural o en refinería (en unidades de ruptura catalítica).

6.3.7.2 Usos principales

Se utiliza para la cocción de alimentos y calentamiento de agua principalmente. Aunque también se encuentran hornos, secadores, calderas, motores de combustión interna y turbinas a gas para generación eléctrica que trabajan con GLP. Su uso en vehículos automotores no es autorizado legalmente aunque es muy común encontrarlo.

6.3.7.3 Modalidad de venta

Ecopetrol entrega el producto en estado líquido bajo la modalidad de trasiego a las almacenadoras de GLP para que ellas lo reenvasen y lo distribuyan en cilindros o "pipas" de 20, 40 ó 100 libras.

6.3.7.4 Características

Las características de la bencina se enumeran en la TABLA 6 - 11.

TABLA 6 - 11 Propiedades de la bencina

PROPIEDADES	VALOR ESPECÍFICO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Presión de vapor a 37.8°C	-	1374 kpa
Residuo sobre evaporación de 100 ml		0.05 ml
Contenido de odorizante		165 mg/m ³

Fuente: Catálogo de productos, Ecopetrol. 1995

6.3.7.5 Costo

El precio en refinería para entrega a carrotanque es de \$757.72/galón más el impuesto a las ventas (vigencia: 01/01/2000).

6.4 LA DISTRIBUCIÓN MINORISTA

Distribuidores minoristas son llamados aquellas personas naturales o jurídicas que comercializan el combustible y poseen una capacidad de almacenamiento inferior a 5.000 galones de productos.

Son el eje del suministro de los derivados del petróleo a muchas de las regiones que conforman las Zonas No Interconectadas debido a que en ellas no existen plantas de abasto o simplemente las plantas de abasto no tienen acceso a los combustibles debido a problemas de orden público y otros adicionales (p.e. condiciones climáticas).

Debido a estos problemas que se les presentan a los distribuidores mayoristas, los minoristas en muchas ocasiones son los únicos que poseen combustibles almacenados disponibles en las diferentes localidades y tienen la posibilidad de especular con los precios.

Así como existen las estaciones de servicio en estas zonas, también existen personas particulares que comercian con productos derivados del petróleo sin ningún tipo de control o de medidas de seguridad; las cuales corren por su cuenta con los costos y riesgos del transporte de los productos que van a comercializar y es así como dependiendo de lo complicado que halla sido el desplazamiento de los mismos o la dificultad de las rutas que hallan tenido que transitar así variará de igual manera el costo al que estas personas venderán sus productos a los usuarios finales.

La Federación Nacional de Distribuidores de Derivados de Petróleos - FENDIPETRÓLEOS, es una agremiación que reúne a todos los distribuidores minoristas a nivel nacional, a ella se han afiliado muchos de los actuales distribuidores minoristas, de los cuales la gran mayoría tiene estación de servicio, de derivados en los territorios que conforman las Zonas No Interconectadas, estos se han relacionado en el ANEXO 1.

Es de anotar que en el ANEXO 1 no se relacionan la totalidad de las estaciones existentes en los territorios que conforman las ZNI, sino únicamente las que se encuentran afiliadas a FENDIPETRÓLEOS.

6.5 DISPONIBILIDAD

La disponibilidad de los derivados del petróleo es muy difícil de cuantificar debido a que el suministro de estos productos depende en la mayor parte de las ocasiones de personas particulares. Sin embargo, TERPEL DE LA SABANA, administradora de las plantas de abasto de ECOPETROL localizadas en los departamentos de Guaviare, Guainía, Vichada y Amazonas ha relacionado los problemas que ha tenido para mantener el suministro de productos a cada una de ellas.

Los productos eran llevados por TERPEL DE LA SABANA a sus cuatro plantas de abasto, pero actualmente y desde hace un año, no se vienen despachando productos a San José del Guaviare e Inírida debido a los problemas de seguridad y orden público. Estos problemas se manifiestan así: el grupo insurgente que domina la zona ataca los carrotanques de la Empresa robando el combustible para llevarlo los sitios en donde ellos requieren el producto o simplemente para quemarlo, también atacan para secuestrar a los conductores y demás personal o cobran "peajes" obligatorios para permitir el paso del camión (p.e. por cada galón que pasa se debe entregar un galón).

En los casos de Puerto Carreño y Leticia, las plantas de TERPEL no tienen problemas para transportar los productos y la disponibilidad de los mismos es abundante ya que además de la planta de abasto, existe gran cantidad de distribuidores minoristas (legales e ilegales).

El producto de uso más masificado es el GLP ya que en la mayor parte de las regiones que conforman las Zonas No Interconectadas se dispone de él; no es determinada la forma en que este llega a algunas localidades ya que tiene grandes restricciones por su actual utilización como arma de guerra.

6.6 CONFIABILIDAD

Al igual que la disponibilidad, la confiabilidad en el suministro de derivados del petróleo a estas regiones es muy incierta, ya que, por ejemplo, en San José del Guaviare e Inírida, al no haber un suministro por parte de TERPEL DE LA SABANA a sus plantas de abasto, el suministro depende totalmente de la suerte que corran los distribuidores minoristas en la consecución del mismo.

Otro aspecto que es necesario tener en cuenta, es el nivel de pluviométrico, debido a que en estas zonas el transporte de los productos se realiza en un importante trayecto por vía fluvial y dependiendo de la época, los barcos de la capacidad suficiente logran transitar.

El suministro a Leticia es muy confiable ya que todos los productos requeridos para esta ciudad son llevados en la misma barcaza desde los países vecinos y así se asegura un stock de cada uno de ellos.

En la planta de Puerto Carreño en ocasiones se presentan problemas de seguridad, no son tan graves como los del Guavire y Guainía.

6.7 CONTRABANDO

El problema del contrabando es muy delicado ya que agrava la situación del comercio de hidrocarburos en estas zonas, debido a que no solo los distribuidores

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia Documento No. ANC-375-09. Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

mayoristas y regulados deben luchar contra los innumerables problemas de seguridad, sino que además tienen que enfrentar una competencia desleal por parte de aquellos minoristas.

Estos comercializadores "informales" pasan las fronteras para conseguir de una forma mas simple y a menores costos los combustibles para transportarlos por su propia cuenta y luego comercializarlos a precios inigualables por parte de las plantas que comercializan de forma legal.

Los precios de estos comercializadores se tornan inalcanzables ya que ellos no deben transportar los productos miles de kilómetros y sortear todos los inconvenientes a los que deben someterse los que trabajan con productos nacionales o los obtenidos por intermedio de acuerdo gubernamentales con los otros países.

Este paso ilegal de hidrocarburos se realiza por las fronteras con Brasil, Perú, Ecuador y Venezuela.

6.8 BIBLIOGRAFÍA

ANCAP. Combustibles y lubricantes. www.ancap.com.uy

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN - DNP. Infraestructura y energía colombiana - compendio de cifras y mapas. Santafé de Bogotá D.C.: DNP, 1997.

EL SIGLO del petróleo en Colombia. En: Carta Petrolera No. 87 (Nov. -Dic., 1999) ; p. 45.

EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS - ECOPETROL. Catálogo de productos. Santafé de Bogotá, D.C.: Ecopetrol.

EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS - ECOPETROL. El petróleo y su mundo. Santafé de Bogotá, D.C.: Ecopetrol, Cuarta Ed., 1996.

EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS - ECOPETROL. Estadísticas de la industria petrolera. Santafé de Bogotá, D.C.: Ecopetrol, 21 Ed., 1998.

EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS - ECOPETROL. Gas Natural. Santafé de Bogotá, D.C.: Ecopetrol, Dic. 1998.

EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS - ECOPETROL. www.ecopetrol.com

EN CUSIANA. En: Carta Petrolera No. 89 (Mar. Abr. 2000) ; p. 28.

EXPLORACIÓN. En: Carta Petrolera No. 87 (Nov. -Dic., 1999) ; p. 40.

FENDIPETRÓLEOS. Base de datos de distribuidores minoristas de derivados del petróleo. Santafé de Bogotá D.C.: 1999.

IMP. Refinación del petróleo. www.imp.mx/petroleo/apuntes/refina

PETRÓLEOS DEL PERÚ. Cadena del petróleo. <http://petroperu.com/petro/petro3>

PREGUNTAS básicas sobre el petróleo. www.petrolero.org.ve

UNIDAD DE PLANEAMIENTO MINERO ENERGÉTICA - UPME. Estadísticas de hidrocarburos. Santafé de Bogotá D.C.: UPME, 1998.

UNIDAD DE PLANEAMIENTO MINERO ENERGÉTICA - UPME. Estadísticas del gas. Santafé de Bogotá D.C.: UPME, Nov. 1998.

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09, Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

UNIDAD DE PLANEAMIENTO MINERO ENERGÉTICA - UPME. La cadena del gas natural en Colombia - Aspectos físicos. Santafé de Bogotá D.C.: UPME, actualización 1999.

AMERICA

6.9 ANEXO 1

TABLA 1 Estaciones de servicio afiliadas a FENDIPETRÓLEOS ubicadas en localidades pertenecientes a las Zonas No Interconectadas y productos comercializados

ZNI	DEPTO	MUNICIPIO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COMPRADOR MAYORISTA	PLANTA DE ABASTO	AREA	GASOLINA REGULAR	GASOLINA EXTRA	GASOLINA BLANCA	ACPM	QUEROSENE
X	ARAUCA	TAME	E/S GATO NEGRO	TERPEL	CHIMITA	400					
X	ARAUCA	TAME	E/S SANTANDER	TERPEL	CHIMITA GIRON	1222	X				
X	CAQUETA	BELEN DE LOS ANDAQUIES	ESTACION PESCADO	TERPEL	NEIVA	0	X				
X	CAQUETA	CARTAGENA DEL CHAIRA	ESTACION REAL RECREO	TERPEL	FLORENCIA	0	X				
X	CAQUETA	CARTAGENA DEL CHAIRA	ESTACION EL REY			180	X				
X	CAQUETA	CARTAGENA DE CHAIRA	MOBIL TERPEL BUENOS AIRES	TERPEL		0					
X	CAQUETA	CARTAGENA DEL CHAIRA	ESTACION RIO GRANDE	TERPEL	NEIVA	0					
X	CAQUETA	CARTAGENA DEL CHAIRA	CARTAGENA DEL CHAIRA			350	X		X	X	X
X	CAQUETA	CURILLO	ESTACION CAMACHO								
X	CAQUETA	CURILLO	ESTACION EL TRONCAL	TERPEL	NEIVA	0	X		X	X	X
X	CAQUETA	CURILLO	ESTACION LAS BRISAS				X	X			
X	CAQUETA	CURILLO	E/S LA FLORESTA DOS				X	X			
X	CAQUETA	EL DONCELLO	ESTACION AVENIDA			0	X				

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09. Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 1 Continuación

ZNI	DEPTO	MUNICIPIO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COMPRADOR MAYORISTA	PLANTA DE ABASTO	AREA	GASOLINA REGULAR	GASOLINA EXTRA	GASOLINA BLANCA	ACPM	QUEROSENE
X	CAQUETA	EL DONCELLO	MOBIL EL DONCELLO	MOBIL	KM 5 VIA NEIVA TELLO	1190	X		X	X	X
X	CAQUETA	LA MONTAÑITA	ESTACION LOS CAMBULOS	TERPEL	NEIVA	0					
X	CAQUETA	MILAN	ESTACION MILAN	TERPEL	NEIVA	533					
X	CAQUETA	MONTAÑITA	ESTACION LA SARDINITA				X				
X	CAQUETA	PAUJIL	MOBIL EL PAUJIL			0	X		X	X	X
X	CAQUETA	PAUJIL	ESTACION EL COLISEO			740	X		X	X	X
X	CAQUETA	PUERTO RICO	E/S AUTOCARS			900	X		X	X	X
X	CAQUETA	PUERTO RICO	TERPEL PUERTO RICO	TERPEL							
X	CAQUETA	PUERTO SOLITA	ESTACION LA ESPERANZA			0					
XX	CAQUETA	RIO NEGRO	MOBIL TERPEL RIO NEGRO	TERPEL	FLORENCIA	900	X	X	X	X	X
XX	CAQUETA	SAN ANTONIO JETUCHA	ESTACION ORTEGUAZA			253					
X	CAQUETA	SAN JOSE DE LA FRAGUA	ESTACION SAN JOSE			740	X				
X	CAQUETA	SAN VICENTE DEL CAGUAN	SAN VICENTE DEL CAGUAN	TERPEL		0					
X	CAQUETA	SAN VICENTE DEL CAGUAN	SAN VICENTE DEL CAGUAN	TERPEL	KM 5 VIA NEIVA-TELLO	150	X				
XX	CAQUETA	SOLITA	ESTACION LA YE	TERPEL		0					
XX	CAQUETA	TRES ESQUINAS	ESTACION EL GUAMO			0	X				
X	CAQUETA	VALPARAISO	ESTACION CEVEÑAS				X				

TABLA 1 Continuación

ZNI	DEPTO	MUNICIPIO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COMPRADOR MAYORISTA	PLANTA DE ABASTO	AREA	GASOLINA REGULAR	GASOLINA EXTRA	GASOLINA BLANCA	ACPM	QUEROSENE
X	CAQUETA	VALPARAISO	ESTACION LA RUBIA				X				
X	CASANARE	MANI	ESTACION SERVIMANI	TERPEL	AGUAZUL	852	X				
X	CASANARE	PAZ DE ARIPORO	ESTACION LOS ANDES 2	MOBIL	PUENTE ARANDA	533					
X	CASANARE	PAZ DE ARIPORO	ESTACION NUEVA ESTACION	TERPEL	AGUAZUL	2121	X		X	X	X
X	CASANARE	PORE	ESTACION EL CAMINANTE	TERPEL	AGUAZUL	1565					
X	CASANARE	TRINIDAD	ESTACION LOS ANDES	TERPEL	AGUAZUL	310					
X	CASANARE	TRINIDAD	ESTACION TRINIDAD			1200	X		X	X	X
X	CASANARE	VILLANUEVA	ESTACION EL VENADO			2800	X				
X	CHOCO	CONDOTO	ESTACION MINERO # 2			300	X				
X	CHOCO	ISTMINA	BOMBA LA PEPE						X	X	X
X	CHOCO	ISTMINA	BOMBA CUBIS			0					
X	CHOCO	ISTMINA	ESTACION LA CHOCOANITA			0					
X	CHOCO	ISTMINA	BOMBA PANAMERICANA			0					
X	CHOCO	ISTMINA	ESTACION MINERO # 1	ESSO		216	X		X	X	X
X	CHOCO	ISTMINA	ESTACION SAN JUAN	ESSO		0					
XX	CHOCO	NUQUI	ESTACION NUQUI			0					
X	CHOCO	QUIBDO	ESTACION LA CONFIANZA			0					

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09. Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 1 Continuación

ZNI	DEPTO	MUNICIPIO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COMPRADOR MAYORISTA	PLANTA DE ABASTO	AREA	GASOLINA REGULAR	GASOLINA EXTRA	GASOLINA BLANCA	ACPM	QUEROSENE
X	CHOCO	QUIBDO	BOMBA DE GASOLINA LA YE			0					
X	CHOCO	QUIBDO	REPRESENTACIONES CHOCO # 2	TERPEL	CISNERO	0					
X	CHOCO	QUIBDO	REPRESENTACIONES CHOCO # 1	TERPEL	CISNERO	0					
X	CHOCO	QUIBDO	SERVICENTRO CHOCO	TERPEL		1600	X		X	X	X
XX	GUAVIARE	CALAMAR	ESTACION EL COMPETIDOR	TEXACO		0					
XX	GUAVIARE	CALAMAR	ESTACION CALAMAR	TEXACO		600	X				
XX	GUAVIARE	CORREG. EL RETORNO	ESTACION LA ESTRELLA		PUENTE ARANDA	625					
XX	GUAVIARE	EL RETORNO	ESTACION GERPERZ	TERPEL		0					
XX	GUAVIARE	EL RETORNO	ESTACION AGROSUR	TERPEL		0					
XX	GUAVIARE	EL RETORNO	ESTACION LA RESERVA	ESSO		0					
XX	GUAVIARE	RETORNO	ESTACION EL RETORNO	ESSO		0					
XX	GUAVIARE	SAN JOSE DEL GUAVIARE	ESTACION AGUA BONITA	ESSO		0					
XX	GUAVIARE	SAN JOSE DEL GUAVIARE	ESTACION GUAVIARE # 2	ESSO		0					
XX	GUAVIARE	SAN JOSE DEL GUAVIARE	ESTACION LOS COMUNEROS	ESSO	PUENTE ARANDA	400	X				
XX	GUAVIARE	SAN JOSE DEL GUAVIARE	ESTACION LA SELVA	ESSO	PUENTE ARANDA	1000	X				

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09. Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 1 Continuación

ZNI	DEPTO	MUNICIPIO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COMPRADOR MAYORISTA	PLANTA DE ABASTO	AREA	GASOLINA REGULAR	GASOLINA EXTRA	GASOLINA BLANCA	ACPM	QUEROSENE
XX	GUAVIARE	SAN JOSE DEL GUAVIARE	ESTACION GUAVIARE # 1 SAN JOSE	ESSO	PUENTE ARANDA	0	X		X	X	X
XX	GUAVIARE	SAN JOSE DEL GUAVIARE	ESTACION EL PROVEEDOR		PUENTE ARANDA	0	X		X	X	X
XX	GUAVIARE	SAN JOSE DEL GUAVIARE	E/S HERDARI 2								
X	META	FTE DE ORO	SERVIAGRICOLA DEL ARIARI			2000	X		X	X	X
XX	META	LA MACARENA	DISTR. DE COMBUSTIBLES LA ESTRELLA	ECOPETROL	APIAY	802	X		X	X	X
XX	META	LA MACARENA	ESTACION CENTRAL LA MACARENA	TERPEL		0					
XX	META	LA MACARENA	ESTACION NUEVO HORIZONTE	TERPEL		0					
XX	META	MAPIRIPAN	ESTACION EL EMBAJADOR								
XX	META	MAPIRIPAN	ESTACION DALLAS	MOBIL	PUENTE ARANDA	400	X				
XX	META	MAPIRIPAN	ESTACION DE SERVICIO EL MIRADOR								
XX	META	MAPIRIPAN	E/S LA AVENIDA								
XX	META	MAPIRIPAN	E/S INDUPESCA			0					
XX	META	MAPIRIPAN	E/S MAPORITA						X	X	X
XX	META	PUERTO CONCORDIA	ESTACION LA GLORIA			0					
XX	META	PUERTO GAITAN	ESTACION SUPER SOL	MOBIL	PUENTE ARANDA	600	X				

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09. Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 1 Continuación

ZNI	DEPTO	MUNICIPIO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COMPRADOR MAYORISTA	PLANTA DE ABASTO	AREA	GASOLINA REGULAR	GASOLINA EXTRA	GASOLINA BLANCA	ACPM	QUEROSENE
XX	META	PUERTO GAITAN	TEXACO EL RIO			0					
XX	META	PUERTO GAITAN	TEXACO PUERTO GAITAN			0					
XX	META	PUERTO GAITAN	ESTACION MANACACIAS		PUENTE ARANDA	3740	X		X	X	X
X	META	PUERTO LOPEZ	MOBIL LOS CAZADORES	MOBIL	PUENTE ARANDA	5484	X				
X	META	PUERTO LOPEZ	ESTACION BELLAVISTA								
X	META	PUERTO LLERAS	ESTACION PORTAL	EL		0	X				
X	META	PUERTO LLERAS	ESTACION HORIZONTE			1920					
XX	META	PUERTO RICO	ESTACION DIAMANTE	EL MOBIL	PUENTE ARANDA	0	X				
X	META	VISTA HERMOSA	ESTACION ESPERANZA	LA	PUENTE ARANDA	700	X				
X	META	VISTA HERMOSA	ESTACION CEIBA	LA		0	X		X	X	X
X	META	VISTA HERMOSA	VISTA HERMOSA			0					
X	NARIÑO	BARBACOAS	ESTACION URIBE			0					
X	NARIÑO	BARBACOAS	COMBUSTIBLES TELEMBI								
X	NARIÑO	TUMACO	E/SERVICIO PERLA	LA			X				
X	NARIÑO	TUMACO	ESTACION BOMBITA	LA MOBIL	YUMBO	400	X		X	X	X

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09. Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 1 Continuación

ZNI	DEPTO	MUNICIPIO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COMPRADOR MAYORISTA	PLANTA DE ABASTO	AREA	GASOLINA REGULAR	GASOLINA EXTRA	GASOLINA BLANCA	ACPM	QUEROSENE
X	NARIÑO	TUMACO	MOBIL DEL LITORAL								
X	NARIÑO	TUMACO	E/S EL DELFIN BLANCO					X			
X	NARIÑO	TUMACO	ESTACION DISTR. DE OCCIDENTE			400	X	X			
X	NARIÑO	TUMACO	ESTACION TRACO Y BRISAS				X				
X	PUTUMAYO	LA HORMIGA	ESTACION JULIAN			0					
X	PUTUMAYO	LA HORMIGA	ESTACION VILLA NUEVA			0					
X	PUTUMAYO	LA HORMIGA	SERVICENTRO LA HORMIGA	TERPEL	PUERTO ASIS	7642	X		X	X	X
X	PUTUMAYO	LA HORMIGA	LA ANDINA	ECOPETROL		613	X		X	X	X
X	PUTUMAYO	LA HORMIGA	LOS GUADUALES	ECOPETROL		322	X		X	X	X
X	PUTUMAYO	ORITO	SIMON BOLIVAR			0					
X	PUTUMAYO	PUERTO ASIS	ESTACION LA FERIA	TERPEL	PUERTO ASIS	116	X				
XX	PUTUMAYO	PUERTO LEGUIZAMO	GASOLINERA RIASCOS	TERPEL	PUERTO ASIS	724	X		X	X	X
XX	PUTUMAYO	VALLE DEL GUAMUEZ	MARAVELEZ	ECOPETROL		0					
XX	PUTUMAYO	VALLE DEL GUAMUEZ	LA PUNTA			0					
X	PUTUMAYO	VILLAGARZON	SERVICENTRO VILLA GARZON	TERPEL	PUERTO ASIS	652	X				
X	PUTUMAYO	VILLAGARZON	ESTACION PUTUMAYO	ECOPETROL	ORITO	0	X		X	X	X
X	PUTUMAYO	VILLAGARZON	SERVICENTRO ARIAS	TERPEL	PUERTO ASIS	1020	X		X	X	X

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09. Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

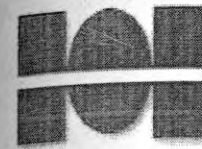
UPME

CREG

PNUD

TABLA 1 Continuación

ZNI	DEPTO	MUNICIPIO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COMPRADOR MAYORISTA	PLANTA DE ABASTO	AREA	GASOLINA REGULAR	GASOLINA EXTRA	GASOLINA BLANCA	ACPM	QUEROSENE
X	VALLE	BUENAVENTURA	MOBIL COMBUSTIBLES PINZON					X	X	X	X
X	VALLE	BUENAVENTURA	MOBIL COMBUSTIBLES JUAN XXIII								
X	VALLE	BUENAVENTURA	ESTACION BRISAS DEL PACIFICO	ESSO	YUMBO	7840	X	X	X	X	X
X	VALLE	BUENAVENTURA	MOBIL COMB. GUTIERREZ								
X	VALLE	BUENAVENTURA	COMBUSTIBLES BENITEZ	ESSO							
X	VALLE	BUENAVENTURA	COMBUSTIBLES EL PIÑAL								
X	VALLE	BUENAVENTURA	COMBUSTIBLES DEL MAR LTDA.	ESSO	BUENAVENTURA	0	X				
X	VALLE	BUENAVENTURA	COMBUSTIBLES DEL PACIFICO	ESSO	YUMBO	1200	X		X	X	X
X	VALLE	BUENAVENTURA	ESSO # 134 BUENAVENTURA	ESSO	YUMBO	0					
X	VALLE	BUENAVENTURA	ESTACION LAS PALMAS	MOBIL	YUMBO	9967					
X	VALLE	BUENAVENTURA	ESTACION CALIMAR	ESSO	YUMBO Y B/TURA	6000	X	X			
X	VALLE	BUENAVENTURA	COMBUSTIBLES MARITIMOS DEL CONTINENTE	ESSO		0					
X	VALLE	BUENAVENTURA	ESTACION MUELLE BODEGA MADERAS DEL PA			0					
X	VICHADA	GUERIMA	E/S EL MOLINO			0	X				



UPM

CREG

PNUD

ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN ESTRUCTURAL,
INSTITUCIONAL Y FINANCIERO, QUE PERMITA EL
ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS, CON PARTICIPACIÓN DE LAS
COMUNIDADES Y EL SECTOR PRIVADO

LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA

TOMO II
LA OFERTA ENERGÉTICA

CAPITULO 7
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

DOCUMENTO N° : ANC-375-09

REVISION 00

Santa Fe de Bogotá, 5 de mayo de 2000



Roger Bailly

Qene
CONSULTORÍA S.A.

TABLA DE CONTENIDO

7	PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS (PCH)	4
7.1	GENERACIÓN HIDRÁULICA	4
7.1.1	Clasificación de los sistemas de generación hidráulica	4
7.1.1.1	Clasificación de las PCH	6
7.1.1.2	Otras clasificaciones de PCH	6
7.2	PCH EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (ZNI)	7
7.2.1	Inventarios	10
7.2.1.1	Departamento del Amazonas	10
7.2.1.2	Departamento del Caquetá	11
7.2.1.3	Departamento del Cauca	13
7.2.1.4	Departamento del Chocó	20
7.2.1.5	Departamento del Guainía	32
7.2.1.6	Departamento del Guaviare	34
7.2.1.7	Departamento del Meta	36
7.2.1.8	Departamento de Nariño	37
7.2.1.9	Departamento de Putumayo	38
7.2.1.10	Departamento del Vaupés	40
7.2.1.11	Departamento del Vichada	42
7.2.2	Otros Proyectos	43
7.2.3	Proyectos Programados. Plan de acción 2000-2002 de PCH	44
7.3	COSTOS POR KW INSTALADO	46
7.4	FABRICANTES DE EQUIPOS	48
7.5	BIBLIOGRAFÍA	54
7.6	ANEXOS	56

LISTA DE TABLAS

TABLA 7 - 1 Clasificación de la Centrales Hidroeléctricas en Colombia.....	4
TABLA 7 - 2 Clasificación de las PCH, según la potencia y cabeza.....	5
TABLA 7 - 3 Capacidad de generación de energía eléctrica existente y en desarrollo a partir de PCH's.....	8
TABLA 7 - 4 PCH La Chorrera.....	10
TABLA 7 - 5 P.C.H. San Pedro.....	11
TABLA 7 - 6 PCH López de Micay.....	13
TABLA 7 - 7 PCH Guapi.....	16
TABLA 7 - 8 PCH Timbiquí.....	18
TABLA 7 - 9 PCH Bahía Solano.....	20
TABLA 7 - 10 PCH de Juradó.....	27
TABLA 7 - 11 PCH Unguía.....	28
TABLA 7 - 12 PCH Acandí.....	29
TABLA 7 - 13 PCH Cupica.....	30
TABLA 7 - 14 PCH Pizarro.....	31
TABLA 7 - 15 PCH Inírida.....	32
TABLA 7 - 16 PCH San José.....	34
TABLA 7 - 17 PCH El Retorno.....	35
TABLA 7 - 18 PCH La Macarena.....	36
TABLA 7 - 19 PCH Bocas de Satinga.....	37
TABLA 7 - 20 PCH Mocoa.....	38
TABLA 7 - 21 PCH Mitú.....	40
TABLA 7 - 22- Fuentes de financiación PCH MITU.....	41
TABLA 7 - 23 PCH Puerto. Carreño.....	42
TABLA 7 - 24 Plan de acción de PCH 2000-2002.....	45
TABLA 7 - 25 Fabricantes de Turbinas. Unidades < 10 MW.....	49

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 7 - 1 Rangos de aplicación de las micro- turbinas hidráulicas.....	5
FIGURA 7 - 2 Mapa de localización de los proyectos de PCH's.....	9
FIGURA 7 - 3 Costos estimados para una PCH.....	47

7 PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS (PCH)

En el presente capítulo se presentan los aspectos relacionados con la oferta energética basada en la generación de energía eléctrica por medio de las denominadas Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.

Las PCH son una alternativa para las zonas aisladas dado que son una posibilidad de cubrimiento de la demanda confiable y continua, que si bien presenta unos costos elevados en la etapa de montaje, por su condición especial de contar con la energía primaria (agua) en forma natural, la hace una solución atractiva para aplicar en las zonas aisladas y de difícil acceso, pues en la etapa operativa se evitan los costos del transporte que resultan tan onerosos en otras soluciones energéticas como las plantas que requieren combustibles.

7.1 GENERACIÓN HIDRÁULICA.

Mediante las plantas de generación hidráulica, se aprovecha la energía potencial almacenada en el agua contenida en un embalse, con base en una diferencia de nivel, para transformarla inicialmente en energía mecánica o cinética, haciéndola pasar por una turbina hidráulica a la cual se le ha acoplado un generador que finalmente es el encargado de transformar la energía mecánica en eléctrica.

En el ANEXO 1 se presentan en forma simple las principales componentes de una PCH y se esboza el estado del arte de las mismas.

7.1.1 Clasificación de los sistemas de generación hidráulica

Diferentes organismos internacionales, regionales y nacionales han adoptado algunos parámetros para facilitar el diseño, construcción, administración, operación y mantenimiento de las denominadas Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH). Guardando similitud de criterios y considerando el importante potencial de este recurso, Colombia ha considerado necesario establecer la siguiente clasificación :

TABLA 7 - 1 Clasificación de la Centrales Hidroeléctricas en Colombia.

Tipo de Central	Rango de Potencia en MW.
1. Grandes Centrales Hidroeléctricas (GCH)	Superiores a 100.
2. Medianas Centrales Hidroeléctricas (MCH)	Entre 10 y 100.
3. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)	Menores o iguales a 10.

El potencial de Hidroenergía en Pequeña Escala (PCH), oscila entre los 25 y 30 GW¹, según algunos datos estimados.²

En cuanto a las PCH, para efectos de facilitar su estudio, ejecución y adaptación tecnológica se han clasificado según su potencia y cabeza como aparecen la TABLA 7 - 2³:

TABLA 7 - 2 Clasificación de las PCH, según la potencia y cabeza

CLASIFICACIÓN	RANGO DE POTENCIA (kW)	CABEZA (m)		
		BAJA	MEDIA	ALTA
1. Microcentrales	Inferior a 50	Inf. 15	15 - 50	Sobre 50
2. Minicentrales	50 - 500	Inf. 20	20 - 100	Sobre 100
3. PCH	500 - 10.000	Inf. 25	25 - 130	Sobre 130

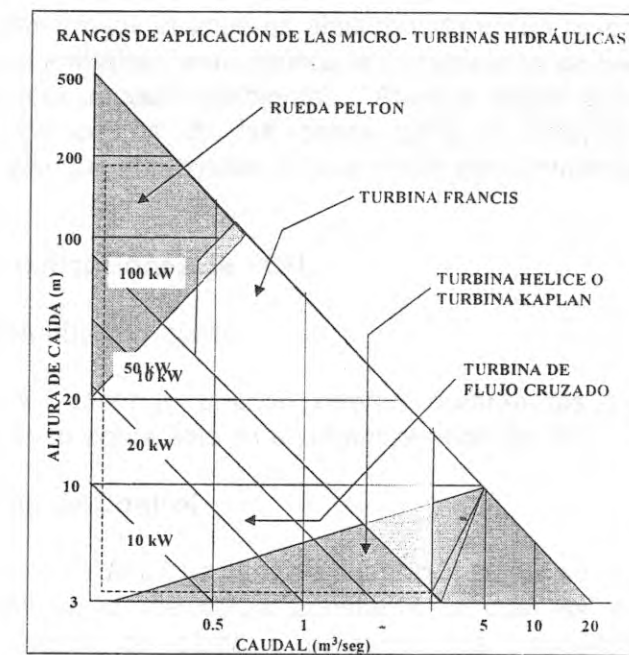


FIGURA 7 - 1 Rangos de aplicación de las micro- turbinas hidráulicas

- 1) Plan Nacional de PCHJ. Montaña R. pág. 9.
- 2) Plan Nacional de PCHJ. Montaña R. pág. 9.
- 3) The Case for a Small Hydropower Centre in Colombia and Tests on a Small Axial Turbine by J. Montaña R. Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Degree of Master of Science. University of Reading. 1988. Page 35.

7.1.1.1 Clasificación de las PCH

Tradicionalmente las PCH se han clasificado por la forma de captación así:

- **PCH filo de agua**

En este tipo de proyectos no se cuenta con embalse, lo que implica que la planta solo utiliza el agua que fluye por el río en condiciones normales. La potencia de salida en estas plantas depende de los ciclos de hidrología por lo cual generalmente se dimensionan para que el mínimo flujo del río pueda suplir la demanda requerida.

En los proyectos filo de agua se requiere un sistema para desviar el agua del río y así aprovechar al máximo el flujo de agua disponible, por lo general se emplea un dique de derivación o una pequeña presa para esto.

- **PCH con embalse**

En este tipo de desarrollos el agua es almacenada en un reservorio (puede ser un lago existente o un embalse), esto implica la construcción de una o mas presas que puede tener un alto impacto ambiental. Aunque estos proyectos ofrecen una potencia firme, los costos de las obras para el almacenamiento del agua generalmente hacen que el proyecto no sea viable económicamente.

7.1.1.2 Otras clasificaciones de PCH.

- **Por su funcionamiento diario**

Puede ser de uso continuo cuando operan durante las 24 horas del día o discontinuo cuando se opera solo en en algún período del día.

- **Por su Sistema de Control**

Se clasifican en plantas de carga variable cuando la planta se regula con un sistema automático o manual, ó, de carga constante la cual es mantenida mediante sistemas de disipación de carga o utilizando los excedentes de energía en aplicaciones complementarias

- **Por el Uso Final de la Energía**

Pueden ser de Fin Hidráulico es decir cuando la turbina es conectada directamente a una bomba o elevador de agua; de finalidad mecánica, cuando la turbina es conectada a través de correas de transmisión para molinos de grano, motosierras, etc.; de Finalidad eléctrica cuando la turbina es conectada a un alternador y por lo tanto a una red eléctrica.

- **Por su Conexión con el Sistema Eléctrico**

Las plantas pueden ser aisladas, conectadas a una pequeña red comunitaria, o, integradas al Sistema Interconectado Nacional.

- **Por sus Características Técnicas**

Se pueden clasificar en:

Plantas Convencionales: Todos los componentes, obras civiles, captación del agua, canales, desarenadores, tanque de carga, túneles, tubería de presión, equipo electromecánico e hidráulico, son diseñados, construidos y probados de acuerdo con tecnologías comprobadas y estrictamente normalizadas. Las instalaciones de control, medida, protección, señalización, sincronización, etc., son fabricados, probados y puestos en servicio, mediante protocolos que deben cumplir indicadores internacionales que cumplen con normas internacionales establecidas por países desarrollados.

Plantas No Convencionales: Utilización y adaptación de captaciones existentes para otros usos (canales de irrigación, acueductos), tubería de presión en materiales menos exigentes (concreto, PVC), equipos electromecánicos e hidráulicos diseñados, construidos y fabricados con tecnologías apropiadas y paneles de control, medida y protección, con un mínimo de instrumentos.

Plantas Parcialmente Convencionales: Obras civiles con cierta calidad y equipo electromecánico e hidráulico adaptado de otras plantas convencionales fuera de servicio por diferentes razones (abandonadas, dañadas, vencimiento de vida útil, etc.).

7.2 PCH EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (ZNI).

Con el fin de atender la demanda básica de energía eléctrica en las ZNI del país, el ICEL emprendió un amplio programa de sistemas fotovoltaicos e hidroeléctricos destinado a las regiones localizadas en la Costa Pacífica, la Orinoquía y la Amazonía. En el ANEXO 2 se presenta el resumen de los estudios que se realizaron.

Se pretendía, además, propiciar la sustitución de Plantas Diesel, cuya disponibilidad, confiabilidad, operatividad e impacto ambiental, se tornan altamente costosos.

En la TABLA 7 - 3 y en la FIGURA 7 - 2 se presentan de acuerdo con las clasificaciones establecidas, un resumen de los proyectos y el estado de los estudios en que se encuentran

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 7 - 3 Capacidad de generación de energía eléctrica existente y en desarrollo a partir de PCH's.

PROYECTOS	Microcentrales (0-50kW)		Minicentrales (50-500kW)		Pequeñas centrales (500-10.000kW)		Medianas Centrales (10-100 MW)		TOTAL (kW)
	# de Proyectos	Potencia (kW)	# de Proyectos	Potencia (kW)	# de Proyectos	Potencia (kW)	# de Proyectos	Potencia (kW)	
Reconocidos					2	8630	14	1115000	1123630
Prefactibilidad	1	40			1	1500			1540
Factibilidad					1	600	2	35500	36100
Pre diseño									0
Diseño					1	8800			8800
Construcción			1	250	3	5300	3	100000	105550
Operación			1	450	1	2220			2670
Fuera de Servicio					1	2000			2000
TOTAL	1	40	2	700	10	29050	19	1250500	1280290

MINHACIENDA	DNP	MINMINAS	UPME	CREG	PNUD
-------------	-----	----------	------	------	------

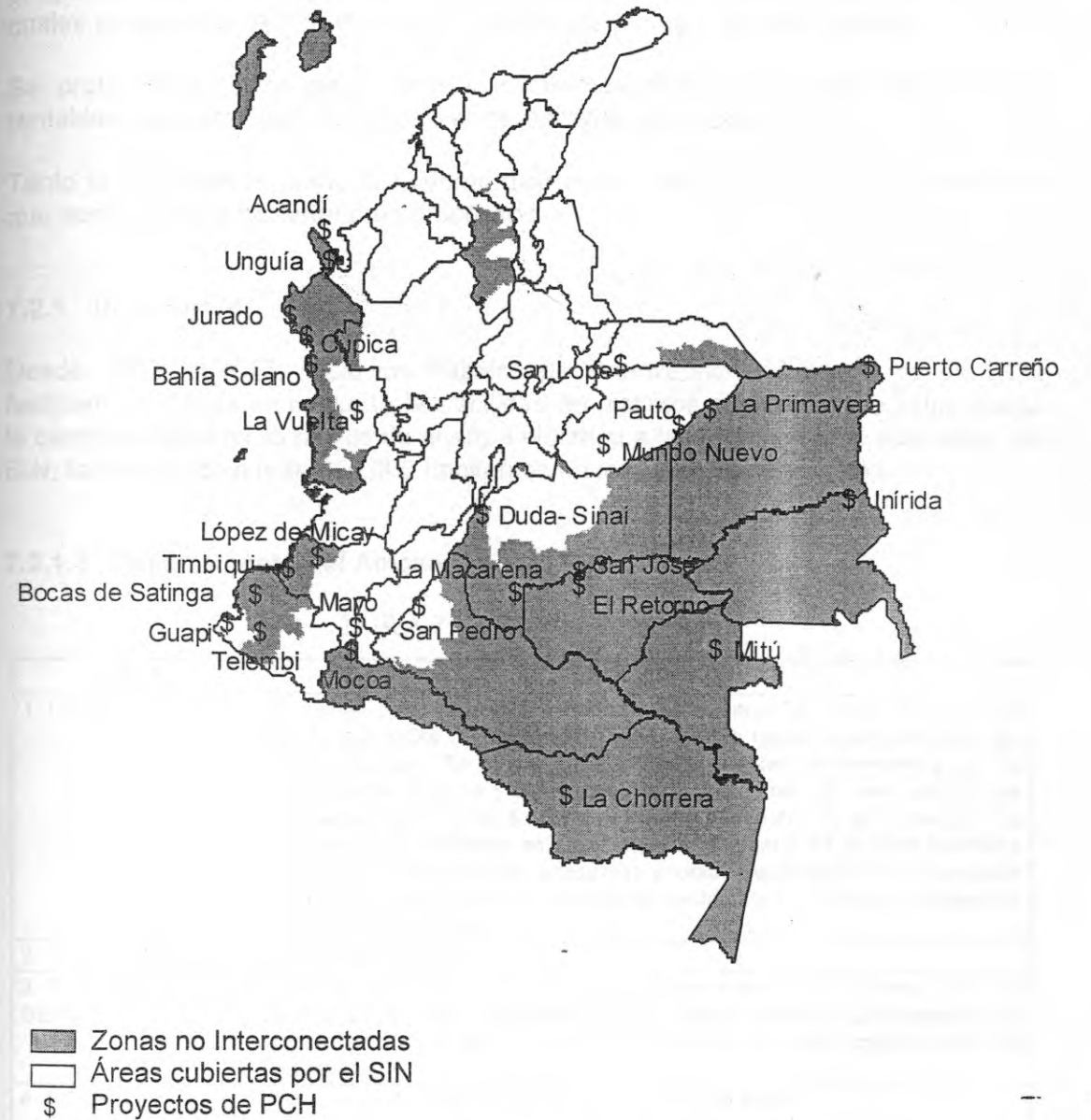


FIGURA 7 - 2 Mapa de localización de los proyectos de PCH's.

Simultáneamente el ICEL emprendió un programa para la conformación de Empresas para la administración, operación, mantenimiento y comercialización de los sistemas eléctricos ya sean de tipo térmico o hidráulico. Para tal efecto inició un proyecto piloto en el Municipio de Guapi (Cauca). Se busca con todo este programa, promover la ejecución de proyectos viables y autosostenibles, en los cuales se busca la participación activa de la comunidad y el sector privado.

Se pretende por otra parte generar esquemas descentralizados, autónomos y rentables que garanticen la supervivencia de estas empresas.

Tanto la ley reciente como la racional distribución de las regalías, son incentivos que contribuirán a los anteriores propósitos.

7.2.1 Inventarios.

Desde 1992, el ICEL inició los trabajos de Preinversión de proyectos de PCH factibles, en donde se concretó la viabilidad de distintos proyectos que solucionarían la carencia del servicio básico de energía eléctrica a las regiones más apartadas del SIN, favoreciendo a más 600.000 habitantes de los Departamentos de :

7.2.1.1 Departamento del Amazonas

TABLA 7 - 4 PCH La Chorrera

ITEM	DESCRIPCIÓN										
1. LOCALIZACIÓN	Al sur del país, en la región limítrofe con el Perú, 120 km. al noroccidente de Leticia sobre la margen izquierda del Río Igará-Paraná, afluente del Río Putumayo. En la zona del proyecto existen afloramientos de los escudos de Guyana y Brasil con discontinuidades de nivel que forman varios saltos de agua, de donde proviene el nombre de la Población: "La Chorrera" La población es especialmente indígena de la etnia Huitoto y desarrolla actividades de artesanías y turismo ecológico. Por la cercanía de la comunidad del Perú, el proyecto contribuirá a confirmar la presencia nacional de fronteras.										
2. FUENTE DE AGUA	Río Igará - Paraná.										
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana y rural del Corregimiento La Chorrera, con una población de 226 habitantes en el casco urbano. Considerando el crecimiento promedio del país en el 2%, en 20 años contará con 350 habitantes.										
4. ACCESO	<table border="0"> <tr> <td>1. Santa Fe de Bogotá-Leticia</td> <td>Por vía aérea</td> </tr> <tr> <td>Leticia-La Chorrera</td> <td>Por vía aérea.</td> </tr> <tr> <td>La Chorrera-Proyecto</td> <td>Por vía fluvial o terrestre</td> </tr> <tr> <td>2. Puerto Asís - La Chorrera</td> <td>Por vía fluvial</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(R.Putumayo e Igará-Paraná).</td> </tr> </table>	1. Santa Fe de Bogotá-Leticia	Por vía aérea	Leticia-La Chorrera	Por vía aérea.	La Chorrera-Proyecto	Por vía fluvial o terrestre	2. Puerto Asís - La Chorrera	Por vía fluvial		(R.Putumayo e Igará-Paraná).
1. Santa Fe de Bogotá-Leticia	Por vía aérea										
Leticia-La Chorrera	Por vía aérea.										
La Chorrera-Proyecto	Por vía fluvial o terrestre										
2. Puerto Asís - La Chorrera	Por vía fluvial										
	(R.Putumayo e Igará-Paraná).										

TABLA 7 - 4 Continuación

ITEM	DESCRIPCIÓN																														
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	En la margen izquierda del Igará-Paraná, se puede construir una bocatoma de caudal constante, seguida de un desarenador y luego por un canal con pendiente del 0.001% hasta el tanque de carga, sigue la tubería de presión de 100 m de longitud hasta la Casa de Máquinas de 2 turbinas Mitchell-Banki de 20 kW cada una, con generadores sincrónicos.																														
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Diseño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Captación y Conducción</td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>0.25 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>No hay.</td> </tr> <tr> <td>Tipo de captación</td> <td>Bocatoma de caudal constante.</td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>Canal de 1500 m.</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Casa de Máquinas</td> </tr> <tr> <td>Tubería de presión</td> <td>100 m.</td> </tr> <tr> <td>Caída disponible</td> <td>20 m</td> </tr> <tr> <td>Potencia instalable</td> <td>40 Kw</td> </tr> <tr> <td>Tipo de turbinas</td> <td>Mitchell-Banki, con generadores.</td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Línea de Transmisión</td> </tr> <tr> <td>Tensión</td> <td>13.2 kV</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>1.5 km</td> </tr> </tbody> </table>	Item	Diseño	Captación y Conducción		Caudal de diseño	0.25 m ³ /s	Tipo de presa	No hay.	Tipo de captación	Bocatoma de caudal constante.	Conducción	Canal de 1500 m.	Casa de Máquinas		Tubería de presión	100 m.	Caída disponible	20 m	Potencia instalable	40 Kw	Tipo de turbinas	Mitchell-Banki, con generadores.	Número de unidades	2	Línea de Transmisión		Tensión	13.2 kV	Longitud	1.5 km
Item	Diseño																														
Captación y Conducción																															
Caudal de diseño	0.25 m ³ /s																														
Tipo de presa	No hay.																														
Tipo de captación	Bocatoma de caudal constante.																														
Conducción	Canal de 1500 m.																														
Casa de Máquinas																															
Tubería de presión	100 m.																														
Caída disponible	20 m																														
Potencia instalable	40 Kw																														
Tipo de turbinas	Mitchell-Banki, con generadores.																														
Número de unidades	2																														
Línea de Transmisión																															
Tensión	13.2 kV																														
Longitud	1.5 km																														
7. ESTADO ACTUAL	Proyecto con Pre-Factibilidad y altas posibilidades de ejecución.																														
8. COSTO DEL PROYECTO	Se estima en la suma de US\$250.000.																														
9. COSTOS UNITARIOS	Se estima en US\$6.250 por kW instalado para una capacidad de 40kW.																														

7.2.1.2 Departamento del Caquetá

TABLA 7 - 5 P.C.H. San Pedro

ITEM	DESCRIPCIÓN						
1. LOCALIZACIÓN	En la Orinoquia Colombiana, al norte del Departamento del Caquetá, en la vereda Norcacia (25 km al norte de la población de Santuario) y 1 km aguas debajo de la confluencia del Río Chiquito con el Río San Pedro.						
2. FUENTE DE AGUA	Río San Pedro.						
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana y rural de Florencia, Santuario, Montañita, El Paujil, El Doncello, Puerto Rico y San Vicente del Caguán. con una población de 102.400 habitantes.						
4. ACCESO	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Santa Fe de Bogotá-Florencia</td> <td>Por vía aérea</td> </tr> <tr> <td>Florencia-Pto Rico-Norcacia</td> <td>Por carretera.</td> </tr> <tr> <td>Norcacia-Proyecto</td> <td>Por vía fluvial.</td> </tr> </tbody> </table>	Santa Fe de Bogotá-Florencia	Por vía aérea	Florencia-Pto Rico-Norcacia	Por carretera.	Norcacia-Proyecto	Por vía fluvial.
Santa Fe de Bogotá-Florencia	Por vía aérea						
Florencia-Pto Rico-Norcacia	Por carretera.						
Norcacia-Proyecto	Por vía fluvial.						

TABLA 7 - 5 Continuación

ITEM	DESCRIPCIÓN																																
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	<p>Presa: Tipo vertedero en concreto ciclópeo con estructura de limpieza controlada con compuerta radial. Cota 545 msnm.</p> <p>Conducción: En dos tramos de diferente sección (túnel y canal abierto). El túnel de conducción revestido en concreto, con sección en herradura, diámetro por definir y pendiente de del 0.15%. El canal abierto revestido en concreto, con sección rectangular de ancho 4.5 m.</p> <p>Tubería de carga: diseñada en acero.</p> <p>Casa de Máquinas: Tipo superficial.</p>																																
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ítem</th> <th>Diseño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Captación y Conducción</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caudal disponible</td> <td>43 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>21.5 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>vertedero en concreto ciclópeo</td> </tr> <tr> <td>Tipo de captación</td> <td>Lateral</td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>Túnel de 710m, canal de 237 m.</td> </tr> <tr> <td>Casa de Máquinas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tubería de presión</td> <td>126 m.</td> </tr> <tr> <td>Caída disponible</td> <td>82 m</td> </tr> <tr> <td>Potencia instalable</td> <td>15000 kW</td> </tr> <tr> <td>Tipo de turbinas</td> <td>Francis</td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Línea de Transmisión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión</td> <td>34.5 Kv</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>22 km</td> </tr> </tbody> </table>	Ítem	Diseño	Captación y Conducción		Caudal disponible	43 m ³ /s	Caudal de diseño	21.5 m ³ /s	Tipo de presa	vertedero en concreto ciclópeo	Tipo de captación	Lateral	Conducción	Túnel de 710m, canal de 237 m.	Casa de Máquinas		Tubería de presión	126 m.	Caída disponible	82 m	Potencia instalable	15000 kW	Tipo de turbinas	Francis	Número de unidades	2	Línea de Transmisión		Tensión	34.5 Kv	Longitud	22 km
Ítem	Diseño																																
Captación y Conducción																																	
Caudal disponible	43 m ³ /s																																
Caudal de diseño	21.5 m ³ /s																																
Tipo de presa	vertedero en concreto ciclópeo																																
Tipo de captación	Lateral																																
Conducción	Túnel de 710m, canal de 237 m.																																
Casa de Máquinas																																	
Tubería de presión	126 m.																																
Caída disponible	82 m																																
Potencia instalable	15000 kW																																
Tipo de turbinas	Francis																																
Número de unidades	2																																
Línea de Transmisión																																	
Tensión	34.5 Kv																																
Longitud	22 km																																
7. ESTADO ACTUAL	Diseños concluidos. La línea de transmisión se conectará en Santuario con la Línea Santuario -Doncello - Pto Rico.																																
8. COSTO DEL PROYECTO	Se estima en la suma de US\$19'980.000, con un período de construcción de 24 meses.																																
9. COSTOS UNITARIOS	Se estima en US\$1'332.000 por kW instalado para una capacidad de 15000kW.																																

7.2.1.3 Departamento del Cauca

TABLA 7 - 6 PCH López de Micay

ITEM	DESCRIPCIÓN
1. LOCALIZACIÓN	Al noroccidente de la ciudad de Popayán, en el litoral Pacífico, sobre el Río Jolí a 10 km aguas arriba del punto de confluencia con el Río Micay a 13 km al nororiente del Municipio de López de Micay.
2. FUENTE DE AGUA	Río Jolí.
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana del Municipio de López de Micay con 275 viviendas y 1084 habitantes y del Corregimiento de Jolí con 111 viviendas y 640 habitantes.
4. ACCESO	Santa Fe de Bogotá-B/ventura Por vía aérea B/ventura-Bocas del Río Micay Por vía marítima (3 horas). Bocas del Río Micay-López de Micay Por vía fluvial(3 horas). López de Micay-Proyecto Por vía fluvial(Río Jolí)
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Es el aprovechamiento del Río Jolí, captando 3 m ³ /s, caudal garantizado durante el 90% del año, llevados a través de un canal de conducción cerrado (con un desgravador y un vertedero lateral de excesos intermedios), al desarenador y tanque de carga; a lo largo de dos tuberías de presión de 30" de diámetro se llega a la casa de máquinas para generar 300 kW en la primera etapa y 150 kW en la segunda etapa. Captación: En el cauce del Río Jolí se ha diseñado el azud de derivación de 2.5 m de altura. La captación es de fondo y está protegida por una rejilla para tamaños de 3" máximo. Canal de conducción: Paralelo al cauce del río Jolí, tiene tres tramos definidos así: ➤ Captación-desgravador, con una longitud de 230 m y pendiente 0.3%. ➤ Desgravador-vertedero lateral, con longitud de 160 m y pendiente del 0.2%. ➤ Vertedero lateral-desarenador, con longitud de 920 m y pendiente del 0.2%. La sección del canal de conducción es de 1.5 mx1.5m y en su recorrido hay 9 viaductos y 2 sifones. Desarenador-Tanque de carga: En el desarenador se decantan las arenas y sedimentos que han recorrido el canal de conducción y el agua pasa limpia al tanque de carga. Tubería de carga: Dos tuberías de diámetro 30".

TABLA 7 - 6 Continuación

ITEM	DESCRIPCIÓN																																
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Diseño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Captación y Conducción</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caudal medio</td> <td>5 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>2.8 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>En concreto, perfil Creager.</td> </tr> <tr> <td>Bocatoma</td> <td>De fondo.</td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>Canal cerrado de 1308 m. <i>Uo</i></td> </tr> <tr> <td>Casa de Máquinas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tubería de presión</td> <td>Dos tuberías de 51m c/u.</td> </tr> <tr> <td>Caída disponible</td> <td>15 m</td> </tr> <tr> <td>Potencia instalable</td> <td>300 kW + 150 kW.</td> </tr> <tr> <td>Tipo de turbinas</td> <td>Mitchell-Banki, con generadores sincrónicos de 200 kVA a400 V.</td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td>2+1</td> </tr> <tr> <td>Línea de Transmisión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión</td> <td>13.2 Kv</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>13 km</td> </tr> </tbody> </table>	Item	Diseño	Captación y Conducción		Caudal medio	5 m³/s	Caudal de diseño	2.8 m³/s	Tipo de presa	En concreto, perfil Creager.	Bocatoma	De fondo.	Conducción	Canal cerrado de 1308 m. <i>Uo</i>	Casa de Máquinas		Tubería de presión	Dos tuberías de 51m c/u.	Caída disponible	15 m	Potencia instalable	300 kW + 150 kW.	Tipo de turbinas	Mitchell-Banki, con generadores sincrónicos de 200 kVA a400 V.	Número de unidades	2+1	Línea de Transmisión		Tensión	13.2 Kv	Longitud	13 km
Item	Diseño																																
Captación y Conducción																																	
Caudal medio	5 m³/s																																
Caudal de diseño	2.8 m³/s																																
Tipo de presa	En concreto, perfil Creager.																																
Bocatoma	De fondo.																																
Conducción	Canal cerrado de 1308 m. <i>Uo</i>																																
Casa de Máquinas																																	
Tubería de presión	Dos tuberías de 51m c/u.																																
Caída disponible	15 m																																
Potencia instalable	300 kW + 150 kW.																																
Tipo de turbinas	Mitchell-Banki, con generadores sincrónicos de 200 kVA a400 V.																																
Número de unidades	2+1																																
Línea de Transmisión																																	
Tensión	13.2 Kv																																
Longitud	13 km																																
7. ESTADO ACTUAL	Proyecto en funcionamiento.																																
8. COSTO DEL PROYECTO	Se estima en la suma de US\$4'710.000, con un período de construcción de 14 meses. Se esperan datos de liquidación.																																
9. COSTOS UNITARIOS	Se estima en US\$10467 por kW instalado para una capacidad de 450kW. Cálculos por verificar.																																

Un informe de la Interventoría contratada por el ICEL para el Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la PCH, indica lo siguiente:

La potencia registrada en esa fecha, alcanzó la siguiente potencia máxima, registrada en los tableros de control:

- Unidad 1: 105 kW.

- Unidad 2: 110 kW,

$$\eta = 51\%$$

$$\eta = 53\%$$

Estas capacidades, conforman la potencia absoluta de la PCH de Micay. Se adelantaron dos (2) pruebas de comportamiento "rechazo de carga", el comportamiento presentado es el siguiente:

Datos Técnicos	UNIDAD 1.- PRUEBA 1		UNIDAD 1.- PRUEBA 2	
	Condiciones Iniciales	Rechazo de carga	Condiciones Iniciales	Rechazo de carga
Tensión generador (V)	400		400	
Frecuencia (Hz)	60.4	68	60.4	68
Potencia (kW)	91	0	87	0
Potencia reactiva (kVAr)	22		22	
Corriente generador (A)	157		155	
Presión manómetro (?)	18.9	21	18.9	21.4
Tiempo de cierre de álabes (s)		21.1		20.9

Datos Técnicos	UNIDAD 2.- PRUEBA 1		UNIDAD 2.- PRUEBA 2	
	Condiciones Iniciales	Rechazo de carga	Condiciones Iniciales	Rechazo de carga
Tensión generador (V)	400		400	
Frecuencia (Hz)	60.4	68	60.4	68
Potencia (kW)	95	0	95	0
Potencia reactiva (kVAr)	25		24	
Corriente generador (A)	161		161	
Presión manómetro (?)	18.5	19.5	18.9	29.6
Tiempo de cierre de álabes (s)		24.2		24.4

Las pruebas fueron consideradas por la Interventoría como satisfactorias, teniendo en cuenta que solamente se presentaron leves y suaves oscilaciones en tanque de carga y desarenador.

Existen comentarios en el sentido de algunos factores que inciden en el funcionamiento actual de las instalaciones :

- Modificaciones en la dirección de entrada de agua a la casa de máquinas, aparentemente afectaron las turbinas instaladas inicialmente y que habían sido obsequiadas por Italia. Sus álabes sufrieron aparentemente por la turbulencia en el flujo de entrada.
- Se comenta que la capacidad de las unidades no alcanza el valor nominal.

De todas maneras son aspectos que de ser ciertos deben ser tenidos en cuenta para evitar sobrecostos en futuros proyectos.

TABLA 7 - 7 PCH Guapi

ITEM	DESCRIPCIÓN																																														
1. LOCALIZACIÓN	Al occidente de Popayán, área del litoral Pacífico, en los Ríos Napi y Brazo Seco, afluentes entre sí y el Río Guapi.																																														
2. FUENTE DE AGUA	Río Napi y Brazo Seco.																																														
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubriría el área urbana del Municipio de Guapi, corregimientos de Belén y otras localidades vecinas, con una población de 12.600 habitantes.																																														
4. ACCESO	<p>1. Santa Fe de Bogotá-Guapi. Por vía aérea</p> <p>Guapi-Desembocadura del Río Guapi. Por vía marítima.</p> <p>Desembocadura del Río Guapi-RíoNapi (Alt. 1) Por vía fluvial.</p> <p>Río Napi-Río Brazo Seco(Alt 1 y 2) Por vía fluvial.</p> <p>2. Cali-Guapi. Por vía aérea.</p> <p>3. B/ventura-Guapi. Por vía marítima.</p>																																														
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Para el diseño se consideraron 3 alternativas localizadas sobre el cauce de los Ríos Napi y Brazo Seco.																																														
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<p>Alternativa 1: Río Napi</p> <p>Localización sobre el Río Napi, en cercanía del Corregimiento de Belén.</p> <p>Tipo de proyecto: Presa derivación con bocatoma de torre sobre la margen derecha del Río Napi. El agua a turbinar se conduce por un túnel de sección tipo herradura de diámetro 4.6 m, pasa por la tubería de carga con un diámetro de 3.2 m hasta la Casa de Máquinas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Diseño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Captación y Conducción</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caudal disponible</td> <td>52 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>40 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>Derivadora.</td> </tr> <tr> <td>Tipo de bocatoma</td> <td>Torre</td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>Túnel de 3408 m</td> </tr> <tr> <td>Casa de Máquinas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tubería de presión</td> <td>252 m de longitud.</td> </tr> <tr> <td>Caída disponible</td> <td>42 m</td> </tr> <tr> <td>Potencia instalable</td> <td>13500 kW</td> </tr> <tr> <td>Tipo de turbinas</td> <td>Francis.</td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Línea de Transmisión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión</td> <td>34.5 kV</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>50 km.</td> </tr> </tbody> </table> <p>Alternativa 2: Río Brazo Seco-margen derecha.</p> <p>Localización sobre el Río Brazo Seco a 5 km del Corregimiento de Belén.</p> <p>Tipo de proyecto: Presa derivadora con bocatoma lateral para continuar con un canal cerrado tipo Box-Culvert, pasa por la tubería de carga a la Casa de Máquinas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Diseño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Captación y Conducción</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caudal disponible</td> <td>24.16 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>12 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>Derivadora.</td> </tr> <tr> <td>Tipo de bocatoma</td> <td>Lateral</td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>Canal cerrado de 980 m</td> </tr> </tbody> </table>	Item	Diseño	Captación y Conducción		Caudal disponible	52 m ³ /s	Caudal de diseño	40 m ³ /s	Tipo de presa	Derivadora.	Tipo de bocatoma	Torre	Conducción	Túnel de 3408 m	Casa de Máquinas		Tubería de presión	252 m de longitud.	Caída disponible	42 m	Potencia instalable	13500 kW	Tipo de turbinas	Francis.	Número de unidades	3	Línea de Transmisión		Tensión	34.5 kV	Longitud	50 km.	Item	Diseño	Captación y Conducción		Caudal disponible	24.16 m ³ /s	Caudal de diseño	12 m ³ /s	Tipo de presa	Derivadora.	Tipo de bocatoma	Lateral	Conducción	Canal cerrado de 980 m
Item	Diseño																																														
Captación y Conducción																																															
Caudal disponible	52 m ³ /s																																														
Caudal de diseño	40 m ³ /s																																														
Tipo de presa	Derivadora.																																														
Tipo de bocatoma	Torre																																														
Conducción	Túnel de 3408 m																																														
Casa de Máquinas																																															
Tubería de presión	252 m de longitud.																																														
Caída disponible	42 m																																														
Potencia instalable	13500 kW																																														
Tipo de turbinas	Francis.																																														
Número de unidades	3																																														
Línea de Transmisión																																															
Tensión	34.5 kV																																														
Longitud	50 km.																																														
Item	Diseño																																														
Captación y Conducción																																															
Caudal disponible	24.16 m ³ /s																																														
Caudal de diseño	12 m ³ /s																																														
Tipo de presa	Derivadora.																																														
Tipo de bocatoma	Lateral																																														
Conducción	Canal cerrado de 980 m																																														

TABLA 7 - 7 - Continuación

ITEM	DESCRIPCIÓN
	Casa de Máquinas
	Tubería de presión 2x1660 m de longitud.
	Caída disponible 186 m
	Potencia instalable 16400 kW
	Tipo de turbinas Francis.
	Número de unidades 4
	Línea de Transmisión
	Tensión 34.5 Kv
	Longitud 81.2 km
	(tres tramos para diferentes localidades)
	Alternativa 3: Río Brazo Seco-Margen Izquierda
	Localización sobre el Río Brazo Seco, a 5 km del Corregimiento de Belén.
	Tipo de proyecto: Presa derivadora con bocatoma lateral para continuar con un canal cerrado tipo Box-Culvert y luego la tubería de presión a la Casa de Máquinas.
	Item Diseño
	Captación y Conducción
	Caudal disponible 23.7 m³/s
	Caudal de diseño 12 m³/s
	Tipo de presa Derivadora.
	Tipo de bocatoma Lateral
	Conducción Canal cerrado de 1078 m
	Casa de Máquinas
	Tubería de presión 1704 m de longitud.
	Caída disponible 191.9 m
	Potencia instalable 17100 kW
	Tipo de turbinas Francis.
	Número de unidades 3
	Línea de Transmisión
	Tensión 34.5 kV
	Longitud 65 km
7. ESTADO ACTUAL	Estudios concluidos.
8. COSTO DEL PROYECTO	El presupuesto para cada una de las alternativas, se estima en la suma de: 1. A precios de 1994, US\$39'411.765. 2. US\$26'035.000 3. US\$36'794.706
9. COSTOS UNITARIOS	El período de construcción se estima en 24 meses. Se estima en : 1. US\$2919.4 por kW instalado para una capacidad de 13500kW. 2. US\$1588 por kW instalado para una capacidad de 16400 kW. 3. US\$2152 por kW instalado para una capacidad de 17100 kW.

Actualmente se quiere actualizar su diseño y costos, afín de ofrecerlo en concesión. Presenta problemas con la licencia ambiental con las líneas de transmisión y vías de acceso.

TABLA 7 - 8 PCH Timbiquí

ITEM	DESCRIPCIÓN																														
1. LOCALIZACIÓN	En el Litoral Pacífico, en la desembocadura del Río Timbiquí se encuentra el Municipio de Santa Bárbara o Timbiquí. La PCH está ubicada sobre el Río Timbiquí a 2 días por vía fluvial y a pie, en intermediciones de la Inspección de Policía de Santa María.																														
2. FUENTE DE AGUA	Río Timbiquí.																														
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana del Municipio de Timbiquí, y otros poblados como Coteje, San José y Santa María, con 2500 habitantes.																														
4. ACCESO	<table border="0"> <tr> <td>1. Santa Fe de Bogotá-Cali-Guapi</td> <td>Por vía aérea</td> </tr> <tr> <td>Guapi- Desembocadura Río Timbiquí</td> <td>Por vía marítima.</td> </tr> <tr> <td>Desembocadura Río Timbiquí-Timbiquí</td> <td>Por vía fluvial.</td> </tr> <tr> <td>Timbiquí-Santa María</td> <td>Por vía fluvial.</td> </tr> <tr> <td>Santa María-Proyecto</td> <td>A pie.</td> </tr> <tr> <td>2. B/ventura-Guapi</td> <td>Por vía marítima.</td> </tr> </table>	1. Santa Fe de Bogotá-Cali-Guapi	Por vía aérea	Guapi- Desembocadura Río Timbiquí	Por vía marítima.	Desembocadura Río Timbiquí-Timbiquí	Por vía fluvial.	Timbiquí-Santa María	Por vía fluvial.	Santa María-Proyecto	A pie.	2. B/ventura-Guapi	Por vía marítima.																		
1. Santa Fe de Bogotá-Cali-Guapi	Por vía aérea																														
Guapi- Desembocadura Río Timbiquí	Por vía marítima.																														
Desembocadura Río Timbiquí-Timbiquí	Por vía fluvial.																														
Timbiquí-Santa María	Por vía fluvial.																														
Santa María-Proyecto	A pie.																														
2. B/ventura-Guapi	Por vía marítima.																														
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Las obras están en proceso de estudio y se encuentran a nivel de Factibilidad, entre 3 alternativas preseleccionadas de un total de 5 soluciones estudiadas en las etapas de Reconocimiento y Prefactibilidad.																														
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<p>Alternativa 1: El Cuerval</p> <p>Localización: A 35 km de Timbiquí, al noroccidente de la Inspección de Santa María, sobre el Río Timbiquí a 2 horas de camino a pie. Comprende una presa vertedero de 2 m de altura, un túnel de conducción de 3 m de diámetro y una tubería de presión de 3 m de diámetro que llega a la Casa de Máquinas. Fuente: Río Timbiquí</p> <table border="0"> <tr> <td>Item</td> <td>Diseño</td> </tr> <tr> <td>Captación y Conducción</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caudal disponible</td> <td>24.3 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>24.3 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>Derivadora en concreto.</td> </tr> <tr> <td>Tipo de bocatoma</td> <td>Lateral.</td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>Túnel de 734 m de longitud.</td> </tr> <tr> <td>Casa de Máquinas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caída disponible</td> <td>51 m</td> </tr> <tr> <td>Potencia instalable</td> <td>8.800 kW</td> </tr> <tr> <td>Tipo de turbinas</td> <td>Francis</td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Línea de Transmisión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión</td> <td>34.5 kV</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>23 km</td> </tr> </table> <p>Alternativa 2: El Brizo</p> <p>Localización: En la parte alta del Río Timbiquí, 2 horas de camino a pie en la dirección sureste del caserío el Brizo. Respecto a la Inspección de Santa María se halla a unos 35 km en línea recta. Descripción del proyecto: Una presa de 15 m de altura, un canal a cielo abierto y una tubería de presión a la Casa de Máquinas.</p> <p>Fuente de agua: Río Timbiquí</p>	Item	Diseño	Captación y Conducción		Caudal disponible	24.3 m ³ /s	Caudal de diseño	24.3 m ³ /s	Tipo de presa	Derivadora en concreto.	Tipo de bocatoma	Lateral.	Conducción	Túnel de 734 m de longitud.	Casa de Máquinas		Caída disponible	51 m	Potencia instalable	8.800 kW	Tipo de turbinas	Francis	Número de unidades	3	Línea de Transmisión		Tensión	34.5 kV	Longitud	23 km
Item	Diseño																														
Captación y Conducción																															
Caudal disponible	24.3 m ³ /s																														
Caudal de diseño	24.3 m ³ /s																														
Tipo de presa	Derivadora en concreto.																														
Tipo de bocatoma	Lateral.																														
Conducción	Túnel de 734 m de longitud.																														
Casa de Máquinas																															
Caída disponible	51 m																														
Potencia instalable	8.800 kW																														
Tipo de turbinas	Francis																														
Número de unidades	3																														
Línea de Transmisión																															
Tensión	34.5 kV																														
Longitud	23 km																														

TABLA 7 - 8 - Continuación

ITEM	DESCRIPCIÓN
	<p>Item Diseño</p> <p>Captación y Conducción</p> <p>Caudal disponible 21.7 m³/s</p> <p>Caudal de diseño 21.7 m³/s</p> <p>Tipo de presa Derivadora en concreto.</p> <p>Tipo de bocatoma Lateral.</p> <p>Conducción Canal de 860 m de longitud.</p> <p>Casa de Máquinas</p> <p>Tubería de presión 93 m de longitud.</p> <p>Caída disponible 47 m</p> <p>Potencia instalable 7.385 kW ✓</p> <p>Tipo de turbinas Francis y Mitchell-Banki</p> <p>Número de unidades 3</p> <p>Línea de Transmisión</p> <p>Tensión 34.5 kV</p> <p>Longitud 31 km</p> <p>Alternativa 1: El Porvenir</p> <p>Localización: A 1.5 km de la Inspección de Santa María</p> <p>Descripción: Una presa en derivación, una conducción en túnel y una tubería de presión a la Casa de Máquinas, que incluye 3 unidades de generación.</p> <p>Fuente de agua: Ríos Timbiquí y Sesé.</p> <p>Item Diseño</p> <p>Captación y Conducción</p> <p>Caudal disponible 25.61 m³/s</p> <p>Caudal de diseño 25.60 m³/s</p> <p>Tipo de presa Derivadora en concreto.</p> <p>Tipo de bocatoma Lateral.</p> <p>Conducción Túnel de 225 m de longitud.</p> <p>Casa de Máquinas</p> <p>Caída disponible 9 m</p> <p>Potencia instalable 1.571 kW</p> <p>Tipo de turbinas Bulbo-Mitchell Banki.</p> <p>Número de unidades 3</p> <p>Línea de Transmisión</p> <p>Tensión 34.5 kV</p> <p>Longitud 23.3 km</p>
7. ESTADO ACTUAL	Se espera definir el diseño correspondiente, para determinar su ejecución.
8. COSTO DEL PROYECTO	<p>Alternativa 1: (8.800 kW) - Cuerval US\$26'000.000</p> <p>Alternativa 2: (7.385 kW)- El Brizo US\$20'000.000</p> <p>Alternativa 3: (1.571 kW)- El Porvenir US\$10'060.000</p>
9. COSTOS UNITARIOS	<p>Alternativa 1: (8.800 kW)- Cuerval US\$2.955 por kW instalado</p> <p>Alternativa 2: (7.385 kW)- El Brizo US\$2.708 por kW instalado</p> <p>Alternativa 3: (1.571 kW)- El Porvenir US\$6.404 por kW instalado</p>

7.2.1.4 Departamento del Chocó

TABLA 7 - 9 PCH Bahía Solano

ITEM	DESCRIPCIÓN										
1. LOCALIZACIÓN	Al occidente del país sobre el Litoral Pacífico, en la Quebrada Mutatá, afluente del Río Boroboro, a unos 5 km al oriente de la Ensenada de Utría y a 35 km al suroriente del Municipio de Bahía Solano. La PCH está ubicada en los predios del Parque Natural de Utría y parcialmente en los predios de una reserva indígena.										
2. FUENTE DE AGUA	Quebrada Mutatá, afluente del Río Valle.										
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana del Municipio de Bahía Solano, con una población de 1.700 habitantes y varias poblaciones a servir entre la zona del proyecto y Bahía Solano.										
4. ACCESO	<table border="0"> <tr> <td>1 Santa Fe de Bogotá-Quibdó</td> <td>Por vía aérea</td> </tr> <tr> <td>Quibdó- Bahía Solano</td> <td>Por vía aérea</td> </tr> <tr> <td>Bahía Solano-Insp. El Valle</td> <td>Por vía terrestre (18 km)</td> </tr> <tr> <td>Insp. El Valle-Río Valle- Río Boroboro-Q. Mutatá</td> <td>Por vía fluvial (15 km).</td> </tr> <tr> <td>2. B/ventura-Bahía Solano</td> <td>Por vía marítima</td> </tr> </table>	1 Santa Fe de Bogotá-Quibdó	Por vía aérea	Quibdó- Bahía Solano	Por vía aérea	Bahía Solano-Insp. El Valle	Por vía terrestre (18 km)	Insp. El Valle-Río Valle- Río Boroboro-Q. Mutatá	Por vía fluvial (15 km).	2. B/ventura-Bahía Solano	Por vía marítima
1 Santa Fe de Bogotá-Quibdó	Por vía aérea										
Quibdó- Bahía Solano	Por vía aérea										
Bahía Solano-Insp. El Valle	Por vía terrestre (18 km)										
Insp. El Valle-Río Valle- Río Boroboro-Q. Mutatá	Por vía fluvial (15 km).										
2. B/ventura-Bahía Solano	Por vía marítima										
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	<p>Presa de captación y embalse: De concreto localizada sobre la cota 434 msnm, con una altura de 6 m y una longitud de corona de 24 m. Consta de las siguientes obras:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Vertedero: 9 m de ancho con azud en la cota 437.2 msnm para descargar crecientes hasta de 67 m³/s. ➤ Conducto de purga: localizado en el estribo izquierdo, con una sección de 1.2mx1.2m y una compuerta deslizante para lavar los sedimentos. Se utilizará para la desviación del Río durante la construcción. ➤ La captación: localizada entre el vertedero y el conducto de purga, con rejilla de 0.90x1.30m, entrega a la tubería de conducción. La cota inferior de la captación es la 434.8 msnm. <p>Conducción: tubería de conducción superficial en acero de 0.5 m de diámetro, apoyada sobre anclajes y silletas de concreto; tiene espesores entre 6.38 mm y 15.089 mm. Al inicio de la tubería se han dispuesto válvulas de control para cierre automático por sobrevelocidad, en caso de rotura. Al final de la tubería, en la cota 36.9 msnm está el distribuidor que entrega a seis ramales para alimentar las turbinas. La presión de diseño de la tubería es de 442 m.</p> <p>Casa de Máquinas: Se ubica en una terraza, en la margen izquierda de la Quebrada Mutatá sobre la cota 35.5 msnm, es una edificación cubierta de 9.1mx30.3m, donde se alojan las seis turbinas con generadores sincrónicos de 370 kW cada un. Las unidades generadoras están constituidas por turbinas tipo Pelton de eje horizontal acopladas a los generadores por ejes en voladizo</p>										

TABLA 7 - 9 - Continuación

ITEM	DESCRIPCIÓN																																
	Subestación: Comprende las S/E de Mutatá, El Valle y Bahía Solano. La S/e de Mutatá, localizada en la Casa de Máquinas, tiene 6 transformadores elevadores de 470 kVA, 480V/34.5 kV y un transformador de 75 kVA para servicios de la Central y la Comunidad Indígena de la zona; las del Valle y Bahía Solano, localizadas en las poblaciones de su nombre, tienen transformadores de 1000 kVA, 34.5/13.2 kV en cada una. Línea de transmisión: Entre la Central y las Poblaciones del Valle y Bahía Solano a una tensión de 34.5 kV. El tramo de la línea entre El Valle y Bahía Solano, se diseñó en postes de concreto																																
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<table border="0"> <tr> <td>Item</td> <td>Diseño</td> </tr> <tr> <td>Captación y Conducción</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caudal disponible</td> <td>0.95 m³/s.</td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>0.95 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>Concreto Ciclópeo.</td> </tr> <tr> <td>Tipo de bocatoma</td> <td>De fondo.</td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>Tubería de presión de 1480 m.</td> </tr> <tr> <td>Casa de Máquinas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tubería de presión</td> <td>Es la de conducción.</td> </tr> <tr> <td>Caida disponible</td> <td>351 m</td> </tr> <tr> <td>Potencia instalable</td> <td>2220 kW</td> </tr> <tr> <td>Tipo de turbinas</td> <td>Pelton.</td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td>6.</td> </tr> <tr> <td>Línea de Transmisión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión</td> <td>34.5 kV</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>33 km</td> </tr> </table>	Item	Diseño	Captación y Conducción		Caudal disponible	0.95 m³/s.	Caudal de diseño	0.95 m³/s	Tipo de presa	Concreto Ciclópeo.	Tipo de bocatoma	De fondo.	Conducción	Tubería de presión de 1480 m.	Casa de Máquinas		Tubería de presión	Es la de conducción.	Caida disponible	351 m	Potencia instalable	2220 kW	Tipo de turbinas	Pelton.	Número de unidades	6.	Línea de Transmisión		Tensión	34.5 kV	Longitud	33 km
Item	Diseño																																
Captación y Conducción																																	
Caudal disponible	0.95 m³/s.																																
Caudal de diseño	0.95 m³/s																																
Tipo de presa	Concreto Ciclópeo.																																
Tipo de bocatoma	De fondo.																																
Conducción	Tubería de presión de 1480 m.																																
Casa de Máquinas																																	
Tubería de presión	Es la de conducción.																																
Caida disponible	351 m																																
Potencia instalable	2220 kW																																
Tipo de turbinas	Pelton.																																
Número de unidades	6.																																
Línea de Transmisión																																	
Tensión	34.5 kV																																
Longitud	33 km																																
7. ESTADO ACTUAL	El proyecto está operando y se está efectuando el acta de liquidación final.																																
8. COSTO DEL PROYECTO	Se tiene estimado que el costo de US\$10'000.000.																																
9. COSTOS UNITARIOS	Se tiene estimado que asciendan a US\$4.505 kW instalado, para una potencia de 2220 kW, según se desprende del informe del ICEL.																																

GENERAL	DATOS
Propietario:	Instituto Colombiano de Energía Eléctrica - ICEL
Localización:	Departamento del Chocó, a 24 km rectos al suroriente de Ciudad Mutis, cabecera municipal de Bahía Solano y a 5 km de la Ensenada de Utría.
Contratistas:	Consortio Quality - Hidromontajes, Ingenieros Asociados Ltda.
Interventoría Técnica, Administrativa y Contable:	Consortio Consultores Unidos S.A. - Hidroconsulta.
Interventoría Ambiental:	División de Ingeniería Y Proyectos del ICEL. OM Ingeniería Ambiente Ltda.
Veeduría Ambiental Popular:	Comité Directivo de la Ciudadanía y Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), residentes permanentes de la zona.

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

HIDROLOGÍA	PARÁMETROS
Fuente:	Quebrada Mutatá, afluente del río Boroboro y del río Valle, el cual desemboca en el Océano Pacífico.
Longitud de la Quebrada hasta el sitio de la presa-bocatoma:	5 km
Cota de nacimiento:	550 msnm
Cota en sitio de presa:	434 msnm
Area de la cuenca:	9.08 km ²
Precipitación media anual:	5.036 mm.
Temperatura promedio multianual:	25 °C.
Humedad relativa promedio multianual	91%
Area del reservorio de aguas:	11.500 m ² .
Volumen del reservorio:	21.500 m ³ .
Longitud del reservorio:	1.400 m.
Nivel máximo de aguas:	438.85 msnm.
Nivel normal de operación:	437.20 msnm.
Caudal medio multianual en sitio de presa:	0,95 m ³ /s.
Creciente de desviación (recurrencia 20 años):	13 m ³ /s.
Creciente máxima (recurrencia 200 años):	67 m ³ /s

PRESA-VERTEDERO	CARACTERÍSTICAS
Tipo:	De gravedad, en concreto, con bocatoma incorporada.
Altura:	7 m.
Longitud de la corona:	24 m.
Tipo de rebosadero:	En azud sin compuertas de manejo.
Luz del rebosadero:	9 m.
Orificio de purga de sedimentos:	1.20 mx1.20 m.

TUBERÍA DE CONDUCCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Tipo:	Superficial, circular, en acero.
Túnel de paso:	Largo: 148 m. Sección de 1.80 m de ancho x 2.00 m de alto.
Diámetro:	0.50 m.
Longitud:	1.848 m.
Espesor:	Desde 1/4" hasta 1/2".
Anclajes:	En concreto, con silletas deslizantes.

CASA DE MÁQUINAS	CARACTERÍSTICAS
Tipo:	Superficial, con infraestructura en concreto, estructura metálica, paneles en fibrocemento libre de asbesto, cubierta en lámina ondulada de fibrocemento sin asbesto y piso en concreto a la vista.
Cota del piso de operación:	35.50 msnm
Longitud:	30 m.
Ancho:	9 m.
Descargas:	6 box-culverts independientes y un canal colector de 27 m de longitud.

TURBINAS	CARACTERÍSTICAS
Número de unidades:	6
Tipo de turbina:	Pelton, de eje horizontal y un solo chorro.
Caudal nominal por turbina:	0.125 m ³ /s
Caída nominal:	350 m.
Potencia nominal:	370 kW.

GENERADORES	CARACTERÍSTICAS
Tipo:	Sincrónicos
Enfriamiento	Por aire
Factor de Potencia	0.8

LINEA DE TRANSMISIÓN	CARACTERÍSTICAS
Nivel de Tensión:	34.5 kV
Longitud total	33.6 km
En torrecilla de acero extragalvanizado:	18.0 km, desde Casa de Máquinas hasta cruce con el río Valle.
En postería de concreto:	15.6 km, entre las subestaciones de El Valle y la Ciudad de Mutis.
Conductor:	AAAC.

SUBESTACIÓN DE SALIDA	CARACTERÍSTICAS
Tipo:	Exterior.
Transformadores elevadores:	6 de 470 V - 34.5 kV.
Seccionadores:	6 tripolares.
Transformador de Servicios Auxiliares:	75 kVA a 480 V.
Planta Diesel:	34.5 kW.
Juego de pararrayos:	A 30 kV, 10 kA tipo óxido de zinc.

MEDIDAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	CARACTERÍSTICAS
<p>Calidad de aguas naturales y las servidas de campamentos, restituidas de nuevo a la fuente:</p> <p>Protección de los recursos naturales:</p> <p>Protección de suelos:</p> <p>Reforestación con tratamientos para complementar, adecuar, las zonas afectadas:</p>	<p>Mediante dos sistemas anaeróbicos múltiples mixtos, con una eficiencia de más del 85 %, comprobada con monitoreo bimensual, antes y después del vertimiento.</p> <p>Campañas de talleres dirigidos a la comunidad y a los trabajadores e instalación de vallas con textos alusivos.</p> <p>Trinchos, gaviones, empalizadas y empradizaciones.</p> <p>Se construyeron viveros cerca de la presa bocatoma, de la Casa de Máquinas y en El Valle, para:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revegetalización en Función de la Protección Hídrica (TRPH), en áreas adyacentes al reservorio y presa; drenajes naturales y cauce de la quebrada Mutatá. 2. Rehabilitación en zona de Casa de Máquinas (TRCM) en la terraza de construcción de la Casa de Máquinas. 3. Recuperación Forestal (TRF) en áreas próximas a los botaderos. 4. Enriquecimiento de Corredores Afectados (TECA), en áreas de la tubería de conducción, línea de transmisión y las indicadas por la comunidad indígena y las ONGs locales.

OBRAS Y ACTIVIDADES DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL PARA COMUNIDADES INDÍGENAS	CARACTERÍSTICAS
<p>Escuelas:</p> <p>Centro de Capacitación de Líderes:</p> <p>Centro de Salud:</p> <p>Acueducto:</p>	<p>Tres, con estructura en concreto, muros en bloque de cemento, cubierta en teja ondulada, puertas en madera, dotadas con 40 pupitres cada una y tableros respectivos.</p> <p>Uno, con estructura en concreto, muros en bloque de cemento, cubiertas en teja ondulada, puertas en madera, dotadas con diez pupitres y un tablero o pizarrón.</p> <p>Uno, con estructura en concreto, muros en bloque de cemento, cubierta en teja ondulada, puertas en madera, dotadas con equipo de sutura, agujas, bisturí e hilos; tensiómetro; neveras eléctricas de 8 ft³; microscopio; termómetros; autoclaves con instrumentos y líquidos desinfectantes para esterilizar; camilla de partos; camilla con escalera de ascenso y tendidos; balanzas para bebés; ecotón para frecuencia cardíaca de bebés, reloj, muebles, botiquines y demás dotación de farmacia y equipo complementario.</p> <p>Para la comunidad de Boroboro, se construyó con bocatoma en concreto, tubería en PVC y acometidas domiciliarias.</p>

OBRAS Y ACTIVIDADES DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL PARA COMUNIDADES INDÍGENAS	CARACTERÍSTICAS
Puente sobre el río Boroboro:	Este será peatonal, colgante, flexible y tiene 1.50 m de ancho y 30 m de luz máxima. Será utilizado por la comunidad indígena para el paso a través del río en época de invierno, debido a las crecidas en este periodo.
Ponteaderos sobre quebradas:	Tres ponteaderos de 4 m. De ancho por 6 m. De luz y serán utilizados por la comunidad indígena Boroboro para llegar al camino de la Ensenada de Utría y tener acceso a la zona de caza del Resguardo.
Estanques de Piscicultura:	Se construyó un estanque para el cultivo de especies endémicas de la región con el objetivo de incrementar el nivel proteico de la Comunidad Boroboro. Sus dimensiones son 10x5x1 m. Para un total de 50 m ³ .
Línea de Interconexión a Comunidades de Pozamansa y El Brazo:	A 13.2 kV con postería en madera y acometidas domiciliarias.
Zoocria:	Se desarrolla con cría de gallinas y cerdos criollos, a fin de incrementar los niveles de consumo de proteínas por parte de la población, además de contribuir a la protección del medio ambiente.
Plan de Compensación Social:	Consiste en la ejecución y talleres para la recuperación de las tradiciones, salud ocupacional, formación de líderes, comunicación en lengua nativa, impulso artesanal, jornadas culturales, talleres etnoeducativos para maestros, capacitación para 10 personas y finalmente, en la entrega de 3 lanchas de madera, 4 motores fuera de borda, un bote taxi y 3 equipos de pesca artesanal.
Plan de Indemnización Ambiental:	Consiste en el reconocimiento de pagos por concepto de daños causados a cultivos, árboles frutales, especies forestales, caza y pesca, afectación de recursos hídricos, plantas medicinales, efectos erosivos del suelo e impacto sobre el paisaje.

COSTOS ESTIMADOS DEL PROYECTO	VALOR (MILES DE COL. \$ DE 1998)	(%)
1. Obras Preliminares	648.000	3.6
2. Obras Civiles	5.436.000	30.2
3. Equipo Electromecánico	4.374.000	24.3
4. Equipo Eléctrico	972.000	5.4
5. Líneas de Transmisión	1.008.000	5.6
6. Plan de Manejo Ambiental	3.366.000	18.7
7. Interventoría	2.196.000	12.2
8. COSTO TOTAL ESTIMADO	18.000.000	100

ANALISIS DE COSTOS	DATO
1. COSTO TOTAL ESTIMADO (Col \$ de 1998).	18.000.000.000
2. TASA REPRESENTATIVA DEL MERCADO (TRM DIC.1998)	1.542,11
3. COSTO TOTAL ESTIMADO (US\$)	1'167.232
4. POTENCIA TOTAL EN KW.	370
5. COSTO UNITARIO (US\$/kW instalado)	3.154,68

ANALISIS DE COSTOS EXCLUYENDO AMBIENTALES	DATO
1. COSTO TOTAL ESTIMADO (Col \$ de 1998).	14.634.000.000
2. TASA REPRESENTATIVA DEL MERCADO (TRM DIC.1998)	1.542,11
3. COSTO TOTAL ESTIMADO (US\$)	948.960
4. POTENCIA TOTAL EN KW.	370
5. COSTO UNITARIO (US\$/kW instalado)	2.564,76

TABLA 7 - 10 PCH de Juradó

ITEM	DESCRIPCIÓN																																
1. LOCALIZACIÓN	Al occidente del país cerca de la frontera con Panamá sobre el Litoral Pacífico, en el Río Partadó y al oriente Municipio de Juradó, entre las cotas 45 y 75 msnm.																																
2. FUENTE DE AGUA	Río Partadó.																																
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana y rural del Municipio de Juradó y del Municipio de Curiche, con una población de 5.330 habitantes.																																
4. ACCESO	<table border="0"> <tr> <td>1 Santa Fe de Bogotá-Quibdó</td> <td>Por vía aérea</td> </tr> <tr> <td>Quibdó- Juradó</td> <td>Por vía aérea</td> </tr> <tr> <td>Juradó - Proyecto</td> <td>Por vía terrestre (12.3 km)</td> </tr> <tr> <td>2. B/ventura-Juradó</td> <td>Por vía marítima</td> </tr> </table>	1 Santa Fe de Bogotá-Quibdó	Por vía aérea	Quibdó- Juradó	Por vía aérea	Juradó - Proyecto	Por vía terrestre (12.3 km)	2. B/ventura-Juradó	Por vía marítima																								
1 Santa Fe de Bogotá-Quibdó	Por vía aérea																																
Quibdó- Juradó	Por vía aérea																																
Juradó - Proyecto	Por vía terrestre (12.3 km)																																
2. B/ventura-Juradó	Por vía marítima																																
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	<p>La PCH se programa construirla en dos etapas: 500 kW en la primera y 500 kW en la segunda.</p> <p>Presa: Tipo vertedero de gravedad, en concreto ciclópeo, con una altura de 7.5 m y una longitud de cresta de 22 m.</p> <p>Casa de Máquinas: se ubica a 50 m aguas abajo del salto Andresito, sobre una saliente compuesta por rocas basálticas de buena resistencia.</p> <p>Subestación: Tipo intemperie, de 600 kVA, 460 V/13.2 kV y tendrá dos entradas desde los generadores.</p>																																
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<table border="0"> <tr> <td>Item</td> <td>Diseño</td> </tr> <tr> <td>Captación y Conducción</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caudales medidos</td> <td>2.5 m³/s a 280 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>5.4 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>Presa vertedero</td> </tr> <tr> <td>Tipo de bocatoma</td> <td>Lateral</td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>Tubería metálica de 300 m.</td> </tr> <tr> <td>Casa de Máquinas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tubería de presión</td> <td>Por definir.</td> </tr> <tr> <td>Caída neta</td> <td>26.5 m</td> </tr> <tr> <td>Potencia instalable</td> <td>1000 kW</td> </tr> <tr> <td>Tipo de turbinas</td> <td>Francis o Mitchell Banki.</td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td>3 (2 iniciales de 250 kW) y luego se adiciona la 3ª)</td> </tr> <tr> <td>Línea de Transmisión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión</td> <td>13.2 kV</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>12 km</td> </tr> </table>	Item	Diseño	Captación y Conducción		Caudales medidos	2.5 m ³ /s a 280 m ³ /s	Caudal de diseño	5.4 m ³ /s	Tipo de presa	Presa vertedero	Tipo de bocatoma	Lateral	Conducción	Tubería metálica de 300 m.	Casa de Máquinas		Tubería de presión	Por definir.	Caída neta	26.5 m	Potencia instalable	1000 kW	Tipo de turbinas	Francis o Mitchell Banki.	Número de unidades	3 (2 iniciales de 250 kW) y luego se adiciona la 3ª)	Línea de Transmisión		Tensión	13.2 kV	Longitud	12 km
Item	Diseño																																
Captación y Conducción																																	
Caudales medidos	2.5 m ³ /s a 280 m ³ /s																																
Caudal de diseño	5.4 m ³ /s																																
Tipo de presa	Presa vertedero																																
Tipo de bocatoma	Lateral																																
Conducción	Tubería metálica de 300 m.																																
Casa de Máquinas																																	
Tubería de presión	Por definir.																																
Caída neta	26.5 m																																
Potencia instalable	1000 kW																																
Tipo de turbinas	Francis o Mitchell Banki.																																
Número de unidades	3 (2 iniciales de 250 kW) y luego se adiciona la 3ª)																																
Línea de Transmisión																																	
Tensión	13.2 kV																																
Longitud	12 km																																
7. ESTADO ACTUAL	Diseños concluidos y su construcción se estima en 18 meses.																																
8. COSTO DEL PROYECTO	Se tiene estimado que el costo de la primera etapa ascienda a los US\$3'178.000.																																
9. COSTOS UNITARIOS	Se tiene estimado que asciendan a US\$3.178 kW instalado, para una potencia de 1000 kW, según se desprende del informe del ICEL.																																

TABLA 7 - 11 PCH Unguía.

ITEM	DESCRIPCIÓN
1. LOCALIZACIÓN	La Población de Unguía y los caseríos de Santa María, Gilgal, Marcella y Balboa, están ubicados en la Región del Darién al noroccidente del país, en la franja fronteriza con Panamá, al norte del Departamento del Chocó, como corregimiento e inspecciones de policía del Municipio de Acandí, respectivamente. Este proyecto es básico para integrar la franja fronteriza con el resto del país, estimulando principalmente la explotación de oro y cobre.
2. FUENTE DE AGUA	Río Cutí.
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana y rural del Municipio de Unguía y los caseríos de Santa María, Gilgal, Marcella y Balboa, con una población de 7.350 habitantes.
4. ACCESO	Santa Fe de Bogotá-Acandí Por vía aérea Acandí-Río Atrato Por el Golfo de Urabá, vía marítima Río Atrato-Río Cutí-Proyecto Por vía fluvial.
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Presa: En enrocado con pantalla de concreto, con una altura de 18.0 m. La cresta está sobre la cota 260.0 msnm. La captación consiste en una torre de 14.2 m de alta en la margen derecha del Río Cutí. Rebosadero: consta de una estructura de concreto con 3 puertas radiales de 7.10 m de altura y 4.85 m de ancho y de un canal de aducción. Tubería de conducción: metálica con diámetro de 1.15 m y reducción a dos conductos de 0.80 m en la entrada a la casa de máquinas. Casa de Máquinas: El cuarto de máquinas alojará dos turbinas y sus dimensiones son de 10mx6m, tipo superficial.
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Item Diseño Captación y Conducción Caudales medio 3.8 m ³ /s Caudal de diseño 2.3 m ³ /s Tipo de presa Enrocado, con pantallas de concreto. Conducción Tubería metálica; longitud 1.675 m. Casa de Máquinas Tubería de presión 430 m de longitud. Caída bruta. 68 m * Potencia a instalar 1100 kW Tipo de turbinas Francis de eje horizontal. Número de unidades 2. Línea de Transmisión Tensión 13.8 kV Longitud 19.5 km a Unguía y 15.5 km a Santa María.
7. ESTADO ACTUAL	Los diseños están concluidos y se estima su construcción en 20 meses.
8. COSTO DEL PROYECTO	Se tiene estimado que el costo de la primera etapa ascienda a los US\$6'360.000.
9. COSTOS UNITARIOS	Se tiene estimado que asciendan a US\$5.782 kilovatio instalado, para una potencia de 1100 kW, según se desprende del informe del ICEL.

TABLA 7 - 12 PCH Acandí.

ITEM	DESCRIPCIÓN
1. LOCALIZACIÓN	Al noroccidente de del país, 8 km al occidente del Municipio de Acandí al norte del Departamento del Chocó y en límites con la República de Panamá, en el Golfo de Urabá.
2. FUENTE DE AGUA	Quebrada Mono Macho.
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana del Municipio de Acandí, con una población de 4.450 habitantes.
4. ACCESO	1. Medellín-Acandí Por vía aérea Acandí-Proyecto Por carretera (15 km). 2. Santa Fe de Bogotá-Acandí Por vía aérea.
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Presa-vertedero: de cierre total y derivación lateral en concreto ciclópeo, tanque desgravador en concreto reforzado. Bocatoma: fuga de fondo "tirol" con compuerta de limpieza. El caudal se conduce por un ducto de unión de forma de Box-Culvert, con sección rectangular de 0.4mx0.4m. La tubería de transición es en asbesto cemento de diámetro 24" clase 6, con longitud de 6 m. Tubería de conducción: asbesto cemento, diámetro 24" clase 6. Tubería de presión: asbesto cemento de diámetro 20 "clase 10, 15, 20, va enterrada en una profundidad de 0.50 m. Subestación: Transformador 13.8 kV de 250 kVA.
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Item Diseño Captación y Conducción Caudales disponible por definir. Caudal de diseño 0.450 m³/s Tipo de presa presa-vertedero. Tipo de bocatoma de fondo "tirol" Conducción 750 m de longitud. Casa de Máquinas Tubería de presión 1120 m de longitud. Caída bruta. 88 m Potencia instalable 250 kW Tipo de turbinas Pelton de eje horizontal. Número de unidades 2. Línea de Transmisión Tensión 13.8 kV Longitud 13 km.
7. ESTADO ACTUAL	Los diseños están concluidos y se estima su construcción en 18 meses.
8. COSTO DEL PROYECTO	Se tiene estimado que el costo a los US\$1'450.000.
9. COSTOS UNITARIOS	Se tiene estimado que asciendan a US\$5.800 kilovatio instalado, para una potencia de 250 kW, según se desprende del informe del ICEL.

TABLA 7 - 13 PCH Cupica.

ITEM	DESCRIPCIÓN
1. LOCALIZACIÓN	Al noroccidente de del país, en el Departamento del Chocó, sobre la Costa Pacífica en la zona norte del Municipio de Bahía Solano, sobre la margen derecha del Río Loro.
2. FUENTE DE AGUA	Río Loro.
3. POBLACIÓN A SERVIR	Se beneficiará la Inspección de Policía de Cupica, con una población urbana y rural de 1.240 habitantes.
4. ACCESO	Bogotá(o Medellín)- Bahía Solano Por vía aérea Bahía Solano-Cupica Por vía marítima (1 hora). Cupica-Proyecto Por vía fluvial.
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Presa-vertedero: por definir. Bocatoma: por definir. Tubería de conducción: por definir Tubería de presión: por definir Subestación: por definir
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Por definir
7. ESTADO ACTUAL	Estudios por definir.
8. COSTO DEL PROYECTO	Por definir.
9. COSTOS UNITARIOS	Por definir.

TABLA 7 - 14 PCH Pizarro.

ITEM	DESCRIPCIÓN
1. LOCALIZACIÓN	Sobre el Litoral Pacífico al suroriente del Departamento del Chocó en la Población de Pizarro, sobre el Río Baudó.
2. FUENTE DE AGUA	Río Purricha.
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana y rural del Municipio de Pizarro y localidades a lo largo de la línea de transmisión, con una población de 1.750 habitantes.
4. ACCESO	Santa Fe de Bogotá-Quibdó-Nuquí Por vía aérea Nuquí-Río Purricha Por vía marítima. Río Purricha-Proyecto Por vía fluvial.
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Presa-vertedero: Por Bocatoma: Definir Tubería de conducción: Información Subestación: Pendiente
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	La información es incompleta y parcial, solamente se ha logrado saber que existen tres alternativas, una vez se encuentre la información en la Biblioteca ICEL (aún cerrada) se completará la base de datos Item Diseño Captación y Conducción Caudales disponible por definir. Caudal de diseño m ³ /s Tipo de presa Tipo de bocatoma Conducción m de longitud. Casa de Máquinas Tubería de presión m de longitud. Caída bruta. m Potencia instalable kW Tipo de turbinas Número de unidades Línea de Transmisión Tensión kV Longitud km.
7. ESTADO ACTUAL	Por definir.
8. COSTO DEL PROYECTO	Por definir.
9. COSTOS UNITARIOS	Por definir

Se realizaron diseños. Se encuentra inscrito en CODECHOCÓ para la obtención de la licencia ambiental, es necesario actualizar costos de construcción y buscar financiación para su ejecución.

7.2.1.5 Departamento del Guainía

TABLA 7 - 15 PCH Inírida

ITEM	DESCRIPCIÓN
1. LOCALIZACIÓN	Al oriente del y al sur del Municipio de Pto Inírida, capital del Departamento de Guanía, sobre el Río Inírida.
2. FUENTE DE AGUA	Río Inírida.
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana del Municipio de Pto. Inírida, con 6230 habitantes y 1040 viviendas.
4. ACCESO	Santa Fe de Bogotá-Pto. Inírida Por vía aérea Pto. Inírida-Proyecto Por vía fluvial al sur del Río Inírida
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Por definir. Presa de captación de concreto y embalse: Conducción: Casa de Máquinas: Línea de transmisión:
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Item Diseño Captación y Conducción Caudal disponible 45 m ³ /s Caudal de diseño m ³ /s Tipo de presa Tipo de bocatoma Conducción m Casa de Máquinas Tubería de presión Caída disponible m Potencia instalable kW Tipo de turbinas Número de unidades Línea de Transmisión Tensión kV Longitud km
7. ESTADO ACTUAL	Por definir
8. COSTO DEL PROYECTO	Por definir
9. COSTOS UNITARIOS	Por definir

Es importante mencionar el estado actual de la PCH de Inírida. EL ICEL contrató con Consultores Regionales Asociados CRA Ltda los estudios de prefactibilidad, factibilidad y diseño mediante el contrato 6205 de 1994. Luego de estudiar varias alternativas como las del raudal de Cuate. Este aprovechamiento dista aproximadamente 150 km. de Puerto Inírida. La potencia extraíble del río en este sitio era de aproximadamente 2 MW. El proyecto era técnicamente viable, pero los excesivos costos lo hacían económicamente inviable, adicional a esto las

restricciones ambientales son altas, y aunque se había estimado en US\$16.000/KW para 1995, se presumía que los costos podrían aumentar por la incertidumbre en las cimentaciones bajo agua para algunos tramos de la línea. Actualmente se pretende la posibilidad de hacer generación cerca a Puerto Inírida con turbinas sumergibles.

- El ICEL contrató en 1995, la Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño.
- En la Fase de Prefactibilidad, se adelantó el análisis técnico - económico de las alternativas planteadas.
- El Raudal de Cualé sobre el Río Inírida, fue el único que presentó algunas condiciones, pero con los siguientes inconvenientes:
- La distancia de 120 km. del proyecto a Puerto Inírida (120 km.), es considerada demasiado larga.
- El recorrido de la línea a través de 7 resguardos, dificultan demasiado las gestiones ambientales.
- El recorrido de la línea por la selva (árboles de 20 y 30 m de altura) dificulta su construcción y eleva los costos para transmitir 2000 kW (US\$16.000/kW instalado).
- Se concluyó que el proyecto no ofrecía las condiciones técnicas, económicas, ambientales suficientes.
- La Interventoría recomendó suspender los estudios.

7.2.1.6 Departamento del Guaviare

TABLA 7 - 16 PCH San José

ITEM	DESCRIPCIÓN
1. LOCALIZACIÓN	Existe una posibilidad sobre el Río Guayabero, en el raudal Salto de Angostura II, a una distancia aproximada de 27 km al occidente de San José del Guaviare. Otra posibilidad queda en el Departamento del Meta, sobre el Caño Cafre, afluente del Río Guayabero.
2. FUENTE DE AGUA	Río Guayabero y afluentes.
3. POBLACIÓN A SERVIR	Con el primer caso se pretendía cubrir la demanda de S. José del Guaviare y localidades vecinas en los Departamentos de Meta y Guaviare los que cuentan con 29580 habitantes; en la segunda opción solamente se atendería el Municipio de Pto. Concordia (Meta).
4. ACCESO	Santa Fe de Bogotá-Pto. Inírida Por vía aérea Pto. Inírida-Proyecto Por vía fluvial al sur del Río Inírida.
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Sin definir.
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Sin definir.
7. ESTADO ACTUAL	Parece que el proyecto se descartó por imposibilidad técnica y actualmente se está construyendo una línea de transmisión de 115 kV entre Granada y San José del Guaviare.
8. COSTO DEL PROYECTO	Sin definir
9. COSTOS UNITARIOS	Sin definir

TABLA 7 - 17 PCH El Retorno.

ITEM	DESCRIPCIÓN
1. LOCALIZACIÓN	Existe una posibilidad sobre el Río Guayabero, en el raudal Salto de Angostura II, a una distancia aproximada de 27 km al occidente de San José del Guaviare. Otra posibilidad queda en el Departamento del Meta, sobre el Caño Cafre, afluente del Río Guayabero.
2. FUENTE DE AGUA	Río Guayabero y afluentes.
3. POBLACIÓN A SERVIR	Con el primer caso se pretendía cubrir la demanda de S. José del Guaviare y localidades vecinas en los Departamentos del Meta y Guaviare los que cuentan con 29580 habitantes; en la segunda opción solamente se atendería el Municipio de Pto. Concordia (Meta).
4. ACCESO	Santa Fe de Bogotá-Pto. Inírida Por vía aérea Pto. Inírida-Proyecto Por vía fluvial al sur del Río Inírida.
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Sin definir.
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Sin definir.
7. ESTADO ACTUAL	El proyecto se descartó por imposibilidad técnica y actualmente se está construyendo una línea de transmisión de 115 kV entre Granada y San José del Guaviare.
8. COSTO DEL PROYECTO	Sin definir
9. COSTOS UNITARIOS	Sin definir

7.2.1.7 Departamento del Meta

TABLA 7 - 18 PCH La Macarena

ITEM	DESCRIPCIÓN																																
1. LOCALIZACIÓN	El Municipio de La Macarena se encuentra localizado al extremo suroriental del Territorio de Reserva Nacional Sierra de la Macarena. El sitio del Proyecto se halla a 35 km al norte del centro de consumo. Caño Canoas.																																
2. FUENTE DE AGUA																																	
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana del Municipio de La Macarena y otras localidades vecinas, con una población de 2.900 habitantes.																																
4. ACCESO	Santa Fe de Bogotá-Villavicencio-La Macarena Por vía aérea La Macarena-Río Guayabero-Caño Yarumales Por vía fluvial. Caño Yarumales-Proyecto Por camin herradura-5km																																
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Presas: vertedero en concreto ciclópeo con altura de 6 m y longitud de la corona 13 m. Canal de conducción: se aprovecha un canal natural existente originado por la erosión, sobre unas diaclasas verticales, el cual requiere reconformarse en el fondo y las paredes, para ajustarlo a las dimensiones del diseño; durante la construcción de la PCH prevista en época de verano, funcionará como canal de desviación; la pendiente de trabajo es del 1.56 %. Tubería de conducción: en polietileno de alta densidad, con una S/E con transformador de 375 kVA, 0.44/34.5 kV en la Casa de Máquinas, una línea de transmisión con longitud de 33 km, hasta La Macarena en donde se instalará una S/E transformadora de 34.5/13.8 kV, que alimentará la Red de Usuarios.																																
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<table border="0"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Diseño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Captación y Conducción</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caudal medio</td> <td>1.35 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>1.0 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>vertedero en concreto ciclópeo lateral</td> </tr> <tr> <td>Tipo de captación</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>tubería de 1054 m</td> </tr> <tr> <td>Casa de Máquinas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tubería de presión</td> <td>misma conducción</td> </tr> <tr> <td>Caída bruta</td> <td>97.5 m</td> </tr> <tr> <td>Potencia instalable</td> <td>600 kW</td> </tr> <tr> <td>Tipo de turbinas</td> <td>Mitchell-Banki</td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Línea de Transmisión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión</td> <td>34.5 kV</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>33 km</td> </tr> </tbody> </table>	Item	Diseño	Captación y Conducción		Caudal medio	1.35 m ³ /s	Caudal de diseño	1.0 m ³ /s	Tipo de presa	vertedero en concreto ciclópeo lateral	Tipo de captación		Conducción	tubería de 1054 m	Casa de Máquinas		Tubería de presión	misma conducción	Caída bruta	97.5 m	Potencia instalable	600 kW	Tipo de turbinas	Mitchell-Banki	Número de unidades	2	Línea de Transmisión		Tensión	34.5 kV	Longitud	33 km
Item	Diseño																																
Captación y Conducción																																	
Caudal medio	1.35 m ³ /s																																
Caudal de diseño	1.0 m ³ /s																																
Tipo de presa	vertedero en concreto ciclópeo lateral																																
Tipo de captación																																	
Conducción	tubería de 1054 m																																
Casa de Máquinas																																	
Tubería de presión	misma conducción																																
Caída bruta	97.5 m																																
Potencia instalable	600 kW																																
Tipo de turbinas	Mitchell-Banki																																
Número de unidades	2																																
Línea de Transmisión																																	
Tensión	34.5 kV																																
Longitud	33 km																																
7. ESTADO ACTUAL	Estudios a nivel de Factibilidad. Minambiente negó Licencia Ambiental por lo cual el proyecto no es considerado en el corto plazo.																																
8. COSTO DEL PROYECTO	Se estima en la suma de US\$4'950.000, con un periodo de construcción de 18 meses.																																
9. COSTOS UNITARIOS	Se estima en US\$8200 por kW instalado para una capacidad de 600kW.																																

7.2.1.8 Departamento de Nariño

TABLA 7 - 19 PCH Bocas de Satinga.

ITEM	DESCRIPCIÓN
1. LOCALIZACIÓN	Al sur del país, sobre el Río Satinga, en el Litoral Pacífico.
2. FUENTE DE AGUA	Río Satinga o Río Tapaje.
3. POBLACIÓN A SERVIR	Cubrirá el área urbana del Municipio Olaya Herrera, con una población de 5.500 habitantes.
4. ACCESO	Santa Fe de Bogotá (o Cali)- Guapi Por vía aérea Guapi - Bocas de Satinga Por vía marítima. Bocas de Satinga-Proyecto Por vía fluvial.
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	La alternativa del Río Tapaje se ha considerado como muy atractiva, por cuanto se han identificado saltos puntuales de 4.5 m. Adicionalmente existe un tramo de 4 a 5 km que está encañonado y en el que se puede construir una presa para embalsar.
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Alternativa 1: Bocas de Satinga La potencia requerida corresponde a la demanda actual de la cabecera del Municipio de Olaya Herrera y sus vecinos. Fuente de agua: Río Satinga Item Diseño Captación y Conducción Caudal requerido 4.5 m ³ /s Conducción Túnel o canal y longitud de 2200 m. Casa de Máquinas Caída bruta requerida 5 m Potencia requerida 3030 kW Alternativa 2: Tapaje. Aprovechando el Río Tapaje y/o su afluente la Q. Santa Catalina
7. ESTADO ACTUAL	Fue descartado por no ser viable técnicamente
8. COSTO DEL PROYECTO	Por estimar
9. COSTOS UNITARIOS	Por estimar.

7.2.1.9 Departamento de Putumayo

TABLA 7 - 20 PCH Mocoa.

ITEM	DESCRIPCIÓN																								
1. LOCALIZACIÓN	Al sur del país, unos 8 km al norte de Mocoa sobre el Río Mocoa, en una zona que cruza la carretera Mocoa - Pitalito, entre las cotas 720 y 600 msnm.																								
2. FUENTE DE AGUA	Río Mocoa.																								
3. POBLACIÓN A SERVIR	Puerto Asis, Pto Caicedo, San Pedro, Pto Colón, La Hormiga, El Tigre, San Miguel, Pueblo Viejo, San Antonio, El Pepino, Villagarzón, Pto Limón, Santa Lucía, Pto Guzmán, Pto Umbria y Orito, para servir a 110000 habitantes.																								
4. ACCESO	1. Santa Fe de Bogotá-Cali (o Neiva)- Mocoa. Por vía aérea Mocoa- Proyecto Por vía terrestre. 2. Santa Fe de Bogotá-Mocoa Por vía aérea.																								
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Presa: derivadora en concreto, localizada en el antiguo Puente Monclart sobre el Río Mocoa, para manejar caudales de crecientes, los niveles de agua para captación y la limpieza de sedimentos mediante compuertas radiales. La bocatoma es un orificio superficial al lado izquierdo de la presa. Canal de conducción: desde la bocatoma, por un canal en cajón de concreto de 2.8 mx2.9m de sección, hasta una zona de pondaje natural y luego se continúa hasta un segundo tramo de conducción, en alcantarilla de cajón y después en canal trapezoidal; a continuación de la segunda conducción, se llega a un segundo pondaje y el tercer tramo de la conducción, en canal trapezoidal. Finalmente se encuentra el tanque de carga con 400 m ³ de capacidad y la tubería de carga semienterrada de un diámetro de 2.5 m. Casa de Máquinas: Es superficial, aloja cuatro unidades turbogeneradoras que descargan las aguas turbinadas al Río Mocoa. Cada turbina acopla a un generador de 6500 kVA trifásico, sincrónico, de 60 Hz, con Factor de Potencia de 0.85.																								
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<table border="0"> <tr> <td>Item</td> <td>Diseño</td> </tr> <tr> <td>Captación y Conducción</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>15 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>Derivadora en concreto.</td> </tr> <tr> <td>Bocatoma</td> <td>Aprovechamiento a filo de agua.</td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>Box-Culvert y canal de 1750 m.</td> </tr> <tr> <td>Casa de Máquinas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tubería de presión</td> <td>1280 m.</td> </tr> <tr> <td>Caída disponible</td> <td>107.5 m</td> </tr> <tr> <td>Potencia instalable</td> <td>22000 kW</td> </tr> <tr> <td>Tipo de turbinas</td> <td>Francis eje vertical.</td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td>4.</td> </tr> </table>	Item	Diseño	Captación y Conducción		Caudal de diseño	15 m ³ /s	Tipo de presa	Derivadora en concreto.	Bocatoma	Aprovechamiento a filo de agua.	Conducción	Box-Culvert y canal de 1750 m.	Casa de Máquinas		Tubería de presión	1280 m.	Caída disponible	107.5 m	Potencia instalable	22000 kW	Tipo de turbinas	Francis eje vertical.	Número de unidades	4.
Item	Diseño																								
Captación y Conducción																									
Caudal de diseño	15 m ³ /s																								
Tipo de presa	Derivadora en concreto.																								
Bocatoma	Aprovechamiento a filo de agua.																								
Conducción	Box-Culvert y canal de 1750 m.																								
Casa de Máquinas																									
Tubería de presión	1280 m.																								
Caída disponible	107.5 m																								
Potencia instalable	22000 kW																								
Tipo de turbinas	Francis eje vertical.																								
Número de unidades	4.																								

TABLA 7 - 20 - Continuación

ITEM	DESCRIPCIÓN
7. ESTADO ACTUAL	<p>Diseño concluido en 1982. En 1987 se hicieron los planos de construcción para las conducciones y se inició el proceso de construcción, pero hubo una suspensión definitiva en 1988. El ICCEL adquirió la totalidad de los predios, los que se concedieron en comodato a las autoridades regionales. Se construyó la vía de acceso a la Casa de Máquinas, los campamentos y talleres para el contratista y las excavaciones de gran parte de las conducciones y pondajes. La actualización de diseños estaba prevista para finales de 1995.</p> <p>La zona está interconectada actualmente por lo cual no se justifica la realización de esta inversión</p>
8. COSTO DEL PROYECTO	<p>Se estimaba en la suma de US\$32'000.000, con un periodo de construcción de 24 meses.</p>
9. COSTOS UNITARIOS	<p>Se estima en US\$1455 por kW instalado para una capacidad de 22000kW.</p>

7.2.1.10 Departamento del Vaupés

TABLA 7 - 21 PCH Mitú

ITEM	DESCRIPCIÓN																																
1. LOCALIZACIÓN	Al oriente del país, en la zona fronteriza con el Brasil, 30 km aguas debajo de Mitú, capital del Departamento del Vaupés, en la margen izquierda del Río Vaupés, en el sitio denominado Santa Cruz.																																
2. FUENTE DE AGUA	Río Vaupés.																																
3. POBLACIÓN A SERVIR	Municipio de Mitú y alrededores, con una población estimada e 6.000 habitantes. Con este proyecto se pretende tecnificar el manejo de los productos agrícolas y ganaderos de la zona.																																
4. ACCESO	Santa Fe de Bogotá (o Villavicencio)- Mitú Por vía aérea Mitú-Proyecto Por vía fluvial o carreter (25 km).																																
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Requería excavación en roca por un canal de 20 m de ancho, con una estructura de compuertas para las operaciones de limpieza del canal de descarga de 10 m de ancho. Además incluiría la construcción de muros de contención para el control de las aguas máximas, una S/E y una línea de transmisión de 34.5 kV. Se utilizarían 2 grupos generadores tipo Bulbo, disposición horizontal, con una capacidad de 700 kW cada uno, operando con cabeza hidráulica de 2.5 m y un caudal de 30 m³/s por unidad. Subestación: tendrá 2 transformadores elevadores, con un voltaje de 13.8/34.5 kV y potencia de 800 kVA cada uno, un transformador para servicios auxiliares de 45 kVA con relación 13.8kV/208/120 V.																																
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<table border="0"> <tr> <td>Item</td> <td>Diseño</td> </tr> <tr> <td>Captación y Conducción</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caudal medio</td> <td>200 m³/s con excedencia del 95%.</td> </tr> <tr> <td>Caudal de diseño</td> <td>71 m³/s</td> </tr> <tr> <td>Tipo de presa</td> <td>En concreto.</td> </tr> <tr> <td>Tipo de captación</td> <td>Lateral</td> </tr> <tr> <td>Conducción</td> <td>Abierta, 10 m de longitud.</td> </tr> <tr> <td>Casa de Máquinas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caída neta</td> <td>2.7 m</td> </tr> <tr> <td>Potencia a instalar</td> <td>3200 kW en 2 o 3 etapas</td> </tr> <tr> <td>Potencia bruta instalable</td> <td>8467.2 kVA.</td> </tr> <tr> <td>Tipo de turbinas</td> <td>Bulbo.</td> </tr> <tr> <td>Número de unidades</td> <td>2 o 3.</td> </tr> <tr> <td>Línea de Transmisión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensión</td> <td>34.5 kV</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>30 km</td> </tr> </table>	Item	Diseño	Captación y Conducción		Caudal medio	200 m³/s con excedencia del 95%.	Caudal de diseño	71 m³/s	Tipo de presa	En concreto.	Tipo de captación	Lateral	Conducción	Abierta, 10 m de longitud.	Casa de Máquinas		Caída neta	2.7 m	Potencia a instalar	3200 kW en 2 o 3 etapas	Potencia bruta instalable	8467.2 kVA.	Tipo de turbinas	Bulbo.	Número de unidades	2 o 3.	Línea de Transmisión		Tensión	34.5 kV	Longitud	30 km
Item	Diseño																																
Captación y Conducción																																	
Caudal medio	200 m³/s con excedencia del 95%.																																
Caudal de diseño	71 m³/s																																
Tipo de presa	En concreto.																																
Tipo de captación	Lateral																																
Conducción	Abierta, 10 m de longitud.																																
Casa de Máquinas																																	
Caída neta	2.7 m																																
Potencia a instalar	3200 kW en 2 o 3 etapas																																
Potencia bruta instalable	8467.2 kVA.																																
Tipo de turbinas	Bulbo.																																
Número de unidades	2 o 3.																																
Línea de Transmisión																																	
Tensión	34.5 kV																																
Longitud	30 km																																
7. ESTADO ACTUAL	En proceso de construcción.																																
8. COSTO DEL PROYECTO	Se estima en la suma de US\$11'200.000, con un periodo de construcción de 36 meses.																																
9. COSTOS UNITARIOS	Se estima en US\$3500 por kW instalado para una capacidad de 3200kW.																																

La PCH aprovecha una caída máxima de 3 m en un raudal o chivera del Río Vaupés. Según el informe, La firma contratista fue conformada por la Unión Temporal "Aguas del Mitú" y la Interventoría fue constituida por el Consorcio Estudios Técnicos S.A. y Coimciel Ltda, la Coordinación de la Interventoría y del Contrato de Construcción, la efectúa el ICEL con un Ingeniero Civil y Mecánico, especializados en el ramo, con el soporte técnico del Subdirector Técnico del ICEL y un asesor externo en Ingeniería Eléctrica.

Las obras se iniciaron en el mes de Abril de 1998, con un plazo de 24 meses (abril del 2000). El avance en la fecha abril de 1999, era mayor que el 30% y presentaba atrasos motivados por cambios introducidos por el Minambiente, sin embargo el avance en obras civiles y PMA, alcanzó un 31.8%.

El "Fenómeno de la niña", incidió en forma importante sobre el avance de los trabajos ya que según el informe, esta situación implicó sobrecostos, en el muro de cierre. Por tal motivo, el ICEL solicitó recursos adicionales para atender estos sobrecostos y los frentes que faltaban por contratar.

Las Fuentes de financiación previstas en pesos colombianos de abril del año 2000, ascienden a los siguientes valores:

TABLA 7 - 22- Fuentes de financiación PCH MITU.

ORIGEN FONDOS	AÑO (Millones de \$)					TOTALES
	1996	1997	1998	1999	2000	
Pres. Nal.	1.378,3	2.238,4	4.350,0	19.006,1	10.643,4	
FNR	283,0					
Totales	1.661,3	2.238,4	4.350,0	19.006,1	10.643,4	37.899,2

Las siguientes causas han implicado retrasos en el proyecto y adicionalmente incremento de los costos inicialmente calculados -

- Fuertes crecidas del río, han destruido algunas obras civiles que se estaban desarrollando.
- Dificultades de orden administrativo, técnico, institucional, ambiental y de otra índole, han afectado de tal manera el desarrollo normal del proyecto, que se está pensando seriamente en detenerlo, con el fin de evitar sobrecostos mayores.
- Orden Público: La alteración de la vida normal de la región ha tenido de alguna manera repercusión en el desarrollo normal del proyecto.

7.2.2 Otros Proyectos

PCH La Primavera

Actualmente se adelantan los estudios de factibilidad avanzada. Las principales características del proyecto son:

Localización	Sobre el caño La Balsa, sitio El Meray a 15 km del casco urbano de La Primavera
Estructuras	Represa en concreto Casa de máquinas. Subestación elevadora. Línea de Transmisión. Red de Distribución.
Población	2500 habitantes (iniciales); 4100 habitantes (finales).
Capacidad	1.500 kW (iniciales).
Costo estimado total	\$5.700 millones
Presa	\$4.035 millones
Casa de máquinas	\$1.650 millones.

- Se encuentra en la Fase de Estudios de Prefactibilidad, que incluye indicadores y costos de inversión e indicadores de gestión aproximados para recuperar la inversión.
- El presupuesto aproximado de la inversión incluye cantidades de obra, precios unitarios, costo de mercado, costos sociales y propuesta para organizar la Empresa de Servicios Públicos de La Primavera, como un ente administrador y recaudador de los ingresos que genere su operación. Incluye además una evaluación de costos para el Plan de Manejo Ambiental (PMA) que son mínimos e imperceptibles.
- Los costos estimados provienen de la Prefactibilidad.

PCH La Vuelta (Chocó)

La Empresa Metales Preciosos del Chocó, a raíz de su liquidación en el año 1996, vendió al ICEL este proyecto por la suma de \$800'000.000, con recursos del Presupuesto Nacional, el 23 de Diciembre de 1997.

Las características fundamentales de este proyecto son las que siguen:

Localización	Ubicada en la margen derecha del Río Andaguada, aproximadamente a 10 km de su desembocadura en el Río Atrato, en jurisdicción del Municipio de Lloró.
Capacidad	2.000 kW
Unidades	2X1000 kW.
Turbinas	Francis; Eje vertical
Velocidad	720 rpm.
Generadores	2X1250 kVA.
F. de Potencia	0.8.
Voltaje	4.4 kV
Frecuencia	60 Hz.
Transf. Ppales	3X833 kVA; 4.4 kV; ONAN

Estado Actual:

- Fuera de servicio por deterioro en la Infraestructura de funcionamiento.
- ICEL está adelantando un Convenio con la Electrificadora del Chocó, con recursos AOM, para facilitar su rehabilitación.
- El ha incluido en el anteproyecto de presupuesto para el año 2.000, una partida de US\$700. 000.000, para la recuperación de la PCH.
- Según informe de JICA (1987 y 1999), es rentable su repotenciación, cuyo costo oscila en los US\$20'000.000.
- El ICEL ha estado trabajando para lograr el cofinanciamiento, mediante acuerdos de Cooperación Internacional.
- Para la vigencia de 1999, se tienen asignados Col \$ 150 millones para el suministro de fluido eléctrico a 100 usuarios aproximadamente que viven en la Inspección Departamental de La Vuelta, por medio de una interconexión de la antigua línea La Vuelta - Andagoya y la línea de 13.2 kV que une a la S/E Cartegui con Bagadó. Para tal fin se estaba elaborando los Términos de Referencia.

Adicional a lo anterior se tiene programado por parte del IPSE, adelantar estudios de preinversión de las PCH de Sanabria, Sipi 1, Sipi 3, Pto Echeverry, Chigorodó, Patocito, Panguí, Santa Rita, Sanandoncito, Tarqui, Pto Cordoba, Dubasa, Santa Ramos, Nuquí y Guacamayas.

7.2.3 Proyectos Programados. Plan de acción 2000-2002 de PCH.

El IPSE (antiguo ICEL), ha programado una serie de actividades, de acuerdo con la nueva reestructuración a que ha sido sometida la institución. Estos Planes y Programas han sido concebidos para cumplir metas en el corto plazo (2000-2002),

con el fin de realizar la revisión, actualización y estructuración de proyectos identificados en vigencias anteriores como se presenta en la TABLA 7 - 24.

TABLA 7 - 24 Plan de acción de PCH 2000-2002

Proyecto	Localidad	Fuente Hídrica	Alcance	Potencia a Instalar KW	Tiempo de Ejecución (meses)	Recursos Financieros (\$ Millones)
Sanabria	Sanabria (Nariño)	Quebrada Fenicia	Construcción	712	14	5.503.00
Guapi	Guapi (Cauca)	Quebrada Brazo Seco	Construcción	16000	17	77.278.00
Servidumbre ejecución de proyectos PCH Sipi 1	-	-	Servidumbre	-	2	1.048.00
Pto Echeverry	Sipi y otros (Choco)	Quebrada Las Piedras	Construcción	656	30	6.032.99
Chigorodo	Pto Echeverry (Choco)	Río Baudo	Construcción	135	28	2.313.12
Patocito	Chigorodo (Choco)	-	Construcción	187	27.5	3.596.96
Pangui	Pie de Pato (Choco)	-	Construcción	115	24	2.210.85
Santa Rita	Pangui (Choco)	Río Quebradas	Construcción	216	26.5	2.674.14
Sanandoncito	Santa Rita (Choco)	Río Guineo	Construcción	350	27.5	1.911.04
Tarqui	Sanandoncito (Choco)	Quebrada Valeria	Construcción	148	10	868.05
Pto Cordoba	Tarqui (Caqueta)	Río Aguas Claras	Construcción	50	13	1.141.05
Sipi 3I	Pto Cordoba (Choco)	-	Construcción	158	16.5	2.741.03
Dubasa	Sipi (Choco)	Río Sipi	Construcción	665	53.5	10.269.52
Acandi	Dubasa (Choco)	Río Dubasa	Construcción	3700	65	28.185.06
Santa Ramos	Acandi (Choco)	Río Nati	Construcción	2000	52	4935.74
Nuqui	Santa Ramos (Choco)	Río San Pablo - Yarumal	Construcción	300	28.5	3.930.36
Guacamayas	Nuqui (Choco)	Río Nuqui	Construcción	700	33.5	7.150.55
Guapi II	Guacamayas (Choco)	Río Guacamayas	Construcción	120	25	1.456.01
Guapi	Guapi (Cauca)	Quebrada Brazo Seco	Construcción	850	-	17.000.00
Unguia	Guapi (Cauca)	Quebrada Brazo Seco	Licencia Ambiental	-	5	300.00
Unguia	Unguia (Chocó)	Quebrada Cuti	Construcción	1000	-	6.000.00
Jurado	Unguia (Chocó)	Quebrada Cuti	Licencia Ambiental	-	6	100.00
Jurado	Jurado (Choco)	-	Construcción	800	-	17.000.00
Jurado	Jurado (Choco)	-	Licencia Ambiental	-	7	100.00
Cupica	Cupica (Choco)	Río Cupica	Construcción	270	15	3.000.00
La Primavera	La Primavera (Vichada)	Caño La Balsa	Construcción	2500	24	13.300.00
Mitu	Mitú (Vaupes)	-	Terminar Construcción	2500	49	28.093.00
Pizarro	Pizarro (Choco)	Río Angostura	Construcción	850	-	17.000.00
Pizarro	Pizarro (Choco)	Río Angostura	Licencia Amb.	-	5	300.00

Como podrá observarse, se han incluido nuevos proyectos que servirán para atender necesidades básicas de otras regiones.

7.3 COSTOS POR KW INSTALADO

Se determina mediante la relación entre el costo total del proyecto y la potencia total instalada. El costo del proyecto será el que corresponde a las Obras Civiles, Equipos Electromecánicos, Línea de Transmisión y los de Ingeniería y Administración.

Existen algunos parámetros comparativos que permiten establecer cómo, cuando y porqué se están sobrepasando.

La FIGURA 7 - 3 Costos estimados para una PCH, nos aporta una idea sobre los costos que inciden en proyectos de PCH, con Turbinas Mitchell-Banki, aclarando que los de Obras Civiles, dependen de las dificultades de acceso y metodología, experiencia, destreza para acometerlas y habilidad de los recursos humanos. También interviene el tipo de instalación deseado: manual, semiautomática o automática (operación a Control Remoto). Igual comentario se puede hacer respecto al Recurso Humano y logístico: En la medida que se requiera intervención de expertos extranjeros, mayores costos se deben asumir. En la gráfica se puede observar que los costos oscilan entre:

US\$3.000/kW instalado para 33 KW hasta,

US\$380/KW instalado para 2.700 kW.

En el caso colombiano los costos han variado en forma sorprendente:

Proyecto	Costo	Capacidad
Pisba	US \$ 4.286/KW instalado	para 22 KW
Guacamaya	US \$ 3.432/KW instalado	para 50 KW
Bahía Solano	US \$ 5.600/KW instalado	para 1850 KW
Lopez de Micay	US \$ 18.277/KW instalado	para 300 KW *
Mitu	US \$ 1.653/KW instalado	para 6674 KW - 3

Se estimo que Mitú alcanzaría US \$12.200.00, y logrado el 30% los costos ascienden a \$12.000.000.

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

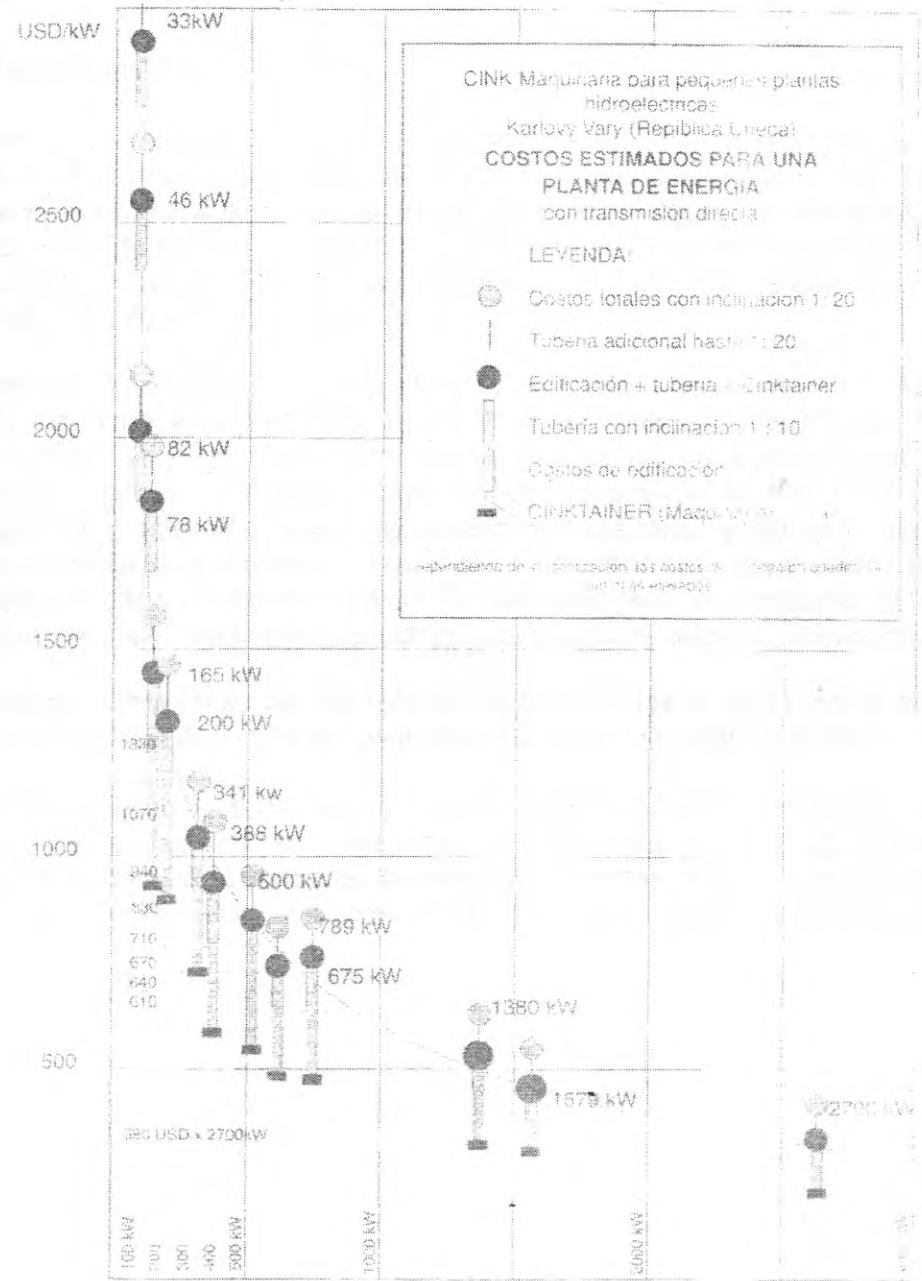


FIGURA 7 - 3 Costos estimados para una PCH.

7.4 FABRICANTES DE EQUIPOS

La diversidad de modelos de turbinas y equipo eléctrico, electrónico y mecánico, ha permitido una gran oferta mundial, para distintas capacidades, eficiencias y materiales de construcción. Sin embargo los precios siguen en ascenso en una forma que impide su fácil adquisición. De ahí que sea importante que los usuarios que cuente con potenciales importantes del recurso de PCH, traten de crear su propia infraestructura tecnológica.

En el mundo industrializado se ha generado un número abundante de Fabricantes de Turbinas Hidráulicas para PCH (< 10 MW), de distintos tipos (Pelton, Francis, Kaplan, Turgo, Mitchell - Banki, etc), series (código del fabricante), disposiciones (horizontal, vertical, inclinada), capacidades (desde 1kW hasta 10.000kW), materiales de confección (acero inoxidable y materiales sintéticos), accesorios complementarios (reguladores hidráulicos o electrónicos), operación (manual, automática y semiautomática), ensamble (desagregado o compacto) y algunas otras características (elementos de control, señalización, medida, protección, etc).

En el mundo existen más de 100 fábricas especializadas en PCH, como se puede observar en la TABLA 7 - 25 Fabricantes de Turbinas. Unidades < 10 MW.

Dentro de la tecnología cambiante, ya se encuentran en el mercado, equipos compactos que facilitan su transporte e instalación en las ZNI, como los CINKTAINER para situaciones de inundación y erosión, hasta la tipo sumergible para unos pocos kilovatios, que se está instalando actualmente en el Amazonas y el Chocó.

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 7 - 25 Fabricantes de Turbinas. Unidades < 10 MW

No	NOMBRE	PAIS	OFICINA	DIRECCION
1	KVAERNER BOVING (ANZ) Pty Ltd	AUSTRALIA		
2	TAMAR DESIGNS Pty Ltd	AUSTRALIA		
3	BBC-BROWN BOVERI	AUSTRIA	Oesterreichische Brown Boveri-Werke aktiengesellschaft	A-1101 Vienna Pernerstorfergasse 94
4	VOEST - ALPINE KOSLER	AUSTRIA	División de Productos acabados	Postfach 2, A-4010 Linz. Tel (0732)585-1
5	VERBUND-PLAN GES. M.b.H.	AUSTRIA	Consulting Engineers	Am Hof 6a/A-1010 Vienna. Tel (0 22 2) 66 13 414
6	ANDRITZ AG, MASCHINENFABRIK	AUSTRIA		
7	GUGLER GMBH & Co Kg	AUSTRIA		
8	KÖSSLER GMBH MASCHINENFABRIK	AUSTRIA		
9	VOEST ALPINE M.C.E. GESMBH	AUSTRIA		
10	VOITH AG, J.M.	AUSTRIA		
11	ACEC ENERGIE S.A.	BELGIUM		
12	WILLOT, J.L.A.	BELGIUM		
13	MECANICA PESADA S/A	BRAZIL	DEPARTAMENTO DE CENTRAIS HIDRELÉTRICAS	Av. Charles Schneider, s/n°. Te (0122) 32-5055. CEP 12.040 - Taubaté - sp
14	VOITH S.A. MAG. & EQUIP	BRAZIL		
15	DOMINION BRIDGE-SULZER INC.	CANADA	Dominion Bridge-Sulzer Inc. Lachine, Canada	C.P./P.O.Box 555. Lachine, Quebec, Canada. H8s 4E7. Tel. 514-634-3551
16	MICRO TURBINES TECHNOLOGIES INC.	CANADA		86 Boul. Des Entreprises, Suite 109. Boisbrand, Quebec. Canada J7G 2T3. Tel (514) 435-5772
17	BARBER WATER POWER PRODUCTS	CANADA		
18	DBS ESCHER WYSS	CANADA		
19	DEPENDABLE TURBINES LTD	CANADA		
20	G.E. CANADA INC.	CANADA		
21	HYDROLEC TURBINES INC.	CANADA		
22	R. NAIR ASSOCIATES	CANADA		
23	ZHEJIANG LINHAI ELECTRIC MACHINERY WORKS	CHINA	The National Second Class Advanced Enterprise	43 Lishan Road Linhai. Zhejiang Province. China

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 7 - 25 Continuación

24	LINHAI MACHINE MANUFACTURING WORKS	CHINA	Hydro Turbine	Linhai Zhejiang , China. Tel 2372
25	CHINA NATIONAL MACHINERY IMPORT & EXPORT CORP. (CMEC)	CHINA	Machimpex Beijing	Erligou, Xijiao, Beijing. China. P.O. Box No. 49, Beijing. Tel 83177338423322. FAX 8314143
26	TIANJIN ELECTRO DRIVE DESIGN AND RESEARCH INSTITUTE	CHINA		
27	CINK HYDRO TURBINES	CZECH REPUBLIC		
28	CKD BLANSKO	CZECHOSLOVAKIA		
29	TAMTURBINE LTD	FINLAND		
30	DUMONT S.A.	FRANCE	Hydraulic Turbines.	Pont de St. Uze. 26240 St-Vallier. France. Tel. 75230922.
31	HYDROLEC de LEROY-SOMER	FRANCE	Casa Matriz	Boulevard Marcellin - Leroy - B.P. 119-16004ANGOULEME CEDEX. Tel 003345-62.41.11
32	NEYRPIC- Groupe ALSTHOM	FRANCE	Service Minicentrales Normalisées	75 rue Général Mangin - BP 75. 38041 GRENOBLE CEDEX - FRANCE. Tel 76393000
33	ATELIERS BOUVIER	FRANCE		
34	CIMH	FRANCE		
35	ESAC	FRANCE		
36	MOTEURS LEROY SOMER	FRANCE		
37	TECHNIQUES HYDROELECTRIQUES (THEE)	FRANCE		
38	CGEE ALSTHOM	FRANCIA	Mini Hydro Power Equipment	CGEE ALSTHOM ERE P 13, rue Antonin Raynaud. 92309 LEVALLOIS PERRET CEDEX. Tel (1) 758.13.13.
39	VOITH GMBH, J.M.	GERMANY	Turbine and Pump Division	D-7920 Heideheim, P.O. Box 1940. Tel (07321)372219
40	OSSBERGER S-TURBINENFABRIK GMBH	GERMANY		
41	WASSERKRAFT VOLK GMBH	GERMANY		
42	GANZ MACHINERY WORKS	HUNGARY		
43	BHARAT HEAVY ELECTRICALS LTD	INDIA		

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 7 - 25 Continuación

44	FLOVEL LTD	INDIA		
45	JYOTI LTD	INDIA		
46	PUNJAB POWER GENERATION MACHINES LTD	INDIA		
47	POLYTURBINE DESIGN LTD	IRISH REPUBLIC		
48	DE PRETTO-ESCHER WYSS S.r.l.	ITALY		
49	IREM SpA	ITALY		
50	ORENGIN S.r.l.	ITALY		
51	RIVA HYDROART SpA	ITALY		
52	SIME ELETTROMECCANICA SpA	ITALY		
53	MEW. MEIDEN . POWERTRONICS FOR TOMORROW	JAPAN	Meidensha Electric Mfg. Co. Ltd.	New Ohtemachi Building, 2-1, 2-chome, Ôtemachi, Chiyoda-ku, Tokyo 100 Japan. Phone (246)7161
54	FUJI ELECTRIC Co LTD	JAPAN		
55	HITACHI LTD	JAPAN		
56	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD	JAPAN		
57	TOSHIBA CORPORATION	JAPAN		
58	TURBINAS EQUIPOS INDUSTRIALES SA de CV	MEXICO		
59	BALAJU YANTRA SHALA	NEPAL		
60	J V INTERNATIONAL	NETHERLANDS		
61	HYDRO PACIFIC	NEW ZELAND		
62	KVAERNER EUREKA a.s.	NORWAY		
63	SOREFAME	PORTUGAL		
64	BOETTICHER y NAVARRO, SA	SPAIN		
65	HITE, TURBINAS Y MAQUINAS HIDRAULICAS SA	SPAIN		
66	INGENIERIA Y FABRICACION EIMAR SA	SPAIN		
67	NEYRPIC ESPAÑOLA SA	SPAIN		
68	SULZER ESPANA SA	SPAIN		

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 7 - 25 Continuación

94	WESTINGHOUSE CORPORATION	ELECTRIC	USA	Hydro Generator Department	East Pittsburgh, Pennsylvania 15112. Telex 86-6330. Phone (412)256-2484
95	WOODWARD COMPANY	GOVERNOR	USA	Hydraulic Turbine Controls	2301 Country Club Drive. P.O. Box 287. Stevens Point, WI 54481-0287 USA Tel 715-3442350FAX 715-342-5135
96	OSSBERGER S-TURBINE		USA	OSSBERGER TURBINE, INC	2805 WOODMARK Ct. Richmond, Virginia. USA - 1693
97	ASSOCIATED ELECTRIC Co INC		USA		
98	BOUVIER HYDROPOWER, INC		USA		
99	BYRON JACKSON		USA		
100	FLYGT CORPORATION		USA		
101	GENERAL ELECTRIC SERVICES Co INC	TECH.	USA		
102	HARRIS HYDROELECTRIC		USA		
103	HYDRO WEST GROUP INC		USA		
104	KVAERNER HYDRO POWER INC		USA		
105	NEYRPIC INC		USA		
106	OBERMEYER CORPORATION	MACHINERY	USA		
107	OSSBERGER TURBINES INC		USA		
108	VOITH HYDRO INC		USA		
109	DRAVSKE ELEKTRARNE MARIBOR, TOZD		YUGOSLAVIA		
110	ELEKTROKOVINAR LASKO		YUGOSLAVIA		
111	LITOSTROJ TAVARNA TURBIN, d.o.o.		YUGOSLAVIA		

7.5 BIBLIOGRAFÍA

ÁNGEL Enrique, CARMONA Sergio. Gestión Ambiental en Proyectos de Desarrollo. Santafé de Bogotá D.C.: Editora Géminis Ltda, Fondo FEN Colombia.--

BLANCO A. Gestión Ambiental para el Desarrollo. Bogotá: . Editora Guadalupe. 1990

ICEL. Análisis y Plan de Manejo Ambiental para la Construcción y Montaje de la PCH de Bahía Solano en el Departamento del Choco. Santafé de Bogotá: Instituto Colombiano de Energía Eléctrica – ICEL. 1995.

---. Planificación, Gestión y Monitoreo Ambiental en el Sector Energético en Colombia. Santafé de Bogotá: Conferencia Seminario de Energía y Medio Ambiente, Universidad de los Andes – Fondo FEN Colombia, 1996.

OLADE. Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Hidroeléctricas. Quito: 1994.

NOZAKI Tsuguo. Guía para la elaboración de Proyectos de PCH destinadas a La electrificación rural del Perú. Quito: Japan International Cooperation Agency. JICA, 1980.

NOZAKI Tsuguo. Guía para la elaboración de Proyectos de PCH destinadas a La electrificación rural del Perú (Anexo Suplementario). Quito: Japan International Cooperation Agency. JICA, 1981.

NOZAKI Tsuguo. Datos para la elaboración de proyectos de PCH y MCH destinadas a la electrificación rural. Quito: Japan International Cooperation Agency. JICA, 1981.

--, Maintenance and rehabilitation versus new investment.--, The Institution of Civil Engineers and The Institution of Mechanical Engineers. Joint Meeting. Commite on Engineering in Developing Countries. 1988

GUTIÉRREZ Luis E, WESTLEY Glenn. Economic analysis of electric supply projects. --,1979.

ICEL. Comparación de precios para los grupos de generación del programa de PCH. Bogotá: ICEL 1982.

MONTAÑA José. The case for a small hydropower centre in Colombia and tests on a small axial turbine.--: Thesis submitted in Partial Fulfilment of the Degree of Master os Science (Alternative Energy for Developing Countries) in the Department of Engineering. Universty of Reading - 1988.

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

MONTAÑA José. Subprograma Colombia - China para PCH. Bogotá: ICEL, 1982.

ENERGÍA ANDINA. Turbinas Axiales y Pelton. --: Energía Andina. 1980.

--,Hydroelectric Energy. --: Microturbines Technologies Inc. Advanced technologies that pav the way to your energy self - sufficiency. 1997.

--, Micro - Hydropower.--: Reviewing an old concept. National Centre for Appropriate Technology. U.S. Departmente of Energy. Idaho Operations Office.--.

7.6 ANEXOS

ANEXO 1

ENERGÍA PRIMARIA PARA LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA

En cuanto al recurso hídrico, es importante mencionar que aproximadamente una cuarta parte de la radiación recibida por la tierra, se consume en la evaporación del agua, principalmente la acumulada en los mares. Como lo muestra la FIGURA 1 Balance de Energía Global Detallado⁴, el vapor de agua asciende, se condensa, forma gotas de agua en las nubes y posteriormente desciende como lluvia, nieve o granizo. El agua al caer en las partes elevadas de la tierra regresa nuevamente al mar por medio de los ríos y corrientes y la energía potencial del caudal inicial es convertida parcialmente en energía cinética y parcialmente en pérdidas por fricción. Finalmente la energía cinética restante es disipada como calor cuando las corrientes de los ríos desembocan en el mar. La energía total correspondiente a este ciclo hidrológico se ha estimado en 90.000×10^{12} W.

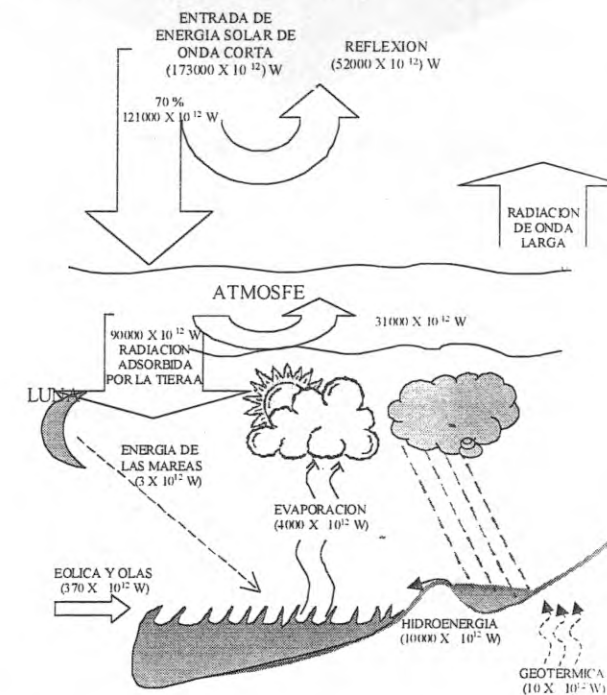


FIGURA 1 Balance de energía global detallado.

⁴ Renewable energies: sources, conversion and application.- P.D.Dunn.

DÉSCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En una PCH se pueden identificar dos componentes principales: las obras civiles y los equipos eléctricos y mecánicos.

En la FIGURA 2 y en la FIGURA 3 se presentan esquemas típicos de una PCH.

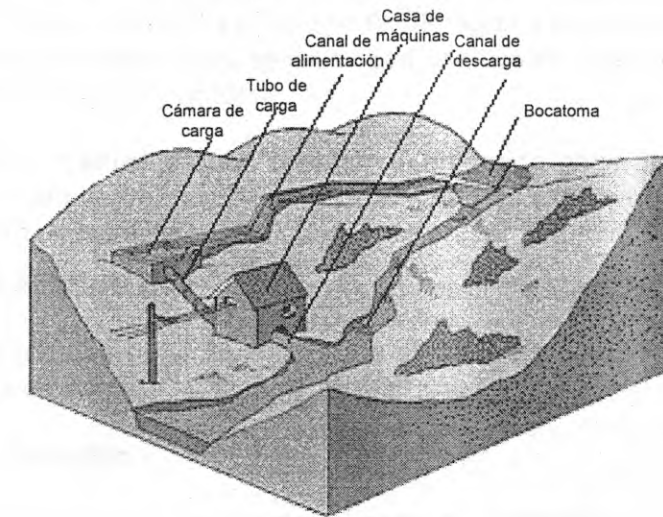


FIGURA 2 PCH filo de agua

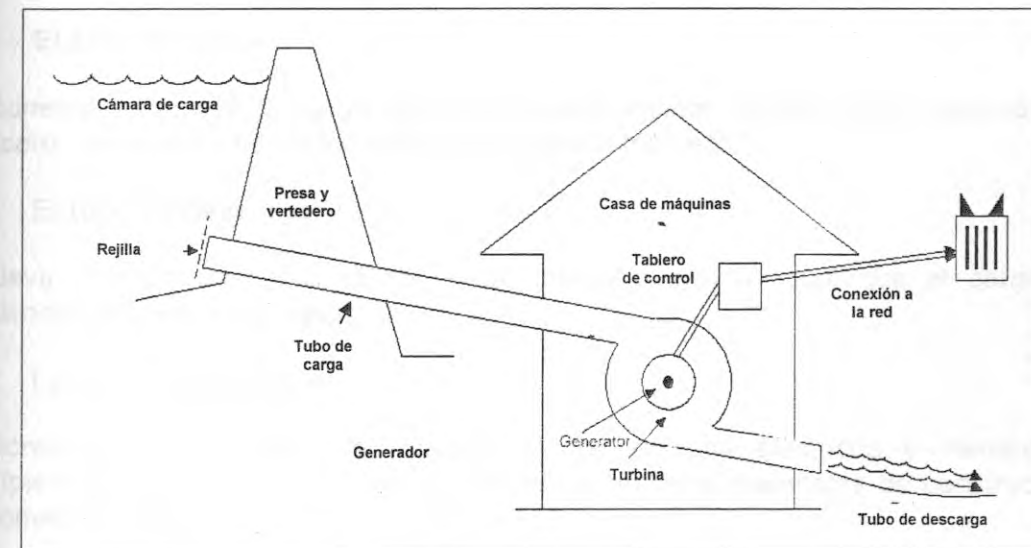


FIGURA 3 Esquema típico de una PCH

Obras Civiles

Las obras civiles más importantes son:

- **Dique de toma o vertedero**

La función del dique de toma es desviar agua del río al canal de alimentación de la planta. Generalmente las PCH son de tipo filo de agua y por esta razón los diques o vertederos son de construcción sencilla. Los materiales mas frecuentes para su construcción son concreto y madera.

El dique de toma cuenta con una bocatoma construida generalmente en concreto reforzado, una compuerta construida generalmente en madera o acero y una rejilla que sirve de filtro de los sólidos que pueden deteriorar la turbina.

- **El canal de alimentación**

Es una excavación que generalmente sigue el contorno del terreno y lleva el agua hasta la cámara de carga.

- **La cámara de carga**

Es un tanque que mantiene agua entre el canal de alimentación y el tubo de carga, éste debe ser lo suficientemente profundo para asegurar que la bocatoma del tubo de carga este completamente sumergida.

- **El tubo de carga**

Conecta la cámara de carga con la casa de maquinas, puede estar construido en acero, hierro, fibra de vidrio, plástico, concreto o madera.

- **El tubo de descarga**

Lleva el agua desde la salida de la turbina al río, al igual que el canal de alimentación es una excavación.

- **La casa de maquinas**

Contiene las turbinas y la mayoría de los equipos eléctricos y mecánicos. Típicamente la construcción es en concreto o en otros materiales de construcción convencionales.

Componentes Eléctricos y Mecánicos

Los principales equipos son la turbina y el generador

• Turbinas

Las turbinas son las máquinas que transforman la energía hidráulica (presión y velocidad del agua) en energía mecánica rotativa al producir el movimiento continuo del eje de la turbina. Las turbinas se clasifican en dos grupos:

De impulsión: en las que el agua entra y sale de las turbinas a la presión atmosférica (Pelton, Turgo, Mitchell-Banki).

De reacción: en las que el agua llena totalmente el rodete de la turbina y tiene una gran diferencia de presión entre la entrada y salida del agua (Francis, Kaplan o de Hélice).

Generalmente las turbinas empleadas en PCHs son versiones en pequeña escala de las turbinas utilizadas en los proyectos convencionales de generación.

• Generador

Es el equipo usado para la conversión de la energía mecánica en eléctrica. Consta de una parte giratoria (rotor), conectada al eje de la turbina, y una parte fija (estator). La electricidad se produce en el inducido, cuando los conductores atraviesan el campo magnético del inductor.

Los tipos de generadores utilizados en PCHs son sincrónicos y de inducción o asincrónicos

Otros componentes son:

- **El regulador de velocidad:** equipo auxiliar que sirve para mantener la velocidad sincrónica del generador y parada de emergencia de la unidad.
- **El tablero de control:** para la señalización, protección, mando, medida, sincronismo y operación de la PCH.
- **Válvulas de control de flujo para la turbina:** Son requeridas para el control del flujo de agua a la turbina, son necesarias para operaciones de mantenimiento y salidas de operación. Por lo general estos componentes están hechos en acero y hierro.
- Subestación.
- Sistema de control hidráulico para las turbinas y válvulas.
- Sistema de ventilación.
- Sistema de lubricación y enfriamiento de agua.
- Sistema de telecomunicaciones, entre otros.

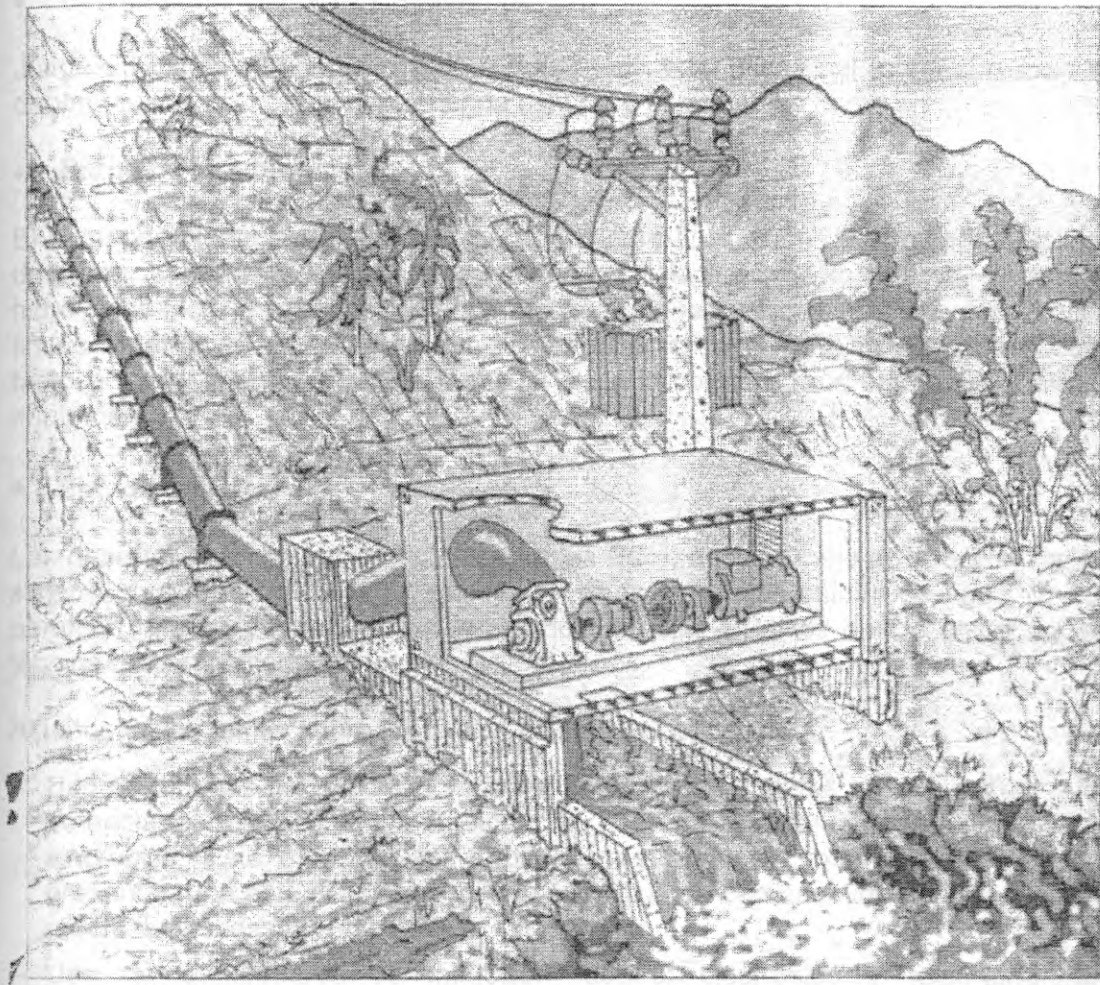


FIGURA 4 Ilustración de la configuración de una PCH

Información Básica para el diseño de las PCH.

El análisis de las posibilidades hidroeléctricas de las cuencas hidrográficas, parte del conocimiento de estudios de topografía, hidrología, geología y suelos, ya que son la base para todo el diseño de todas las obras civiles necesarias, en la construcción de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.

- **Estudios de Topografía**

En el desarrollo de los proyectos se debe consultar con la cartografía del IGAC, relacionada con la zona de interés, así como sus vías de acceso actuales o proyectadas. Los mapas topográficos dan una buena descripción del drenaje, análisis tectónico preliminar y el trazado de las vías de penetración presentes.

• Estudios de geología y geotecnia

Juega un papel importante debido a que las características del material rocoso se deben tener en cuenta al momento de diseñar y construir las obras.

• Estudios Hidrológicos

El comportamiento hidrológico de la cuenca esta en función de sus características de clima, cobertura vegetal, geomorfología y fisiografía de la misma. El estudio hidrológico incluye el análisis de las cuencas donde se localiza el proyecto, con el fin de determinar los caudales en el punto escogido como sitio de capacitación, tanto en valor medio, a escala mensual o diaria como en sus valores máximos y mínimos.

• Estado del arte

Los desarrollos tecnológicos actuales en las PCH, buscan mejorar la eficiencia del sistema y la relación costo - beneficio en sitios con bajas caídas de agua, lo que permitirá que se desarrollen proyectos de este tipo en sitios donde antes no era técnica o económicamente viable.

Algunos de los temas sobre los cuales se esta trabajando son:

- Uso de turbinas de velocidad variable: desarrollos recientes en la electrónica de potencia permiten que las turbinas no giren necesariamente a la velocidad sincrónica. Esto permite usar turbinas mas simples y menos costosas, que presentan una baja disminución de la eficiencia en comparación con las turbinas reguladas usadas normalmente.
- Uso de generadores de inducción, control electrónico y telemetría: los generadores de inducción son menos costosos que los alternadores usados actualmente, por otro lado, el uso de sistemas de control electrónico y telemetría permite la operación remota de la planta de una forma eficiente y menos costosa.
- Uso de turbogeneradores sumergibles: esta tecnología es similar a la de las bombas eléctricas sumergibles, el mantenimiento es bajo y no se tiene la necesidad de una casa de maquinas y/o un operador.
- Uso de nuevos materiales: el uso de nuevos materiales como plásticos, materiales anti-corrosivos, fibra de vidrio, tubería en PVC, etc., permite reducir costos y facilitar la implementación de este tipo de proyectos.
- Uso de nuevas turbinas: varios tipos nuevos de turbinas han sido desarrollados recientemente, además, se ha tratado de reducir los costos de estos elementos a través de su producción en serie.
- Aumento artificial de la cabeza: un exceso de flujo de agua puede ser usado para crear una succión extra en el tubo de aspiración en PCHs con muy baja cabeza,

y de esta forma aumentar artificialmente la cabeza efectiva. Esto puede reducir la eficiencia pero incrementar la relación costo - beneficio siempre que se tenga disponible un exceso de flujo suficiente.

- Evitando el uso de diques provisionales durante la instalación de la PCH.
- Optimización de pequeños sistemas a través de herramientas de computo: Estas herramientas permiten dimensionar con mayor exactitud los sistemas.
- Finalmente uno de los principales elementos que permitirá disminuir los costos significativamente es la estandarización tanto de los componentes como de las instalaciones. El desarrollo de "Kits estándar" de instalación apropiados para condiciones preestablecidas permitirá reducir los costos de diseño en pequeños proyectos.

ANEXO 2

IDENTIFICACIÓN DE ESTUDIOS DE PCH

Son muchos los inventarios sobre los proyectos probables propuestos en el país tanto en las denominadas Zonas Interconectadas (ZI) al Sistema de Interconexión Nacional (SIN) como a las Zonas No Interconectadas (ZNI).

Los primeros intentos del país se concentraron en :

- Elaboración de Inventarios sobre proyectos de PCH necesarios.
- Elaboración de Inventarios de PCH existentes (en funcionamiento y fuera de servicio).
- Realización de estudios de preinversión (Reconocimiento, Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño)
- Construcción de unos pocos proyectos.
- Rehabilitación de algunas PCH existentes.
- Realización de seminarios, reuniones, cursos, conferencias nacionales e internacionales para motivar el desarrollo masivo de las PCH.
- Tesis de grado en distintas Universidades sobre las PCH.
- Creación de algunas fábricas de equipos para PCH y representación de fábricas internacionales.
- Solicitud de algunos créditos para el fomento de las PCH en Colombia.

Un resumen de la anterior situación se logró a comienzos del 2000, cuando se presentó la primera evaluación de resultados la cual se resume en la TABLA 1.

TABLA 1 Evaluación de Programas PCH 2000

Entidad	Inventario			Construidos	
	Proyectos	Capacidad (kW)	%	Número	Capacidad (kW)
ICEL	81	120.970	29.637	4	3100
CVC	95	17.033	4.173	0	0
ANTIOQUIA	59	269.900	66.125	0	0
PESENCA	7	250	0,062	7	125,0
ITDG, OTROS	6	12,5	0,003	6	12,5
TOTAL	248	408.208,5	100.0	17	3237,5

En la anterior tabla no están incluidos las PCH rehabilitadas por ICEL y PESENCA.

Si se compara el Potencial de PCH, técnicamente viable (30 a 50 GW), con los inventarios (0,408 GW) y las ejecuciones (0,0032375 GW), los resultados se pueden considerar como muy modestos.

Por lo anterior, no hay razón suficiente que nos lleve a pensar que después de un cuarto de siglo, desde que se presentó la Crisis Energética Mundial (1973), el panorama de desarrollo de las FENR en Colombia y especialmente el relacionado con las PCH, alcance niveles dignos de tener en cuenta en un futuro inmediato.

Los Inventarios que se describen a continuación, cubren indistintamente soluciones para usuarios potenciales de PCH que se encuentren localizados en Zonas Interconectadas (ZI) o en Zonas No Interconectadas (ZNI). En la época de la formulación de planes y programas primaba la estrategia de implementar masivamente el recurso, teniendo en cuenta criterios técnicos, ambientales, sociales y/o económicos que permitieran atender la alerta mundial de la crisis energética. Los principales promotores de los planes y programas fueron las entidades de gobierno y varias universidades, con el apoyo de entidades internacionales.

PLAN ICEL-BID DE PCH (1978).

- **Inventario del Plan**

El Ministerio de Minas y Energía por intermedio del ICEL formuló en 1978 un Plan de PCH para dotar de energía eléctrica a 35 centros poblacionales localizados en las denominadas Zonas No Interconectadas (ZNI) o aisladas⁵.

- **Factibilidad del Plan**

Los Estudios se llevaron hasta la Etapa de Factibilidad y 17 de ellos reunieron las condiciones para llevarlos a la Etapa de Diseño Final, incluyendo pliegos y planos de Licitación y propuesta de financiación internacional, según la TABLA 2 Plan ICEL-BID de PCH -1998.

⁵ Plan Nacional de PCH del ICEL. Edison Lozano. II Curso Latinoamericano de Diseño de PCH. OLADE - BID - ICEL - Electrificadora de Santander ESSA (Bucaramanga - Colombia 28 de octubre - 15 Noviembre de 1985.

TABLA 2 Plan ICEL – BID de PCH 1.978

Proyecto	Localización	Potencia (kW)	Población	Estado (*)
1. Paya	Boyacá	50	165	C
2. Pisba	Boyacá	50	158	C
3. El Calvario	Meta	200	158	DC
4. Altaquer	Nariño	2000	3495	DC
5. Santa Rosa	Cauca	500	1162	DC
6. Argelia	Cauca	750	1657	DC
7. Alterno Sta Rosa-Argelia	Cauca	9600	56000	DC
8. López Pto. Sergio	Cauca	600	900	EO
9. TAME	Arauca	2000	6500	DC
10. Mitú	Vaupés	650	2500	EC
11. Yopal-Aguazul	Casanare	4800	11980	DC
12. Juradó	Chocó	800	1480	DC
13. Unguía	Chocó	1100	5000	DC
14. Bahía Solano-Nuquí	Chocó	2400	6115	C
15. San Pedro	Caquetá	20000	58200	DC
16. Río Mocoa 1ª Etapa	Putumayo	11000	12182	DC
17. Guacamaya	Caquetá	50	280	EO
18. Labranzagrande	Boyacá	120	1200	Colapsó

(*) C: Construido; EC: En Construcción; EE: En Estudio; D: Descartado.
EO: En Operación. DC: Diseño Concluido.

Los proyectos Pisba, Guacamaya y Labranzagrande, fueron construidos con recursos propios del ICEL.

La PCH de Labranzagrande fue diseñado e instalado por el ICEL con equipos previamente trasladados de un poblado llamado "Pesca". Se puso en operación y después de muy corto tiempo de operación, fue destruida totalmente por una creciente. La PCH de Guacamaya, está en operación y se está ampliando su capacidad en 100 kW más.

Pisba entró en operación en 1982, con una carga de 22 kW y su costo ascendió a US\$214.286 (US \$ 4.286/kW instalado).

Guacamaya, entró en operación en 1983, con un costo de US\$171.591 (US\$3.432/kW instalado).

• **PCH seleccionadas para ejecución**

Una comisión del BID, evaluó conjuntamente con el ICEL, la viabilidad técnica, económica y financiera de los distintos proyectos, llegando a la conclusión que solamente algunos de ellos eran elegibles dentro de esta condición y por consiguiente ameritaban ser llevados a la fase de pliegos y planos de licitación y

MINHACIENDA	DNP	MINMINAS	UPME	CREG	PNUD
-------------	-----	----------	------	------	------

con los cuales se podría contar con una financiación del BID. La construcción de una primera etapa de estos proyectos favorecería a una población de 40.000 habitantes de núcleos y veredas rurales, de acuerdo con la siguiente programación:

	1ª Etapa	Tipo de turbina
Mocoa	11.300 kW	4x5.500 Francis – vertical
Tame	2.000 kW	2x1.000 Francis – horizontal
Altaquer	2.000 kW	2x1.000 Pelton – horizontal
Bahía Solano-Nuquí	1.200 kW	3x1.600 Francis – horizontal
Yopal-Aguazul	1.600 kW	3x1.600 Francis – horizontal

Las Obras Civiles se ejecutarían de acuerdo con las cantidades previstas en los diseños, pero la adquisición de equipos y montaje se acometería de acuerdo con los valores mencionados anteriormente.

• Evaluación del Plan ICEL - BID

El Plan sufrió notables retrasos por dificultades financieras, particularmente en lo que se refería a la contrapartida nacional, a la extensión del Sistema Nacional Interconectado (SIN) y a los ajustes en capacidad, por cuanto los plazos de construcción se sobrepasaron sensiblemente. En la TABLA 3 se presenta el Costo total de la primera fase

TABLA 3 Plan ICEL - BID Final.- 1969.

Proyecto	Q (m ³ /s)	H (m)	Descarga excedida (%)	RPM	Velocidad Especifica Mét.-Ingl.	Tipo Turbina	Capacidad (kW) (1)	Tiempo const. (meses)	Costo Total US\$ x10 ³	Mda. Ext. US\$ x10 ³ (2)	Mda Loc. Col\$x10 ³	US\$/ Kw (3)
1.Tame	5	51	74/99	720	213-47.97	F	2x1000	18	6840	2560	295320	3420
2.Yopal	15	42	88	600	-	F	1600	17	12370	5400	480930	3375
Aguazul							(3X1600)					
3.Bahía Solano	0.85	354	-	-	-	P	1200	16	9930	4040	406410	8275
							(2X1200)					
4.Altaquer	1.4	200	-	600	8.17	P	2X100	20	4830	1890	202860	2415
5.Mocoa	15	-	80	720	192-43.2	F	9300	24	23360	8850	1'001190	2512
							(2X5500)					
Subtotal							16100		57330	22740	2'386710	3561
							(22200)					
Otros gastos(4)									5170	2260	200790	321
TOTAL									62500	25000	2'587500	3882

(1) El valor en paréntesis se refiere a los datos de diseño para la capacidad total.

(2) Tasa de cambio: 1 US\$ ~ 69 Col\$ (Nov 1969).

(3) Incluye el valor de las obras civiles para el proyecto total.

(4) El costo incluye : Metodología para evaluar el proyecto en la segunda fase.

Entrenamiento, capacitación del personal y herramienta requerida.

Recopilación de datos meteorológicos con sistemas automáticos.

ENFOQUE GENERAL DE UN PLAN DE MICROCENTRALES PARA CENTROS AISLADOS EN JURISDICCIÓN DE LA CVC. 1980

Fue un planteamiento de los aspectos más importantes para sugerir un plan de microcentrales que permitiera satisfacer la demanda de energía de centros aislados del Departamento del Valle. En este documento se ofrecía la descripción del estado de la electrificación, la demanda, el alcance de los estudios, su financiación y presupuesto; se aclaraba que el término "Microcentrales" se refería a potencias igual o inferior a 50 kW, "Minicentrales" al rango comprendido entre 50 y 500 kW y PCH al rango entre 500 y 5.000 kW.⁶

El informe hacía énfasis en la salida de servicio de gran número de plantas hidroeléctricas cuyo rango estaba limitado por capacidades entre 80 y 5.000 kW, y que en un futuro se esperaba que el número de proyectos aumentaría por : a) Extensión del SIN, b) Falta de asignación de recursos por parte de las electrificadoras propietarias. c) Deterioro progresivo de las estructuras civiles. d) Bajos caudales que inciden en la poca producción en épocas de mestiaje. e) Limitado uso multipropósito (acueductos, irrigación, etc) que impide el suministro de otros servicios públicos.

• PCH en el Valle del Cauca en Funcionamiento

Las PCH que se hallaban en funcionamiento en el Valle del Cauca en 1980, se enumeran en la TABLA 4.

• Plan de Microcentrales de la CVC para la Electrificación Rural (1980).

En 1980 la CVC publicó una propuesta para acometer un Plan de PCH para el Departamento del Valle del Cauca, que incluía proyectos hasta de 5000 kW. El plan orientado a los pequeños poblados, corregimientos y veredas ubicadas en la Costa Pacífica y las Cordilleras Central y Occidental, se menciona la siguiente TABLA 5.

⁶ 1er Seminario Latinoamericano de PCH. Girardot - Cundinamarca. Nov 2 a 8 de 1980. Hernán R. Lara A.(Estudios Técnicos CVC) - Manuel A. Pizarro B. (Planeamiento Energético CVC).

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 4 PCH en funcionamiento en el Valle del Cauca (1980)

Proyecto	Entrada	Turbina				Caída (m)	Caudal m ³ /s	Generador		
		Tipo	Potencia kW	r.p.m	Marca			Potencia kVA	Volt KV	Marca
Río Cali I	1928	Francis	2x1000	600	Voith	80.0	0.6	2.000	2.4	Siemens
Río Cali II	1926	Pelton	2x1000	600	Water Weel	185.0	0.4	2000	2.4	Westinghouse
Nima I	1943	Francis	1x2.500	900	S. Morgan	78.0	3.95	3000	2.4	G. Electric
Guadalajara	1923	Pelton	1x585	900	E. Wyss	54.2	1.33	625	2.4	Siemens
La Rivera	1956	Francis	1x265	720	Voith	17.5	2.00	312.5	0.5	B. Boveri
El Rumor I	1937	Francis	1x500	720	Voith	37.0	2.12	625	6.6	Westinghouse
El Rumor II	1948	Francis	1x650	720	S. Morgan	37.0	2.55	750	0.5	Westinghouse
El Rumor III	1972	Francis	1x720	900	Voith	36.0	2.48	900	6.6	B. Boveri

TABLA 5 Plan Rural de Microcentrales de la CVC (1.980)

Código	Municipio	Población a 1997	Potencia (kW)	Fuente
01	Jamundi- La Menta	520	104	Río Pital
02	Jamundi- La Siberia	500	100	R. Guachinte
03	La Unión- La Despensa	480	96	Q. Grande
04	Dagua - La Elsa	180	36	R. Digua
05	Dagua-Zelandia	200	40	Q. El Naranja
06	Dagua - La Providencia	350	70	R. Pepitas
07	Buga-Monterrey	300	60	Q. Sonsito
08	Buga-El Rosario	300	60	Q. Sonsito
09	Buga-Nogales-El Crucero	350	70	Q. Nogales
10	Buga-Nogales-El Placer	300	60	Q. Nogalitos
11	Buga-Río Loro	750	150	Q. Río Loro
12	Buga-Sta Bárbara-S. Antonio	1500	300	Q. Sonsito
13	Buga-Boquerón	600	120	Q. Laureles
14	Buga-La Primavera	240	48	Q. Castillo
15	Buga-Alaska	630	126	Q. Platero
16	Versalles-Montezul	150	30	Q. El Bosque
17	Argelia-Las Brisas	180	36	Q. Las Montoyas
18	Bolívar-Santa Teresa	350	70	R. Azul
19	Bolívar-Catres	250	50	R. Naranjito
20	Bolívar-Astillal	180	36	R. Calamar
21	Bolívar-Patios	200	40	R. Cajones
22	El Aguila-Las Nubes	90	18	Q. Grande
23	El Aguila-San José	380	76	R. Cañaveral
24	El Cerrito-Castillo Alto	210	42	R. Sabaletas
25	El Cerrito-Salinas	90	18	R. Sabaletas
26	El Dovio-Honduras-La Mesa	600	120	R. Blanco
27	El Dovio-Lituania	500	100	R. Claro
28	El Dovio-Vergel	300	60	R. Peñones
29	El Dovio-Pradera	400	80	R. Peñones
30	El Dovio-Balcones	500	100	R. Claro
31	El Dovio-Sirimanda	370	34	R. Sirimanda
32	El Cairo-La Guardia	250	50	R. Las Vueltas
33	Sevilla-Alegría	450	90	R. La Fe
34	Pradera-Bolo Azul	150	30	R. Bolo
35	Pradera-El Retiro	200	40	R. Bolo
36	Pradera-El Nogal	130	26	R. Bolo
37	Pradera-Bolo Negro	180	36	R. Bolo
38	Pradera-El Vallecito	220	44	R. Bolo
39	Caicedonia - Montegrande	500	100	R. Pijao
40	Alcalá-Maravélez	450	90	R. Barbas
41	Ríofrío-La Zulia	420	84	R. Volcanes
42	B/ventura-Pto Merizalde	4866	970	R. Naya
43	B/ventura-El Pastico	1721	344	R. Naya
44	B/ventura-El Carmen	1100	220	R. Naya

TABLA 5 Continuación

Código	Municipio	Población a 1997	Potencia (kW)	Fuente
45	B/ventura-Sn Francisco de Naya	3484	690	R.Naya
46	B/ventura-Sn Lorenzo	957	190	R.Naya
47	B/ventura-La Concepción	1817	360	R.Naya
48	B/ventura-Juntas	1425	285	R.Yurumanguí
49	B/ventura-El Barranco	1281	250	R.Yurumanguí
50	B/ventura-Bocas del Calima	629	126	R.Calima
51	B/ventura-La Trojita	385	80	R.Calima
52	B/ventura-El Guineo	1165	230	R.Calima
53	B/ventura-Sn Isidro	1640	330	R.Calima
54	B/ventura-Juanchaco	1932	380	Q.La Despensa
55	B/ventura-Veneral	998	200	Q.Pasto
56	B/ventura-Sn Antonio de Yurumanguí	3332	666	Q.Peña
57	B/ventura-Ladrilleros	1004	200	R.Bongo
58	B/ventura-Málaga	1367	273	Q.El Tigre
59	B/ventura-Sabaletas	1351	270	R.Sabaletas
60	B/ventura-San Marcos	397	79	Q.San Marcos
61	B/ventura-Llano Bajo	687	137	Q.Tatabro
62	B/ventura-Aguaclara	1274	255	R.Aguaclara
63	B/ventura-El Pital	1445	289	Q.Tortugas
64	B/ventura-El Aji	324	65	R.El Aji
65	B/ventura-El Ajicito	1496	300	Caño Aji
66	B/ventura-Sta. Cruz	972	194	Q.Soledad
67	B/ventura-Joaquincito	1871	374	Q.Sn Joaquín
68	B/ventura-Timba	873	175	Q.Timba Grande
69	B/ventura-El Tambor	308	61	R.El Tambor
70	B/ventura-El Barranco	1281	256	Q.El Venado
71	B/ventura-El Barco	2038	418	Q. Villegas
72	B/ventura-Aragón	1859	370	R.Cajambre
73	B/ventura-Silva	1891	380	R.Cajambre
74	B/ventura-Sn. Isidro Cajambre	2684	537	R.Cajambre
75	B/ventura-Papayal	514	102	R.Mayorquín
76	B/ventura-Mayorquín	1008	201	R: Mayorquín
77	B/ventura-Sn Francisco Javier	1422	280	R.Raposo
78	B/ventura-Caracolí	1438	280	R.Raposo
79	B/ventura-Calle Honda	1104	220	R.Raposo
80	B/ventura-El Tigre	2035	407	R.Raposo
81	B/ventura-Punta Soldado	1056	211	R. Anchicayá
82	B/ventura-Sn José de Anchicayá	3293	658	R. Anchicayá
83	B/ventura-Tapora 1	1692	338	R. Anchicayá
84	B/ventura-El Aguacate	202	40	R. Anchicayá
85	B/ventura-Patedó	658	131	Q.Patedó
86	B/ventura-Limones	116	23	Q.Limones
87	B/ventura-Guadualito	1599	320	R.Dagua

TABLA 5 Continuación

Código	Municipio	Población a 1997	Potencia (kW)	Fuente
88	B/ventura-El Ceibito	469	94	R. Calima
89	B/ventura-Cabeceras de Sn Juan	1050	210	R. San Juan
90	B/ventura-Dupar	870	174	R. San Juan
91	B/ventura-Pto España	443	88	R. San Juan
92	B/ventura-Guaimía	427	85	Q. Guaimía
93	B/ventura-La Barra	408	81	Q. La Barra
94	B/ventura-Machetagedo	584	117	Est. Machetagedo
95	B/ventura-Gamboa	397	79	Est. Gamboa
	TOTAL	78.800 (*)	17.033	

(*) Proyección hasta 1997 (200 watos por persona)

El Plan tendría los siguientes criterios :

- Existencia de una fuente hidráulica cercana.
- La comunidad propuesta no tendría ningún programa de electrificación previsto al menos en el corto plazo.
- La solución mediante el uso de PCH, sería muy rentable con respecto a otras soluciones energéticas.

Como en el caso del ICEL, este Plan se vio afectado por dificultades financieras e institucionales.

INVENTARIO DE PCH EN ANTIOQUIA. (1980).

El Departamento de Mecánica de Fluidos de la Universidad de Antioquía, inició a comienzos de la década del 80 la identificación de proyectos inferiores a 20 MW, con el fin de mejorar la base de datos de recursos hidráulicos del Departamento de Antioquía, teniendo en cuenta que la identificación de proyectos por encima de 100 MW estaba completamente definida. Para tal efecto se dividió el Departamento en tres zonas, como se explica en la TABLA 6.

TABLA 6 Distribución regional de PCH en Antioquía

Región	Localización	Proyectos	Capacidad de la PCH (MW)
I	75°40'-76°15' longitud oeste; 6°20' - 7°15' latitud norte	9	144.0
II	Entre el límite sur y 6° latitud norte	44	102.2
III	Area restante	12	23.7
	Total	65	269.9

Un contenido más detallado de los distintos proyectos de PCH en el Departamento de Antioquia, se pueden encontrar en la TABLA 7.

Características del Inventario: Posibles proyectos de PCH en Antioquía

- Esta actividad la adelantaron los estudiantes de último año del Departamento, con una duración de 6 meses.
- El inventario se refirió a proyectos sin regulación, o regulación diaria, con caudales de duración del 90% anual.
- La relación entre Caída Bruta (H) y distancia (L) mayor a 0.05, fue adoptado como criterio para la selección del sitio, donde la cabeza bruta fuera mayor que 50 m.
- La Universidad propuso, adicionalmente la explotación del potencial hidráulico residual en Grandes Centrales Hidroeléctricas (GCH), para suministrar energía rural a las zonas próximas a los proyectos, teniendo en cuenta las reducciones económicas por disponibilidad de infraestructura. Esta propuesta debería ser analizada con mayor cuidado teniendo en cuenta que los desembalses podrían destruir la obras civiles de proyectos pequeños.

TABLA 7 Proyectos probables de PCH en Antioquía

Proyecto Río o corriente)	H(B) (m)	L(m)	Q(m) (m(3)/s)	Q(90) (m(3)/s)	H/L	Capacidad MW	Energía GWH/año	No. unidades y turbina
REGIÓN I. OESTE								
1 Tonusco (R)	530	3360+ 770	3.57	1.96	0.14	17	732	Pelton
2 Aurrá (R)	1180	4360+ 2040	2.66	0.93	0.24	28	774	Pelton
3 San José de Urama (R)	200	3800+ 200	7.77	4.27	0.05	14	702	Francis
4 Urama (R)	104	1470+ 267	29.83	16.41	0.06	27	1204	Francis
5 La Vuelta (R)	120	200+ 243+ 230	11.03	6.07	0.17	12	512	Francis
6 La Honda(R)	79	920+ 168	12.62	6.94	0.07	9	382	Francis
7 Chontaduro (R)	191	1120+ 500	13.11	7.21	0.12	22	972	Francis
8 Bobo (C)	450	1300+ 762	1.18	0.65	0.23	5	202	Pelton
9 Clara (C)	470	4100+ 450	2.41	1.33	0.10	10	442	Pelton
						144	580	
REGIÓN II. SUR								
10 Buey II (R)	500	2.450	17.39	6.43	0.21	24.7	196.6	Pelton
11 Buey I (R)	300	2.250	17.55	6.49	0.14	14.9	119.0	Francis
12 Aures (R)	450	1.006	6.34	2.85	0.50	9.9	79.2	Pelton
13 Sonson I (R)	600	1.616	3.39	1.53	0.40	7.0	56.1	Pelton
14 Yeguas (R)	550	1.597	4.17	1.42	0.37	5.9	46.8	Pelton
15 Sonsón II (R)	500	1.940	3.41	1.53	0.27	5.8	46.4	Pelton
16 La Miel (R)	300	2.320	3.88	1.55	0.13	3.5	28.1	Francis
17 Sta. CAtalina (C)	1.100	4.924	1.21	0.41	0.23	3.4	27.5	Pelton
18 Coconá (R)	250	1.226	4.95	1.68	0.21	3.2	25.5	Francis
19 Piedras (R)	500	1.695	2.08	0.79	0.31	3.0	24.1	Pelton
20 Frío I (R)	350	1.482	1.72	0.59	0.24	1.6	12.5	Pelton
21 Sta. Rita (R)	200	360	2.88	0.98	0.67	1.5	12.0	Francis
22 Quebradona	600	1.253	0.68	0.31	0.55	1.4	11.4	Pelton
23 Frío II (R)	200	2.010	1.76	0.60	0.10	0.86	6.9	Francis
24 Arquia (R)	200	1.474	1.68	0.57	0.14	0.84	6.7	Francis
25 Chaberra (R)	150	912	2.19	0.74	0.17	0.84	6.7	Francis
26 Cartama (R)	200	1.020	1.13	0.43	0.20	0.64	5.1	Francis
27 Honda (C)	200	2.209	0.90	0.36	0.09	0.51	4.1	Francis
28 Pojurgo (C)	150	1.906	1.35	0.46	0.08	0.50	4.1	Francis
29 Farallones (C)	100	1.244	2.34	0.70	0.08	0.48	3.8	Francis
30 Claro (C)	200	1.236	0.91	0.31	0.63	0.46	3.7	Francis
31 San Juan (C)	100	955	1.48	0.50	0.11	0.34	2.8	Francis
32 San Lorenzo (Cocorna)	100	516	2.60	0.99	0.20	0.74	5.10	2 Francis
33 Circia (C)	100	1.008	1.25	0.73	0.10	0.55	4.12	2 Francis
34 Las Frutas (C)	250	1.171	0.67	0.39	0.25	0.98	7.87	2 Pelton
35 La Paloma (C)	50	506	2.58	0.98	0.10	0.36	2.88	2 Francis
36 La Leona (C)	200	819	0.34	0.19	0.26	0.27	2.20	2 Pelton

TABLA 7 Continuación

Proyecto Río o corriente)	H(B) (m)	L(m)	Q(m) (m ³ /s)	Q(90) (m ³ /s)	H/L	Capacidad MW	Energía GWH/año	No. unidades y turbina
37 Piedra Verde (C)	50	505	1.46	0.79	0.10	0.29	2.31	2 Francis
38 Sinifaná	50	309	0.59	0.29	0.17	0.11	0.87	1 Francis
39 La fría (C)	50	214	0.85	0.41	0.25	0.16	1.25	1 Francis
40 San Antonio (C)	100	517	0.33	0.19	0.20	0.14	1.12	1 Francis
41 San Pedro (C)	50	506	1.30	0.75	0.10	0.27	2.20	2 Francis
42 Arquia I (R)	100	402	1.68	0.91	0.26	0.69	5.49	2 Francis
43 Cañas (C)	100	643	1.09	0.73	0.16	0.54	4.29	2 Francis
44 Cauzal (R)	100	506	1.01	0.68	0.29	0.25	1.99	2 Francis
45 Palestina (R)	100	373	0.90	0.61	0.29	0.46	3.68	2 Francis
46 Claro I (R)	150	775	0.71	0.48	0.20	0.52	4.19	2 Francis
47 San Lorenzo (Argelia) (R)	75	230	2.42	1.40	0.38	0.80	6.43	2 Francis
48 San Julian (R)	100	880	1.32	0.77	0.13	0.55	4.42	2 Francis
49 Claro II (R)	100	1.008	1.39	0.68	0.10	0.48	3.84	2 Francis
50 Aures (C)	100	392	1.23	0.60	0.10	0.45	3.62	2 Francis
51 Los Dolores (C)	200	333	0.78	0.52	0.90	0.79	6.35	2 Francis
52 La Quebradona (Sonson) (C)	200	455	0.93	0.63	0.53	0.95	7.62	2 Francis
53 Quebradona (Argelia) (C)		506	2.39	1.60	0.10	0.59	4.72	2 Francis
REGIÓN III NORTE - ESTE								
54 Alejandria	125	1.755	3.69	2.10	0.25	1.67	13.39	2 Francis
55 Santa Cruz	50	2.301	2.71	1.43	0.10	0.33	2.62	1 Francis
56 Pocoró	150	1.607	11.35	4.99	0.30	4.92	39.38	2 Francis
57 Monos	225	1.616	7.46	3.21	0.55	5.00	39.99	2 Francis
58 Pescado	75	2.341	6.22	3.54	0.14	1.57	12.54	2 Francis
59 Maní	150	2.006	2.02	1.07	0.18	1.01	8.10	2 Francis
60 Volcán	50	1.731	29.51	15.05	0.18	4.51	36.06	2 Francis
61 Quebradona	200	2.308	2.45	1.30	0.44	1.58	12.67	2 Francis
62 Tinita	75	1.192	4.44	2.53	0.33	1.24	9.89	2 Francis
63 La Honda	50	2.201	5.80	3.31	0.25	0.90	7.19	2 Francis
64 Mata I	25	351	2.36	1.25	0.25	0.23	1.86	1 Francis
65 Mata II	25	780	10.65	4.69	0.25	0.81	6.47	2 Francis

SUBPROGRAMA COLOMBO-CHINO DE PCH 1983

En 1983, La República Popular China (RPC), teniendo conocimiento de los Planes y Programas que había emprendido el ICEL para acometer proyectos relacionados con las FENR y en especial con los que se referían al desarrollo masivo de las PCH, ofreció enviar, como realmente lo hizo, una Comisión Técnico-Económica para convenir con el Instituto un Convenio de Cooperación Técnica y Económica entre los dos países, denominado Subprograma Colombo - Chino de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.⁷

Colombia propuso a la RPC concretar el Programa de Cooperación Técnica, en cuatro (4) objetivos fundamentales:

- Visita de una Misión Técnica de la RPC para llevar a cabo los estudios geológicos e hidrológicos para la identificación de cincuenta (50) proyectos de PCH en diferentes partes del país.
- Venta, instalación y puesta en funcionamiento por parte de la RPC de las 50 PCH, mencionadas en el punto anterior.
- Fabricación en Colombia de los Equipos Electromecánicos necesarios para las 50 PCH, con la Asesoría y transferencia gratuita de tecnología por parte de la RPC.
- Capacitación de personal colombiano por parte de la RPC, para el mantenimiento y operación de estos equipos.

Se acordó entre el ICEL y la Comisión Técnica de la RPC, la redacción de una Acta de Conversaciones, cuyos aspectos fundamentales se resumen a continuación:

• Transacciones mediante el Sistema de Trueque

Lo más atractivo del Convenio de Cooperación Técnica y Económica consistía en que el pago de los equipos, la Asesoría tecnológica para la construcción de obras civiles y transferencia para el diseño y fabricación de equipos, se haría mediante el "Sistema de Trueque" con productos agrícolas colombianos que acordaran los dos países, sin incluir ninguna transacción en divisas.

• Propuesta de la RPC

Como respuesta a la solicitud colombiana y después de adelantar una inspección preliminar a distintos lugares del país, y concluida una visita ocular a las

⁷ ACTA DE CONVERSACIONES ENTRE LA MISIÓN TÉCNICA DE LA RPC Y EL ICEL PARA EL SUBPROGRAMA COLOMBIA - CHINA DE PCH.(marzo de 1983).

instalaciones de la Fábrica INDUMIL en la ciudad de Sogamoso - Boyacá, la RPC sintetizó su propuesta en los siguientes términos:

• **Cantidad de Proyectos.**

La RPC considera más atractivo, convenir una ampliación en el número y capacidad de los proyectos y propuso en total sesenta (60) proyectos, discriminados en la TABLA 8.

1. Siete (7) PCH que contaban con diseño y cuya capacidad total era	13.450 kW
2. Una (1) PCH cuyo diseño requiere una revisión; capacidad	5.600 kW.
3. Dos (2) ampliaciones de capacidad instalada, cuya capacidad sería	20.250kW
1. Cincuenta (50) PCH nuevas, cuyos diseños no se habían realizado Asumiendo una potencia promedio de 500 kW, su capacidad sería	25.000 kW
Total	64.300 kW

• **Asesoría y Cooperación Técnica.**

1. Simultáneo al proceso de fabricación, la RPC enviaría 15 técnicos, para asesorar a Colombia en la elaboración de Reconocimiento, Factibilidad, Diseño y Construcción de 50 PCH con una capacidad total de 25.000 kW, en un plazo de 17 meses aproximadamente. Para esta asesoría, Colombia debería suministrar los siguientes recursos humanos:

Pre-diseños: Actividad con duración aproximada de 2 meses	150 hombre/mes
Factibilidad: con duración aproximada de 3 meses.	450 hombre/mes
Diseño: Con duración aproximada de 6 meses.	900 hombre/mes
Total	1500 hombre/mes.
2. Construcción "llave en mano" de los siete (7) proyectos cuya capacidad asciende a 13.450 kW, con los estudios y diseños suministrados por el ICEL.
3. Revisión del diseño y construcción "llave en mano" de la planta con capacidad de 5.600 kW.
4. Realización de Estudios y ampliación "llave en mano" de la Hidroeléctrica de Río Negro y Gachetá a una capacidad de 20.250 kW.

La Asesoría Técnica de los numerales 1 al 3, sería atendida con los Técnicos que enviará la RPC cuyos costos se estiman en un 15 % del valor total de los proyectos. La asesoría para los proyectos que ya dispongan de diseño, serían convenidos posteriormente.

• **Transferencia Tecnológica.**

1. Para la fabricación de turbinas en la fábrica INDUMIL en Sogamoso, la RPC ofrecía una transferencia tecnológica de:
 - Ocho series de tipos clásicos de turbinas (Pelton, Francis y Kaplan) hasta una capacidad de 500 kW
 - El precio ofrecido por la RPC para suministrar esta transferencia tecnológica sería de US\$1'750.000
 - El costo de la transferencia de los demás equipos para PCH requeridos (alternador, regulador de velocidad, etc., será convenida posteriormente, cuando la Misión Técnica adelante las consultas con los fabricantes de la RPC correspondientes.
2. La RPC ofrecía la capacitación gratuita del personal colombiano que fuera necesario para:
 - Diseño de proyectos de PCH.
 - Montaje de equipos para PCH.
 - Administración, Operación y Mantenimiento de PCH, incluidos en el subprograma.
 - La capacitación se adelantaría en fábrica y lugares de montaje y pruebas. Los costos de transporte, alojamiento y alimentación de Técnicos Colombianos a la RPC, serían por cuenta de Colombia.
3. Como una contribución al esfuerzo colombiano para la "Fabricación y puesta en operación de la Primera PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA COLOMBIANA", cuyos diseños fueron realizados mediante un Convenio entre el ICEL y LA UNIVERSIDAD DEL VALLE, la RPC ofrece en forma gratuita:

La Asesoría para la revisión de los diseños y la fabricación y pruebas de los equipos en la Fábrica de INDUMIL en Sogamoso, de la PCH de Argelia, Cauca, incluyendo sus turbinas (3x250 kW) tipo Francis, alternadores, reguladores de velocidad, tableros de control y demás accesorios. La asesoría incluía el suministro gratuito de un rodete para una de las turbinas. Teniendo en cuenta la responsabilidad que implicaba el convenio, la RPC ofrecía la revisión gratuita de los diseños de obras civiles e hidráulicas (Estudios de Preinversión). La RPC estaría dispuesta a revisar de inmediato, esta cooperación.

• **Alcance Económico y Financiero.**

La RPC planteaba que a partir de la evaluación económica y legalización del Convenio, Colombia abonaría como anticipo, el 20% del valor de los contratos y el 80% sería financiado por la Corporación correspondiente mediante un crédito de proveedores, con un interés que podría oscilar entre un 9 y 9.75 % anual y cuyo plazo estaría entre los 5 y 10 años.

Los pagos se adelantarían bajo el Sistema de Trueque, mediante el establecimiento de una Garantía Bancaria.

Los dos países convendrían un listado de productos con sus cantidades y precios, que serían los mismos que rigieran en el mercado internacional. Se buscaría mantener una Balanza de Trueque equilibrada anualmente entre los dos países.

• **Precios de los Equipos.**

La RPC ofrece el suministro de equipos para PCH a razón de US\$700 kW instalado, bajo las siguientes salvedades :

- Sería un precio estimado con una primera aproximación.
- Es una propuesta condicionada al compromiso de mantener una capacidad que oscile alrededor de 65.000 kW
- El precio propuesto se refiere a equipos para mediana y alta cabeza.
- Este estimativo cubriría únicamente los siguientes equipos: Válvulas, turbina, generador, excitatriz, regulador de velocidad y tableros de control.
- Para un convenio definitivo, se cotizaría proyecto por proyecto.

• **Conclusiones de las conversaciones.**

1. **Cooperación Técnica y Económica:** Este proyecto que hubiera beneficiado enormemente al país, especialmente a las Zonas No Interconectadas (ZNI) y al Sector Agrícola Colombiano, especialmente al algodónero (La RPC, mencionó que estaba en capacidad de recibir toda la producción algodónera nacional actual y futura), lamentablemente no fue posible su materialización por cuanto en esa época (1983) no existía un "Convenio Marco de Cooperación Técnica y Económica entre La RPC y Colombia".
2. **Infraestructura Comercio Exterior:** Por carencia de una acción coordinada entre los sectores energético y productivo, no fue posible informar, coordinar unos canales ágiles entre los sectores energético, rural, agrícola y comercial para estructurar un Sistema de Intercambio Sectorial que permitiera impulsar el Programa, con el cual se generarían unas Fuentes Nuevas de Empleo Masivo y un Desarrollo Socio económico de grandes proporciones.
3. **Desarrollo Tecnológico:** Habría sido una de la más grandes oportunidades para alcanzar el desarrollo de fuentes tecnológicas para atender el mercado energético productivo, con posibilidades de extenderlo a un gran número de países de la Región Latinoamericana y del Caribe. La transferencia tecnológica se habría orientado a:

- Mejoramiento tecnológico para la realización de Estudios de Preinversión: Reconocimiento, Prefactibilidad, Factibilidad, Diseño de Obras Civiles, hidráulicas, selección de equipos electromecánicos e hidráulicos.
- Adiestramiento complementario para la Administración, Operación y Mantenimiento (AOM) de PCH.
- Conocimiento tecnológico para la Fabricación, pruebas de fábrica, montaje y puesta en operación de equipos electromecánicos e hidráulicos de PCH.
- Capacitación tecnológica para la rehabilitación y reparación de PCH.

4. **Carácter multipropósito de las PCH.** De igual manera como se acostumbra en la RPC, los proyectos de PCH se conciben y ejecutan con un criterio multipropósito productivo: energía, riego, acueductos, drenaje, control de inundaciones, turismo, fomentar la oferta ictiológica y concretar los programas de recuperación y preservación del Medio Ambiente.

TABLA 8 Subprograma Colombo Chino de PCH

No	Proyecto	Localidad	Río (R)	Habitan	Distancia	Cabeza	Flujo	Capacidad	Estado actual					Observaciones	
			Corriente (C)	Tes	(km)	(m)	m3/s	(kW)	O	R	P	F	D		
	La Pedrera	La Pedrera	(C) La tonina	250	0.3	20	1	40		x					Amazonas region flow rate in dry season
2	Saravena	Saravena	(C) La bojada	45,000	20.0	55	15	6,900		x					Study in DECP- ICEL Arauca
3	Recetor	Recetor								x					Casanare
4	La Salina	La Salina		430				150	x						Casanare
5	Nunchia	Nunchia	(C) Novillo	800	4.5	30	0.9	250	x						Casanare
6	Tauramena	Tauramena	(R) Caja	1,000	2.5	80	5.0	3,000		x					Casanare. Study in DFAE exists
7	Paz de Ariporo	Tamara, Pore Paz de Ariporo	(R) Ariporo	11,000	5.0	150	2.5	2,930		x					Study in DECP- ICEL cASANARE
8	Orito	Orito	(R) Blanco		7.0	150				x					Putumayo
9	Araracuara	Araracuara	(R) Paca	200	0.15	1.0	9	72		x					Vaupés
10	Bitá	Pto Carreño	(R) Bitá	5,500	30.0	7.25	132	7,500				x			Vichada. Study in DECP- ICEL
11	Las Mercedes	Las Mercedes	(C) Las mercedes	2,200		25	2.5	500		x					Antioquia
12	El Bagre	El Bagre	(C) Ucurú	8,000	10.0	40	1.21	380		x					Antioquia
13	Briceño	Briceño	(C) Socabones	2.500/U	3.0	28	2.5	560		x					Urban/ Rural population
				14.000 R											Antioquia
14	San Pedro de Uraba	San Pedro de Uraba	(R) San Juan	9,500	10.0	50	1.5	600		x					Antioquia
15	Pajarito	Pajarito	(C) Majagua (C) Costa Grande	3.200/U 2.300 R	5.0		0.279	200	x						Boyacá Urban/Rural

TABLA 8 Continuación

No.	Proyecto	Localidad	Río (R) Corriente (C)	Habitantes	Distancia (km)	Cabeza (m)	Flujo m3/s	Capacidad (kW)	Estado actual					Observaciones	
									O	R	P	F	D		
16	Cubara	Cubara	(C) Los Cristales		20	155	0.40	500	x						Boyacá
17	Corinto	Corinto	(C) Conguta- (C) Legía	200	1.0		0.532	110	x						Boyacá
18	Mombita	S.J. de Mombita	(C) Upía	1,500	0.5			200	x						Boyacá
19	El Poirá	Belén de los Andaquies	(R) Bodoquerito	2,190	15	30	2.5	600		x					Caquetá
20	Santa Rosa de Saija	Santa Rosa de Saija	(R) Llantino			10	8.6	645	x						Cauca
21	Timbiquí	Timbiquí	(R) Coteje			12	9.4	855	x						Cauca
22	Guapi	Guapi	(R) Tunei			40	2.0	640	x						Cauca
23	El Plateado	El Plateado	(C) Pinche	580	2.5	60	1.5	720		x					Cauca. Preliminary measurements ICEL 07/03/83
24	Gabriel López	Gabriel López	(R) Palacé	420	3.0	18	0.3	50		x					Cauca. Preliminary measurements
25	La Salada	Tocaima						350	x						Cundinamarca
26	Tibirita	Tibirita	(R) Machetá						x						Cundinamarca
27	Caqueza	Caqueza	(R) Une	6,000	1.5	25	0.5	100	x						Cundinamarca
28	Moquentiva	Moquentiva	(R) Moquentiva					600	x						Cundinamarca
29	Santa María	Santa María	(R) Cutí		20.5	31	1.5	360		x					Chocó
30	Nuquí	Nuquí	(R) Nuquí		21	15	6.0	700		x					Chocó

TABLA 8 Continuación

No.	Proyecto	Localidad	Río (R) Corriente (C)	Habitan Tes	Distancia (km)	Cabeza (m)	Flujo m3/s	Capacidad (kW)	Estado actual					Observaciones
									O	R	P	F	D	
31	Acandí	Capurganá	(R) Acandí						x					Chocó
32	Pto pizarro	Pto pizarro	(R) Baudó						x					Chocó
33	Balsillas	El Pato	(R) Balsillas	2,100	20	100	1	800		x				Huila
35	Lejanías	Lejanías	(R) Guape	3,800			43.9		x					Meta. Average flow rate
36	La Uribe	La Uribe	(R) Duda	1,700					x					Meta
37	Pisanda	Pisanda	(C) San Mateo	4,060	10	240	1.15	2,210		x				Nariño
38	Rosario	Rosario	(C) El Pinche	1,058	3.5	120		0.77		x				Nariño
39	Juanoy	Juanoy	(R) Cascabel	3,000	4	50	2.06	820		x				Nariño
40	Barbacoas	Barbacoas	(R) Nanbí	5,300	34	296	84.1	300,000			x			Nariño
41	Huilque	Huilque	(C) Huilque	930	0.5	230	0.09	150		x				Nariño
42	San Francisco	San Francisco	(C) Honda	3,280	2	200	0.230	360		x				Nariño
43	El Tarra	El Tarra	(C) Santa Catalina	3,250	5	50	3	1,200		x				Survey in DFAE North Santander
44	El Cincho	El Cincho	(R) El Tarra	600	1	25	2.5	500		x				North Santander
45	Santa Helena	Santa Helena del Opón	(R) Oibita	1,330	4	31	2.0	500		x				Survey in DFAE South Santander
46	Aragua									x				South Santander
47	Berbeo	Berbeo	(C) Cuevas	500	2	60	0.10	48		x				Survey in DFAE South Santander
48	Plan Alvarez	Plan Alvarez								x				South Santander
49	Santa Bárbara	Santa Bárbara	(C) La Esmeralda	1,500	2	42	0.3	100		x				Survey in DFAE South Santander
50	Arales									x				Sucre

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 8 Continuación

No.	Proyecto	Localidad	Río (R) Corriente (C)	Habitantes	Distancia (km)	Cabeza (m)	Flujo m3/s	Capacidad (kW)	Estado actual					Observaciones	
									O	R	P	F	D		
51	Planadas	Planadas	(R) El Núcleo		3	20	18	2,880	x						Tolima
52	Herrera	Herrera	(R) El Hereje		5	30	10	2,400	x						Tolima
53	Cajamarca	Cajamarca	(R) Bermellón		6	50	8	3,200	x						Tolima
54	Anzoátegui	Anzoátegui	(R) Frío			100	2	1,600	x						Tolima
55	Mitú	Mitú	(R) Vaupés	5,160	30	2.5	30,000	650						x	Comisaria Vaupés
56	Patico	20 Km from Popayán	(R) Cauca		13	109.4	10,500	8,600						x	Cauca
57	López- Puerto Sergio	López Puerto Sergio	& (C) Jolí	970	9	13.4	6,000	600						x	Cauca
58	Unquía	Unquía others	& (R) Cutí	6,500	20	68	2,300	1,100						x	Chocó
59	Juradó	Juradó	(R) Apartadó	2,200	12	24	4,200							x	Chocó
60	El Calvario	El Calvario	(R) La Panela	1,000	1	391	1.0	200						x	Meta
61	Guicán	Guicán	(R) Nevado		2	202.8	3,800	5,600						x	Boyacá
62	Río Negro	Puerto Salgar	(R) Negro	5,000	6	28.2	32,000	20,000							Cundinamarca
63	Gachetá	Gachetá	(R) Moquentiva	5,000	3	92.5	0.35	250							Cundinamarca

- (O) No hay información
 (R) Estudios Preliminares
 (P) Prefactibilidad
 (F) Factibilidad
 (D) En Diseño

Programa PESENCA de PCH8 1985

El Programa Especial para el desarrollo Energético Alternativo de Colombia (antes Costa Atlántica), PESENCA fue fundada en 1985, como consecuencia de un convenio de Cooperación Técnica entre Colombia y Alemania, con la participación efectiva de la Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica - CORELCA por parte del Ministerio de Minas y Energía y la GTZ

Los Gobiernos de Colombia y la República Federal Alemana suscribieron un convenio en 1985 denominado "Programa Especial de Energía para la Costa Atlántica - PESENCA", con el fin de cumplir los siguientes objetivos:

- Análisis de la Demanda y Oferta de energía para el planeamiento de 23 regiones de la Costa Atlántica, incluyendo la Evaluación Socio-económica.
- Apoyo para la conformación de 7 empresas para Fuentes de Energía Nuevas y Renovables (FENR) y Ahorro Energético (AE).
- Reconstrucción de 2 PCH en la Costa Atlántica.
- Instalación de 2 Centros para Demostración y Pruebas de Equipos de FENR.
- Montaje de Plantas de Energía Solar y de Biogas.

Para el campo de las PCH, el acuerdo dirigió el apoyo a la firma "Hidroenergía Ltda" la cual está orientada a la asesoría, supervisión, diseño, construcción e instalación de PCH.

En el campo de la hidroelectricidad PESENCA puso al servicio su tecnología en los aprovechamientos de pequeñas caídas de agua, durante las etapas de construcción de obras civiles y suministro de equipos cuya disponibilidad no era suficiente en el país.

En cuanto al mantenimiento y reparación de equipos PESENCA presentó una nueva disponibilidad para ser aplicada especialmente en área de la Costa Atlántica la cual dispone de suficientes caídas de agua pero sin una adecuada oferta tecnológica. La fundación propició la creación de empresas especializadas en la hidroenergía con el apoyo de expertos contratados a largo plazo con capacidad para prestar una asesoría total en el campo de las PCH.

• Reconstrucción de Equipos:

Se programaron las siguientes PCH para ser reconstruidas:

8 Institucionalización del Programa PESENCA. Horst Finck. Director Fundación PESENCA. Memorias del V ELACPH. Santa Marta.-Colombia - 1993.

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA	DNP	MINMINAS	UPME	CREG	PNUD
-------------	-----	----------	------	------	------

- PCH Río Piedra en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta.
- PCH La Gaira. Proyecto cercano a Santa Marta, Departamento del Magdalena y abandonado hace muchos años
- PCH de Pueblo Bello. Departamento el Cesar
- PCH de Santa Rosa. Departamento de Bolívar.

En la TABLA 10 se puede observar los diferentes proyectos acometidos por PESENCIA durante el período comprendido entre 1987 a 1991.

• **Estudios adicionales.**

En la TABLA 9 se presenta el resumen de los estudios de reconocimiento, factibilidad y diseño elaborados en el proyecto PESENCIA

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 9 Proyectos realizados de minicentrales hidroeléctricas 1987 - 1991

Proyecto	Localidad	Cap. Inst (KW)	Costo del Proyecto	No. Usuarios beneficiados	US\$/KW instalado	Energía media Kwh/año	Participación de PESENCA (%)	Entidades Participantes
Minicentral	Bonda (Magdalena)	200	94.950.000	60	1.266	525.6	7	Comité de Cafeteros CORELCA y PESENCA
Pequeña Central de Gaira **	Gaira (Magdalena)	1090	42.903.647	Interconectado	125	5.708.0	70	Electrificadora del Magdalena y PESENCA
Microcentral de Palestina	Palmor (Magdalena)	8	5.637.145	3	1.686	47.1	70	La Comunidad y PESENCA
Microcentral de Siervo arias	Palmor (Magdalena)	12	2.701.058	1	429	70.1	0	El Propietario y PESENCA (Asesoría)
Microcentral de Palmor	Palmor (Magdalena)	125-300	158.131.400	182	2.146	340.9	70	La Comunidad, CORELCA, Gobernación del Magdalena y PESENCA
Microcentral de Paucedonia	Palmor (Magdalena)	15	11.838.532	6	1.277	84.1	25	La Comunidad, Comité de Cafeteros y PESENCA
Microcentral de Sacramento	Fundación (Magdalena)	23	46.931.367	35	1.370	129.0	4	La Comunidad, Comité de Cafeteros, PNR, CORELCA, Municipio de Fundación y PESENCA
Microcentral de Caracolí	San Juan del Cesar (Guajira)	70-100	226.120.000	133	3.723	146.2	33	La Comunidad, Comité de Cafeteros, PNR, Gobernación y Electroguajira, CORELCA, Municipio de San Juan y PESENCA
Microcentral de Machosolo	La Tagua (Magdalena)	10	25.149.000	8	2.243	56.1	10	La Comunidad, PNR, INDERENA, CORELCA, y PESENCA

* : Terminación de las obras civiles y electromecánicas por parte de PESENCA

** : Rehabilitación de una planta que estaba fuera de servicio desde 1974.

*** : Proyecto en construcción, costos estimados.

TABLA 10 Estudios de reconocimiento, factibilidad y diseño 1987 - 1991

Proyecto	Localidad	Costo del estudio \$	No. de Vivienda a beneficiar	Participación de PESENCA (%)	Entidades Participantes
Pequeña Central de Gaira	Gaira - Magdalena	2.500.000	Interconexión	100	PESENCA
Minicentral de Buritaca y Guachaca	Magdalena	1.000.000	-	100	PESENCA
Microcentral de Palmor	Palmor - Magdalena	5.200.000	182	80	CORELCA y PESENCA
Microcentral de Santa Rosa del Sur*	Sta Rosa - Bolivar	2.554.500	660	100	PESENCA
Microcentral de Caracolí	San Juan del Cesar - Guajira	4.379.900	133	100	PESENCA
Microcentral de Pueblo Bello*	Pueblo Bello - Cesar	1.000.000	Interconexión	0	Electrocesar y PESENCA (Asesoría)
Microcentrales Sierra Nevada y Sur de Bolívar	Magdalena - Bolivar	5.000.000	-	0	PNR, CORELCA, PESENCA
Microcentral Villa Germania	Valledupar - Cesar	2.000.000	-	0	Comité de Cafeteros, PNR, Electrocesar PESENCA
Microcentral de la Soledad	Argelia - Antioquia	4.977.993	-	0	DNP, CORNARE, y PESENCA (Asesoría)
Microcentral de Acandí	Acandí - Choco	6.000.000	-	0	Minminas, Electrochocó, Alcaldías de Acandí y PESENCA
Microcentral La Puerta	Cali - Valle	1.000.000	23	0	CORDESAL, SWISSAID y PESENCA (Asesoría)
Microcentral de Mico Ahumado	Morales - Bolivar	4.997.525	110	0	PNR, Electrobol Fundación y PESENCA
Microcentral de Villa Germania Diseños Obras Civiles	San Juan del Cesar - Guajira	4.379.900	133	100	PESENCA
Pequeña Central de Mirolindo*	Ibague - Tolima	4.000.000	-	0	S.E.T., Fundación PESENCA
Pequeña Central de Julio Bravo*	Pasto - Nariño	11.968.339	-	0	Corponariño, GTZ, Fundación PESENCA
Minicentral de Soto Mayor	Soto Mayor - Nariño	1.411.838	Mina Esparta	0	Corponariño, GTZ, Fundación PESENCA

* : Plantas por rehabilitar.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD COLOMBO-JAPONÉS PARA LA REHABILITACIÓN DE PCH - 1988/90.

Una Comisión Técnica del Japón acompañada de funcionarios del ICEL, visitaron y analizaron 87 proyectos de Plantas Diesel y PCH instaladas dentro del "Estudio de Prefactibilidad para el Proyecto de Rehabilitación de Pequeñas Plantas", entre centrales Térmicas e Hidráulicas de los cuales analizaron 67 proyectos con el fin de evaluar las partes más importantes de recambio, especialmente turbinas hidráulicas en los PCH visitadas. La duración de este estudio fue de 17 meses a partir de noviembre de 1988. El alcance del Estudio incluyó los siguientes aspectos:

2. Examen y análisis de la información existente.
3. Reconocimiento de los proyectos.
4. Planeamiento de los trabajos de campo para el proyecto.
5. La información fue obtenida fundamentalmente de las empresas del sector eléctrico. En lo referente a las PCH, la comisión orientó su trabajo en la elaboración de formularios de encuesta en los que se incluyó entre otra, la siguiente información:
 - Condiciones de las compañías existentes.
 - Información hidrológica y meteorológica existente
 - Area de cada superficie de captación.
 - Condición del caudal, máxima corriente, nivel del agua y cantidad de sedimento transportado en cada punto de la captación.

El equipo humano de la Comisión de JICA para el caso de las PCH, estaba conformado por los siguientes profesionales expertos:

- Ingenieros de planeamiento de potencia.
- Ingenieros civiles en planeamiento de plantas de potencia hidráulica.
- Ingenieros civiles en construcción de plantas hidráulicas.
- Ingenieros Mecánicos en Plantas hidráulicas.
- Ingenieros Electricistas en construcción de plantas hidráulicas.
- Ingenieros electricistas para los estudios hidrológicos e hidráulicos.
- Geólogos.
- Economistas.

• **Estructuración del Plan**

Las principales actividades desarrolladas en el estudio se listan a continuación, así como la entidad responsable de realizarlas:

Items	Responsable
Revisión de la información existente	JICA - ICEL
Visita de reconocimiento	JICA - ICEL
Programación	JICA
Consecución de permisos	ICEL.
Mediciones topográficas.	ICEL
Mapeo fotogramétrico.	ICEL
Investigación geológica.	ICEL
Recolección de datos.	JICA
Medición de potencias.	JICA en Japón
Optimización del plan.	JICA en Japón
Diseño de la Factibilidad.	JICA en Japón
Análisis de estabilidad y seguridad.	JICA en Japón
Método de construcción	JICA en Japón
Estimación de costos	JICA en Japón
Análisis económico y financiero	JICA en Japón
Manual de Mantenimiento	JICA en Japón

• **PCH Visitadas**

La Comisión Técnica, envió a cada electrificadora responsable de la PCH, un cuestionario muy completo sobre información técnica, económica, sociológica, etc., para que fuera procesado con la mayor y más completa información. La información faltante sería recopilada en la visita de campo. Se complementó la información con la base de datos hidrológicos de las estaciones hidrométricas existentes, Lo anterior permitió la elaboración de las "Curvas de duración de Flujos" correspondientes.

En la TABLA 11 se presentan las principales características de los proyectos visitados por esta misión

TABLA 11 PCH visitadas en el Plan Colombo - Japonés

Proyecto	Caudal (m ³ /s)	Cabeza Neta (m)	Potencia Instalada (KW)	Potencia Efectiva (KW)	Energía Generada (GW h)	Fuente Hidrica	Depto.
Caracoli	5.0	86.0	3200	2300	18.81	Río Nus	Antioquia
San Cancio	5.6	53.8	2320	1750	8.44	Río Chinchina	Caldas
Intermedia	5.6	56.8	1120	900	3.33	Río Chinchina	Caldas
Municipal	5.6	79.6	2112	1400	5.94	Río Chinchina	Caldas
Silvia	1.5	31.0	604	100	0.82	Río Piendamó	Cauca
Ovejas	7.0	24.5	900	650	2.97	Río Ovejas	Cauca
La Vuelta	4.0	4.8	2000	500	6.25	Río Andagueda	Choco
Julio Bravo	3.0	120.0	1500	0	0	Río Pasto	Nariño
Zaragoza	6.5	30.0	1560	1200	6.29	Río Surata	Santander
Lagunilla	0.5	120.0	392	0	0	Río Lagunilla	Tolima

Razones económicas y financieras impidieron materializar este Plan.

PLAN ICEL-PCH-ZNI.

Diferentes dificultades económicas, financieras, administrativas, presupuestales, institucionales, impidieron el desarrollo normal de gran parte de las ejecuciones en el campo de las PCH por parte del ICEL. En consecuencia fue necesario replantear las estrategias y acometer con el esfuerzo de sus propios recursos los proyectos que requerían mayor prioridad. En el numeral 8. 4 del presente documento, se expondrá el plan en forma mas detallada.

OTROS PLANES Y PROGRAMAS DE PCH

Instituciones Colombianas y Agencias Extranjeras, han desarrollado algunas actividades específicas en el campo de las PCH en Colombia. Es importante mencionar la labor importante y discreta de los siguientes organismos :

- **Entidades Nacionales:**

- Universidad del Valle.
- Universidad Nacional de Colombia - UN
- INEA.
- Universidad Industrial de Santander - UIS.
- Universidad de los Andes - UA
- Universidad de Antioquía.
- Universidad de La Salle.

- Universidad del Cauca.
- Centro "Gaviotas"
- Centrales Eléctricas de Caldas - CHEC

Su actividad ha transcurrido desde la ejecución de seminarios, trabajos finales de grado, realización de cursos, publicación de revistas, documentos, hasta la realización de importantes investigaciones, diseños, elaboración de prototipos, asesorías especializadas, entre otras actividades.

• **Entidades Internacionales:**

Se destacan entre otros los siguientes :

- Banco Interamericano de Desarrollo - BID.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial - ONUDI
- Intermediate Technology Development Group (ITDG).
- Organización Latinoamericana de Energía - OLADE.
- Red Latinoamericana de Micro Hidroenergía - HIDRORED.

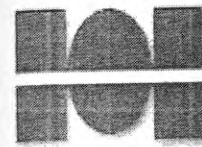
Estas entidades han patrocinado eventos nacionales e internacionales para la enseñanza, adiestramiento y publicación de documentos, revistas, seminarios, encuentros, entrenamiento, capacitación relacionados con las PCH.

También han facilitado el otorgamiento de créditos para la ejecución de proyectos de PCH y promovido el intercambio tecnológico del recurso para el beneficio de cada país.

En la TABLA 12 se presenta un resumen de la participación de estas entidades y la etapa en la cual lo han hecho.

TABLA 12 Entidades promotoras de la masificación de las PCH.

	Proyecto	PREINVERSIÓN	INVERSIÓN	EQUIPOS	AOM
1. Local - Colombia					
1.1. UN	PCH-Mesetas	Factibilidad			
1.2. UNIVALLE	PCH- Argelia			Diseños	
1.3. UNICAUCA	General-PCH's	Hidrometeorología			
1.4. UIS				Diseños	
1.5. COLTURBINAS	PCH-	Diseños	Construcción	D-S-M-PO	
1.6. UNITEMPORAL	PCH-Colón/S.F				
1.7. ICEL	PCH-General	Planes-Programas	Idem	Idem	Idem
1.8. Consultoría	PCH-General	Estudios	Idem	Idem	Idem
1.9. Constructores	PH-General		Obras	Suministro	
2. Regional- L.América					
2.1. OLADE	PCH-General	20 Volúmenes	Idem	Idem	Idem
2.2. HIDRORED	PCH-General	Publicaciones	Idem	Idem	Idem
3. Mundial					
3.1. C.Hangzhou-China	PCH-General	Publicaciones	Idem	Idem	Idem
3.2. ONUDI-ONU	PCH-General	Aportes	Idem	Idem	Idem
3.3. BID	PCH-General	Créditos-aportes	Idem	Idem	Idem
3.4. Fabricantes	PCH-General	Publicaciones	Idem	Ventas	Idem



UPM

CREG

PNUD

ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN ESTRUCTURAL,
INSTITUCIONAL Y FINANCIERO, QUE PERMITA EL
ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS, CON PARTICIPACIÓN DE LAS
COMUNIDADES Y EL SECTOR PRIVADO

LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA

**TOMO II
LA OFERTA ENERGÉTICA**

**CAPITULO 8
ENERGÍA SOLAR**

DOCUMENTO N° : ANC-375-09

REVISION 00

Santa Fe de Bogotá, 5 de mayo de 2000



glor Bailly

dene
CONSULTORIA S.A.

TABLA DE CONTENIDO

8. ENERGIA SOLAR6

8.1 CATALOGO DE TECNOLOGÍA SOLAR..... 8

8.1.1 Sistemas fotovoltaicos 8

8.1.1.1 Descripción del sistema 8

8.1.1.2 Capacidades 10

8.1.1.3 Costos 11

8.1.1.4 Financiación 12

8.1.1.5 Implementación 12

8.1.1.6 Mantenimiento 13

8.1.1.7 Restricciones ambientales 13

8.1.2 Calentadores solares 13

8.1.2.1 Descripción del sistema 13

8.1.2.2 Características de operación 14

8.1.2.3 Aplicaciones 14

8.1.2.4 Tecnología disponible 15

8.1.2.5 Costos 15

8.1.2.6 Financiación 16

8.1.2.7 Implementación 16

8.1.2.8 Mantenimiento 16

8.1.2.9 Restricciones ambientales 16

8.1.3 Destiladores solares 17

8.1.3.1 Descripción del sistema 17

8.1.3.2 Características de operación 17

8.1.3.3 Aplicaciones 18

8.1.3.4 Tecnología disponible 18

8.1.3.5 Costos 18

8.1.3.6 Financiación 18

8.1.3.7 Implementación 18

8.1.3.8 Mantenimiento 19

8.1.3.9 Restricciones ambientales 19

8.1.4 Secadores de granos 19

8.1.4.1 Descripción del sistema 19

8.1.4.2 Características de operación 20

8.1.4.3 Aplicaciones 21

8.1.4.4 Tecnología disponible 21

8.1.4.5 Costos 21

8.1.4.6 Financiación 21

8.1.4.7 Implementación 21

8.1.4.8 Mantenimiento 22

8.1.4.9 Restricciones ambientales 22

8.2 IDENTIFICACION DE ESTUDIOS SOBRE ENERGIA SOLAR EN COLOMBIA..... 22

8.3 EVALUACION DEL RECURSO ENERGIA SOLAR EN COLOMBIA..... 29

MINHACIENDA	DNP	MINMINAS	UPME	CREG	PNUD	
8.3.1						Información primaria.....29
8.3.2						Estudios.....30
8.4						PROYECTOS CON ENERGIA SOLAR EJECUTADOS O POR EJECUTAR EN COLOMBIA.....33
8.4.1						Aplicaciones Fotovoltaicas.....33
8.4.1.1						Desarrollo pasado33
8.4.1.2						Central solar de La Venturosa.....36
8.4.1.3						Sistema híbrido de Nazareth.....39
8.4.1.4						Desarrollo actual39
8.4.2						Aplicaciones Térmicas.....39
8.4.2.1						Desarrollo pasado39
8.4.2.2						Desarrollo actual42
8.4.3						Otras aplicaciones42
8.5						CARACTERISTICAS TÉCNICAS, COSTOS Y PROVEEDORES NACIONALES DE EQUIPOS SOLARES.....42
8.5.1						Sistemas fotovoltaicos42
8.5.2						Calentadores solares.....46
8.6						BIBLIOGRAFÍA.....47

LISTA DE TABLAS

TABLA 8 - 1 Principales aplicaciones de la energía solar.....	7
TABLA 8 - 2 Demanda de potencia para equipos a 12 VDC	10
TABLA 8 - 3 Rendimiento térmico de sistemas de calentamiento de agua con energía solar para diferentes niveles de irradiación en la Orinoquía-Amazonía colombiana	14
TABLA 8 - 4 Fuentes de Información sobre Estudios de FER	22
TABLA 8 - 5 Descriptores de la bases de datos RESOURCE	23
TABLA 8 - 6 Ubicación de los estudios/publicaciones sobre FER	23
TABLA 8 - 7 Estudios/documentos sobre Energía Solar Fotovoltaica en Colombia.....	24
TABLA 8 - 8 Estudios/documentos sobre Energía Solar Térmica en Colombia.....	26
TABLA 8 - 9 Potencial de la energía solar en Colombia, por regiones (Ref.9).....	31
TABLA 8 - 10 Sistemas fotovoltaicos instalados en Colombia hasta 1990	34
TABLA 8 - 11 Generadores solar, banco de baterías e inversores.....	37
TABLA 8 - 12 Características de los módulos SOLAREX MSX60	38
TABLA 8 -13 Sistemas solares instalados por el BCH.....	40
TABLA 8 -14 Area total de sistemas solares instalados Colombia (hasta diciembre 1991)	41
TABLA 8 - 15 Características de Sistemas Fotovoltaicos disponibles en Colombia.....	43
TABLA 8 - 16 - Características de Calentadores Solares disponibles en Colombia.....	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 8 - 1 Diagrama de bloque de un SFV con los elementos requeridos según la necesidad del usuario 9

FIGURA 8 - 2 Esquema de un calentador solar de termosifón 13

FIGURA 8 - 3 Destilador de gabinete 17

FIGURA 8 - 4 Secador solar tipo gabinete 19

FIGURA 8 - 5 Secador solar tipo anaquel 20

FIGURA 8 - 6. Radiación solar global diaria promedio anual (en kWh/m²/día - con permiso de los autores - Ver Referencia 9) 32

FIGURA 8 - 7 Desarrollo del mercado de SFV en Colombia (en numero de sistemas, hasta 1.991) 35

FIGURA 8 - 8 Desarrollo del mercado de SFV en Colombia (en potencia, hasta 1.991) 35

FIGURA 8 - 9 Diagrama de bloque de la central fotovoltaica La Venturosa (Colombia) 38

8. ENERGIA SOLAR

La energía solar se ha utilizado desde el pasado y en todo el país, principalmente para el secado de productos agrícolas y la producción de sal en las salinas de la costa Atlántica.

A partir de la década del setenta se empezaron a introducir en el país nuevas aplicaciones de la energía solar, encaminadas a suministrar energía eléctrica en zonas remotas y no interconectadas, y para otras aplicaciones, principalmente térmicas.

La tecnología solar ha avanzado notablemente en los últimos veinte años y en la actualidad las aplicaciones son numerosas, habiendo alcanzado diferentes grados de madurez tecnológica.

Es posible clasificar las tecnologías solares de acuerdo a diferentes criterios. Se suelen dividir en aplicaciones fotovoltaicas (generación de electricidad directamente) y aplicaciones térmicas. Dentro del contexto de este estudio, resulta más conveniente clasificarlas de acuerdo a su viabilidad técnica y económica de la siguiente manera:

a) Tecnologías económicas y comerciales con incentivos

Son tecnologías viables técnica y económicamente, y su estado de comercialización es tal que con algunos incentivos se puede alcanzar su uso masivo, se pueden citar:

- Calentamiento de agua, utilizados en sistemas familiares y sistemas para piscinas, clubes, hoteles y otros servicios sociales.
- Calentamiento de aire (en el sector rural), con aplicación en deshidratación de productos agrícolas para su conservación y facilitar el transporte así como secado de madera y otros productos.
- Destiladores solares, orientados a la potabilización de agua, especialmente para las costas pacífica y atlántica.
- Sistemas fotovoltaicos (hasta algunos kW) para aplicaciones rurales (iluminación, electrodomésticos, radiocomunicaciones, refrigeradores para conservación de vacunas, cercas eléctricas, bombeo de agua, etc.).
- Arquitectura solar para lograr la climatización e iluminación natural de las viviendas y otras construcciones.

b) Tecnologías en desarrollo

Son las tecnologías que se encuentran en la etapa de investigación para las siguientes aplicaciones:

- Refrigeración y aire acondicionado solar.
- Sistemas fotovoltaicos con capacidades mayores de centenares de kW.

c) Tecnologías del futuro

Tecnologías que actualmente se desarrollan en otros países del mundo y que podrían tener cabida en el país:

- Motores térmicos solares
- Centrales solares de potencia (térmicas y fotovoltaicas)
- Conversión fotoquímica y termoquímica
- Producción de hidrógeno

El desarrollo alcanzado en el país comparado con el de otros países se muestra en la TABLA 8 - 1.

TABLA 8 - 1 Principales aplicaciones de la energía solar

APLICACIÓN	GRADO DESARROLLO ALCANZADO EN COLOMBIA
TECNOLOGÍAS ECONÓMICAS Y COMERCIALES CON INCENTIVOS	
Calentamiento de agua <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas familiares • Sistemas para piscinas, clubes, hoteles y otros servicios sociales 	Se tiene una industria incipiente en el país que produce tales sistemas
Calentamiento de aire (en el sector rural). <ul style="list-style-type: none"> • Deshidratación de productos agrícolas para su conservación y facilitar el transporte • Secado de madera y otros productos 	Se han desarrollado secadores por parte de grupos universitarios y se han probado para el secado de diferentes tipos de productos. Esta tecnología es apropiada para la autoconstrucción pues no parece viable fabricar estos productos para su comercialización.
Destiladores solares orientados a la potabilización de agua, especialmente para las costas pacífica y atlántica.	Se han construido y estudiado varios modelos. Se han construido plantas de capacidades de varios m ³ . Se intentó por parte de Eternit la comercialización de pequeños destiladores. No se producen actualmente comercialmente.
Sistemas fotovoltaicos (hasta algunas decenas de kW) para aplicaciones rurales como iluminación, electrodomésticos, cercas eléctricas, radiocomunicaciones, bombeo de agua, etc.	Hay una vasta experiencia en Colombia. Es necesario desarrollar esquemas de mercadeo apropiados para expandir la cobertura del uso de estos sistemas.
Arquitectura solar para lograr la climatización e iluminación natural de las viviendas y otras construcciones	Las universidades han desarrollado y evaluado prototipos para zonas cálidas. Actualmente hay empresas que diseñan con criterio bioclimático. Falta impulsar la aplicación de estos conceptos en la vivienda de manera masiva.

TABLA 8 - 1 Continuación

APLICACIÓN	GRADO DESARROLLO ALCANZADO EN COLOMBIA
TECNOLOGÍAS EN DESARROLLO	
Refrigeración y aire acondicionado solar	Esta tecnología se encuentra en desarrollo en países industrializados y no ha alcanzado su comercialización. En Colombia ha habido ensayos incipientes.
Sistemas fotovoltaicos con capacidades mayores de decenas de kW	Esta tecnología se encuentra en desarrollo en países industrializados y no ha alcanzado su comercialización. En Colombia ha habido ensayos incipientes.
TECNOLOGÍAS DEL FUTURO	
Motores térmicos solares para la generación de potencia eléctrica y potencia mecánica	Esta tecnología se encuentra en desarrollo en países industrializados y no ha alcanzado su comercialización. Este desarrollo se espera para la próxima década.
Centrales solares de potencia (térmicas y fotovoltaicas)	Esta tecnología se encuentra en desarrollo en países industrializados y no ha alcanzado su comercialización. Se espera para la próxima década el inicio de esta etapa. No hay aún experiencias en Colombia.
Conversión fotoquímica y termoquímica	Esta tecnología se encuentra en desarrollo en países industrializados y no ha alcanzado su comercialización. No hay experiencias en Colombia.
Producción de hidrógeno	Esta tecnología se encuentra en desarrollo en países industrializados y no ha alcanzado su comercialización. No hay investigaciones en Colombia.

8.1 CATALOGO DE TECNOLOGÍA SOLAR

Se presenta una visión global de las principales tecnologías solares disponibles, descripción de su funcionamiento, capacidades disponibles, costos aproximados de inversión, de O&M, los mecanismos de financiación disponibles principalmente a nivel nacional, las condiciones más importantes para su implementación, los aspectos relacionados con el mantenimiento y finalmente, las restricciones ambientales.

Este catálogo muestra principalmente la tecnología disponible en el país, ya sea esta desarrollada localmente o comercializada por empresas nacionales. La oferta de tecnología internacional es más amplia.

Los aspectos ligados con su aplicabilidad en los ZNI serán tratados en la sección 8.4.

8.1.1 Sistemas fotovoltaicos

8.1.1.1 Descripción del sistema

Las instalaciones de módulos fotovoltaicos pueden suministrar corriente directa y/o corriente alterna en varios arreglos de voltaje, corriente y potencia.

El elemento principal de un Sistema Fotovoltaico (SFV) son las celdas solares. Cuando una celda solar es iluminada por la luz solar, se genera una diferencia de potencial de aproximadamente 0,55 voltios entre la parte frontal (rejilla metálica) y la parte trasera o substrato conductor de la celda. Los módulos tienen áreas de 0,5 m x 1 m, suelen pesar menos de 10 kg y producen de 100 a 120 Wp/m² de área de módulo.

Para alcanzar los niveles de voltaje y potencia requeridos, se construyen sistemas fotovoltaicos combinando módulos solares en serie y en paralelo. Una de las principales ventajas de los SFV es su flexibilidad para el diseño e instalación derivada de su modularidad. Estas unidades modulares pueden ser adicionadas o retiradas para ajustar los requerimientos de potencia sin necesidad de modificar la unidad básica de generación. En el caso de que un módulo falle, las conexiones redundantes en serie y en paralelo le permitirán al sistema mantener su operación a pesar de una disminución de potencia. Esta modularidad también facilita la reposición de partes y el mantenimiento.

Para asegurar el suministro continuo de energía en días nublados y en las horas de la noche, se requieren baterías de plomo-ácido, calcio-plomo o níquel-cadmio.

Los SFV pueden suministrar corriente AC empleando inversores electrónicos apropiados.

Estos sistemas fotovoltaicos se instalan en una posición fija sobre una estructura independiente o sobre el techo de la edificación, buscando el mayor aprovechamiento de la radiación solar. En algunos casos se realiza una construcción adicional para proteger los bancos de baterías de la intemperie. Los SFV son de fácil instalación.

La FIGURA 8 - 1 es un diagrama de bloque de un sistema, en el cual se muestra como los elementos del sistema dependen de los requerimientos del consumidor de energía, ya sea que requiera DC o AC, y potencia ininterrumpida.

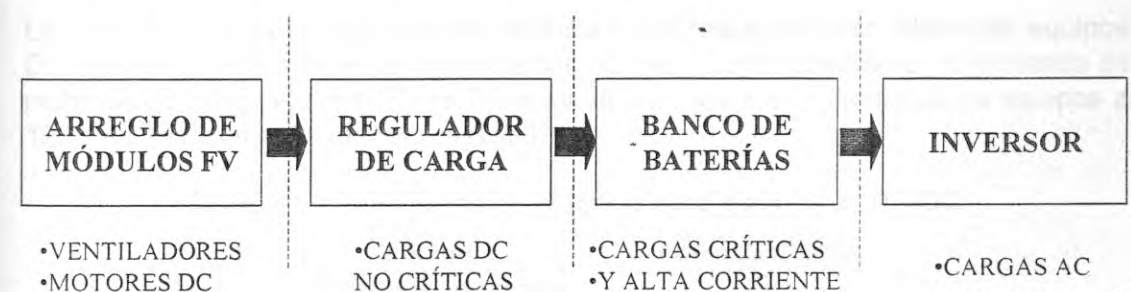


FIGURA 8 - 1 Diagrama de bloque de un SFV con los elementos requeridos según la necesidad del usuario

Los sistemas fotovoltaicos tienen las siguientes características:

- No requieren combustible.
- Requieren bajo mantenimiento.
- Fácil operación (sistemas inatendidos).
- Larga vida útil (más de 15 años, excepto baterías automotrices que tienen del orden de 4 años o menos).

Estas ventajas los hacen apropiados para zonas remotas.

8.1.1.2 Capacidades

Las capacidades de estos SFV varían desde algunos W hasta decenas y centenares de kW. En Colombia, existen aplicaciones desde algunos W hasta las decenas de kW (hay sistemas del orden de 25 kW).

- **Aplicaciones**

En Colombia se ha desarrollado una notable capacidad de ingeniería alrededor de estos SFV y hay una experiencia importante en programas de suministro de energía a pequeña escala, en radiotelecomunicaciones (Telecom y otras empresas son grandes usuarios de estos sistemas), en oleoductos, boyas, red de frío, puestos de salud, etc.

El uso de los sistemas fotovoltaicos se ha extendido principalmente en las ZNI como por ejemplo, en los Llanos Orientales.

- **Pequeños SFV para hogares rurales**

La TABLA 8 - 2 da la demanda de potencia típica requerida para diferentes equipos DC, apropiados para sistemas fotovoltaicos. Como puede observarse, la demanda de potencia de estos equipos DC es 2 o más veces inferior a la demanda de equipos a 120 VAC (exceptuando el radio cassette).

TABLA 8 - 2 Demanda de potencia para equipos a 12 VDC

Equipo	Potencia (Watts)
Lámparas fluorescentes	20
TV blanco y negro (12")	15-20
TV a color (12")	60
Radio cassette	6 a 15

Un SFV mínimo típico a 12 VDC, consiste de los siguientes elementos:

- 1 panel de 50 Wp
- 1 regulador de carga
- 1 batería de 120 Ah de capacidad
- 5 lámparas fluorescentes (<20 W)
- Cables y accesorios de montaje.

Este sistema puede alimentar además de lámparas, otros equipos tales como radios, TV blanco y negro, y radioteléfonos y se considera inicialmente suficiente para suplir las necesidades mínimas de una familia rural (iluminación y radio).

• **Limitaciones**

- La potencia de salida depende de la radiación solar en la localidad, la cual es variable en el tiempo. En lugares de bajo nivel de radiación, se requiere incrementar el número de módulos, incrementando el costo inicial de los equipos.
- Para demandas elevadas, por ejemplo, del orden de decenas de kWh al día, los SFV deberían ser considerados y evaluados frente a otras opciones de suministro como pueden ser sistemas híbridos (diesel + solar o eólica) o contra solamente unidades diesel.
- Para demandas inferiores al orden de 10 kWh, en zonas remotas, con difícil acceso y consecución de combustibles, los SFV suelen ser la mejor alternativa.

• **Tecnología Disponible Localmente**

Actualmente hay en el país varios proveedores de sistemas fotovoltaicos (ver adelante (TABLA 8 - 15). Los sistemas que suministran tienen módulos importados y el resto del sistema, reguladores y baterías, son con frecuencia de fabricación nacional, así como también las lámparas y algunos otros electrodomésticos que proveen. Estos sistemas son ya equipo estándar en el país.

8.1.1.3 Costos

• **Equipo e Instalación**

El costo del sistema doméstico típico descrito está entre US\$600 y 700 (\$1.200.000 y 1.400.000), debido principalmente a pequeñas diferencias de módulo y baterías (Ver

TABLA 8 - 15). El precio anterior incluye el costo de instalación si se trata de lugares próximos a las ciudades. Si se trata de lugares muy apartados, los suministradores suelen cargar por concepto de transporte un costo variable con la distancia al sitio de instalación.

- **Reparaciones y Reemplazos de Partes**

La vida útil de las baterías depende de su tipo y principalmente de su modo de operación. En óptimas condiciones, las baterías que se presentan en la TABLA 8 - 15 pueden tener una vida hasta de máximo 4 años. Si se considera una vida útil del sistema de 20 años, es necesario reponer durante la vida del sistema 4 veces la batería.

- **Operación y Mantenimiento**

Se consideran despreciables.

8.1.1.4 Financiación

Durante la década de los ochenta, la Caja Agraria financiaba la adquisición por parte de los usuarios de los SFV. El interesado solicitaba el crédito en uno de los almacenes de la caja más próximos a su localidad y la Caja, vía un proveedor local, le suministraba el SFV.

Actualmente no existe financiación de los SFV y se adquieren directamente del proveedor local.

8.1.1.5 Implementación

Los SFV son de fácil instalación, bajo mantenimiento y se dispone localmente o al menos nacionalmente de experiencia sobre ellos. Por lo tanto, la implementación de un programa conlleva las dificultades generales propias de los mismos, pero es posible desarrollar planes de suministro de energía solar como se hace masivamente en otros países del mundo, donde se instalan decenas de miles al año (por ejemplo, el programa masivo del GEF -Global Environment Facility- en el Perú¹ o en Indonesia o Bolivia).

1 H. Rodríguez. PV Rural Electrification in Peru. GEF (1998) New York

8.1.1.6 Mantenimiento

Los SFV son pobres en mantenimiento. Se limita a limpieza de los módulos (periodicidad mensual), llenado de los vasos de la batería (para las plomo-ácido abiertas) mensual, reemplazo de la batería después de su vida útil (tres a cuatro años) y al reemplazo de los elementos al final de la vida útil (lámparas del orden de 6000 a 8000 horas).

Los módulos solares soportan 20 años y más (en Colombia hay módulos operando desde 1972 en excelente estado de funcionamiento).

8.1.1.7 Restricciones ambientales

Los SFV son amigables al medio ambiente. El único elemento que requiere de manejo apropiado es la batería de plomo.

8.1.2 Calentadores solares

8.1.2.1 Descripción del sistema

Los sistemas empleados para uso doméstico son generalmente del tipo termosifón. Estos sistemas consisten de uno o dos colectores solares y un tanque de almacenamiento de agua. El agua calentada en los colectores solares es transferida por convección natural (termosifón) al tanque de almacenamiento. Los tanques pueden ser abiertos (trabajan a presión atmosférica) o presurizados (a presión de la red de agua) (FIGURA 8 - 2).

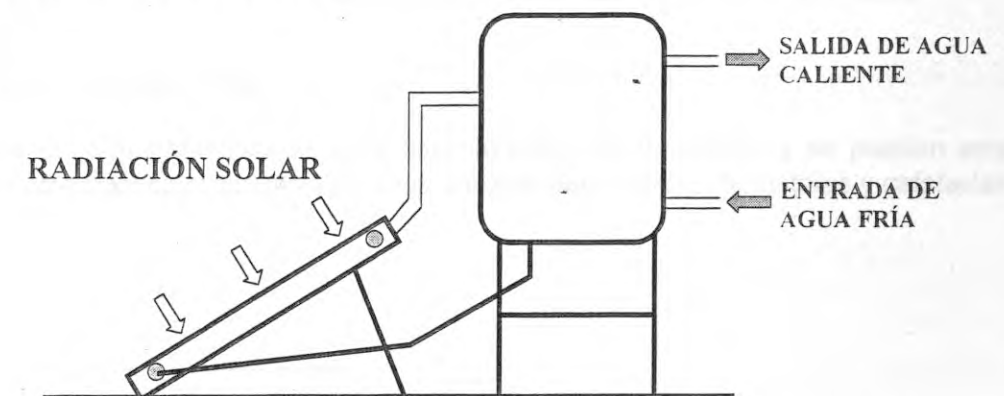


FIGURA 8 - 2 Esquema de un calentador solar de termosifón

8.1.2.2 Características de operación

Un sistema típico consiste de 4 m² de colectores y un tanque de aproximadamente 200 litros (aproximadamente 50 galones) es capaz de suministrar este volumen de agua a temperaturas superiores a 50°C en días soleados. Se considera suficiente para una familia de 4 a 5 personas y para cubrir sus necesidades de agua caliente para duchas.

Rendimiento

La eficiencia de estos sistemas es de aproximadamente 40%².

Para las diferentes regiones de la Orinoquía-Amazonía, con niveles de irradiación entre 4.25 y 5.25 kWh/m²/día como promedio anual (Sección 8.3.2), se tienen los siguientes rendimientos por m² de colector:

TABLA 8 - 3 Rendimiento térmico de sistemas de calentamiento de agua con energía solar para diferentes niveles de irradiación en la Orinoquía-Amazonia colombiana

Energía Solar promedio anual (kWh/m ² /día)	Energía Solar Valor anual (kWh/m ²)	Eficiencia (%)	Energía útil anual (kWht/m ²)
4,25	1551	40	620
4,50	1642	40	657
5,00	1825	40	730
5,25	1916	40	766

El sistema solar típico de 4 m² expuesto a 4.25 kWh/m²/día está entonces en condiciones de suministrar anualmente 2.480 kWht (kWht = kWh térmicos).

8.1.2.3 Aplicaciones

Estos sistemas suministran agua caliente para uso doméstico y se pueden emplear para calentamiento de piscinas, agua caliente para hoteles, hospitales y cafeterías.

² Sokolov, M. Y M. Vaxman. Solar Energy 30 (1983) 237

Rodríguez, H. Método de prueba para determinar el rendimiento térmico de sistemas solares de calentamiento de agua. PESENCA, Barranquilla (1989)

- **Limitaciones**

En aplicaciones en las cuales se requiera 100% de confiabilidad en el suministro es necesario emplear sistemas auxiliares de calentamiento.

8.1.2.4 Tecnología disponible

La mayoría de los sistemas nacionales emplean materiales metálicos para los colectores y el tanque. En los colectores se suele emplear cobre tanto para la tubería de conducción del agua como para la lámina absorbadora de la radiación.

Los tanques son generalmente de hierro con recubrimientos para evitar o disminuir la corrosión (pintura anticorrosiva o porcelanizado). Los tanques de acero inoxidable se obtienen comercialmente a precios elevados. Los tanques de fibra de vidrio y asbesto-cemento se emplean en sistemas abiertos (no presurizados).

Con el fin de aumentar la confiabilidad de estos sistemas, especialmente en lugares en donde son frecuentes varios días seguidos de baja insolación, algunos fabricantes agregan una resistencia eléctrica de 500 a 2.000 W.

En Colombia ya hay una gran experiencia en la fabricación e instalación de sistemas solares de calentamiento de agua (TABLA 8 - 16).

8.1.2.5 Costos

Los costos del sistema solar típico son los siguientes:

Equipos e Instalación

El costo de los sistemas de calentamiento de agua con energía solar depende de su capacidad, su tipo (abierto o presurizado) y varía de acuerdo con los fabricantes. Para sistemas presurizados, su precio varía entre \$700.000 y \$2.700.000, incluyendo costos de instalación e IVA en algunos casos (TABLA 8 - 16).

Puesto que la capacidad del sistema depende del área de los colectores, una cifra más indicativa de los costos es el costo por m². El valor promedio para sistemas presurizados es de \$700.000/m² para absorbadores de cobre. Sistemas con absorbadores de aluminio tienen precios más bajos.

- **Operación y Mantenimiento**

Se consideran despreciables.

- **Reparaciones y Reemplazos de Partes**

Se consideran despreciables durante una vida útil esperada superior a 15 años.

- **Consumo y Costo Anual de Energía**

Cero, puesto que se considera que el sistema típico carece de resistencia eléctrica u otra energía auxiliar.

8.1.2.6 Financiación

Durante la década de los ochenta se construyeron complejos residenciales en Bogotá y Medellín cuyos apartamentos incluían calentadores solares. Estos estaban incluidos dentro de la financiación de la vivienda.

Actualmente no existe financiación alguna para estos sistemas y se adquieren directamente del proveedor.

8.1.2.7 Implementación

Los calentadores solares son de fácil instalación, bajo mantenimiento y se dispone en el país de experiencia sobre ellos. Por lo tanto, la implementación de un programa conlleva las dificultades generales propias de los mismos, pero es posible desarrollar planes de su utilización como se hace masivamente en otros países del mundo, donde se instalan millones de m² al año.

8.1.2.8 Mantenimiento

Los calentadores solares son pobres en mantenimiento. Se limita a limpieza de los módulos de los calentadores (semestral). Los módulos solares soportan 15 años y más (en Colombia hay módulos instalados a comienzos de los ochenta aún en buen estado de funcionamiento).

8.1.2.9 Restricciones ambientales

Los calentadores solares son amigables al medio ambiente.

8.1.3 Destiladores solares

8.1.3.1 Descripción del sistema

En la destilación solar la energía del sol se emplea para evaporar el fluido a destilar (generalmente agua de mar o contaminada en algún grado). El destilador solar más difundido en Colombia es el destilador tipo gabinete en el cual la condensación ocurre en la parte interior de la cubierta de vidrio con la pérdida del calor de condensación (FIGURA 8 - 3). Existen otras configuraciones de estos destiladores de gabinete.

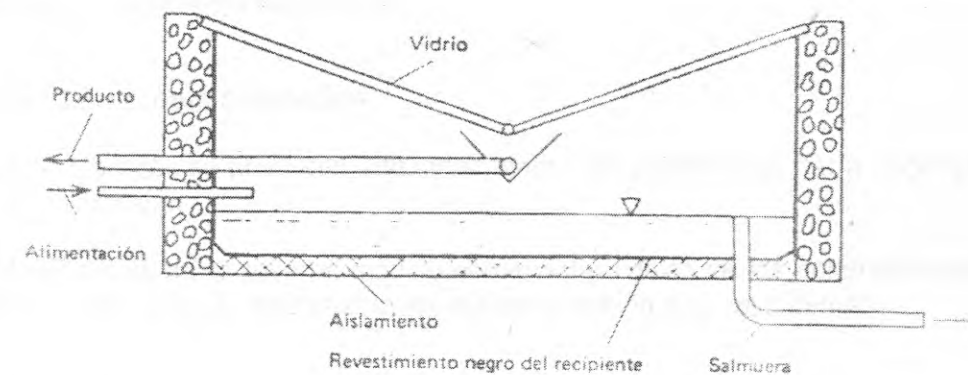


FIGURA 8 - 3 Destilador de gabinete

8.1.3.2 Características de operación

Estos destiladores deben instalarse horizontalmente y se deben alimentar con agua formando una película de 2.5 a 5 cm de espesor. La cubierta de vidrio inclinada debe formar un ángulo de aproximadamente 15° para permitir que el agua escurra. Deben ser fabricados de tal suerte que sea fácil retirar las sales y residuos que se depositan en él.

- Rendimiento

Típicamente producen de 3.5 l/m²/día en lugares con alta irradiación (5.5 kWh/m²/día).

8.1.3.3 Aplicaciones

Producen agua destilada a partir de agua de mar, aguas salobres o de agua ligeramente contaminada.

• Limitaciones

Estos sistemas se emplean en áreas de algunos m² hasta los centenares de m². Ocupan en este último caso extensiones apreciables de terreno y requieren de mantenimiento además de un sistema apropiado para manejar el agua a destilar y el destilado.

Por otro lado, el agua destilada requiere potabilizarse (agregar sales) si el consumidor consume en cantidades apreciables.

8.1.3.4 Tecnología disponible

Estos destiladores se producen artesanalmente. Se puede capacitar a la gente para que los construyan.

ETERNIT del Atlántico tuvo un modelo comercial a finales de los ochenta/comienzos de los noventa, que ya desapareció del mercado debido a su baja demanda.

8.1.3.5 Costos

Un destilador fabricado artesanalmente puede costar entre \$50.000 y \$75.000 por m².

8.1.3.6 Financiación

El destilador solar de uso familiar es un dispositivo de bajo costo que se vendió en el pasado directamente a los consumidores (por ejemplo, ETERNIT Atlántico). Los destiladores solares de mayor capacidad (para pequeñas aldeas) construidos en el país fueron financiados por agencias de gobierno, nacionales y extranjeras.

8.1.3.7 Implementación

Los destiladores solares pueden ser fabricados por autoconstrucción. Los intentos hasta ahora de hacerlos un producto comercial han sido fallidos en el país. Estos dispositivos son de fácil fabricación e instalación, bajo mantenimiento y se dispone localmente o al menos nacionalmente de experiencia sobre ellos. Por lo tanto, es posible implementar programas para ampliar su uso.

8.1.3.8 Mantenimiento

Los destiladores solares son pobres en mantenimiento. Se limita a labores periódicas de limpieza

8.1.3.9 Restricciones ambientales

Los destiladores solares son amigables al medio ambiente.

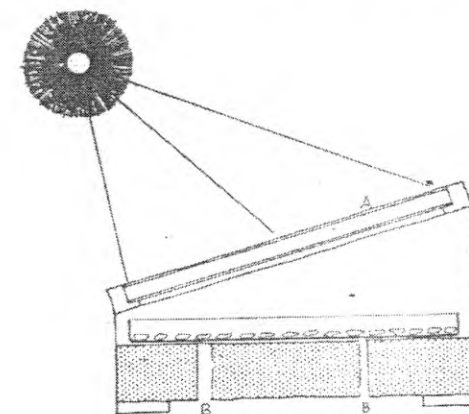
8.1.4 Secadores de granos

8.1.4.1 Descripción del sistema

La mayoría de los sistemas de secado solar son artesanales. Dos tipos de secador muy difundidos son los siguientes:

- **Secador tipo Gabinete**

Consiste esencialmente de una cámara donde se coloca el producto a secar, la cubierta es de vidrio o plástico. La radiación solar es absorbida directamente por el producto. El aire entra y sale del secador por los orificios inferiores y laterales (ver FIGURA 8 - 4). Estos secadores se construyen con elementos locales y están diseñados para autoconstrucción. Su capacidad es reducida.



A: cubierta transparente (vidrio o plástico)
B: huecos para ventilación.

FIGURA 8 - 4 Secador solar tipo gabinete

• **Secador tipo anaquel**

La FIGURA 8 - 5 ilustra el secador de anaquel. El secador consiste de un calentador solar de aire, una cámara para el producto y una chimenea para aumentar la convección del aire. Los cálculos básicos del diseño son entonces la determinación de la profundidad de la capa de producto, la altura de la chimenea, y el área del calentador solar.

La cubierta transparente que se usa para provocar el efecto de invernadero y para proteger el producto de la lluvia es de vidrio o plástico y se fija al piso por medio de un tramado de aluminio o madera y alambre. Si la cubierta es en plástico se deteriora muy fácilmente por la componente ultravioleta de la radiación y debe ser reemplazada por lo menos una vez al año. La cámara donde se coloca el producto se construye en madera con una malla muy fina en plástico o de nylon. La chimenea consiste en una torre de madera con una cubierta de vidrio o plástica. Algunas veces se coloca un extractor eólico al final de la chimenea para reforzar el tiraje.

Este secador también está diseñado para autoconstrucción con materiales locales.

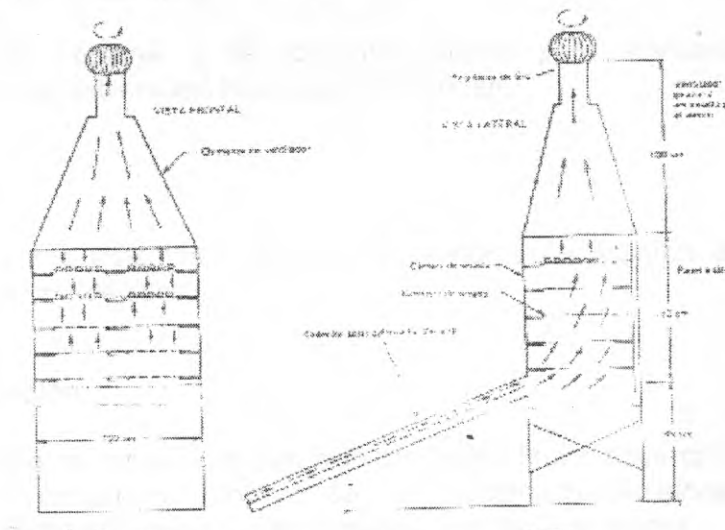


FIGURA 8 - 5 Secador solar tipo anaquel

8.1.4.2 Características de operación

La capacidad de los secadores de anaquel, en la región de interés, es de hasta 10 kg de material húmedo/m²/día.

- **Rendimiento**

Su rendimiento es variable dependiendo de la clase de producto a secar y de las condiciones meteorológicas locales. En general se reduce el tiempo de secado con respecto del secado al aire libre y se mejora la calidad del producto en la medida en que se tenga control sobre las condiciones de secado.

8.1.4.3 Aplicaciones

Secado de productos agrícolas (frutas y granos, pescado, etc.).

- **Limitaciones**

En varias regiones y con varios productos existe la limitante de que, el período de cosecha coincide con períodos de baja insolación (período de lluvias).

8.1.4.4 Tecnología disponible

La tecnología es artesanal y se consiguen planos para autoconstrucción en instituciones como la Universidad Nacional, el SENA, etc.

8.1.4.5 Costos

Los costos de estos sistemas construidos localmente se estiman del orden de \$40.000 a \$60.000 /m² de secador.

8.1.4.6 Financiación

Los secadores solares construidos han sido prototipos financiados con recursos de programas de investigación. También se han construido secadores de mayor capacidad financiados por usuarios con capacidad de financiamiento.

Actualmente no existe financiación para estos secadores.

8.1.4.7 Implementación

Estos dispositivos son de fácil fabricación, instalación, bajo mantenimiento y se dispone localmente o al menos nacionalmente de experiencia sobre ellos. Son apropiados para la autoconstrucción.

8.1.4.8 Mantenimiento

Los secadores solares son pobres en mantenimiento. Se limita a limpieza de las bandejas de secado y de los módulos de calentamiento del aire.

8.1.4.9 Restricciones ambientales

Los secadores solares son amigables al medio ambiente.

8.2 IDENTIFICACION DE ESTUDIOS SOBRE ENERGIA SOLAR EN COLOMBIA

El objetivo de esta sección, como su nombre lo indica, es la identificación de estudios realizados en Colombia sobre el potencial de las energías renovables y de uso, particularmente en las ZNI.

La información sobre las FER se encuentra en diferentes instituciones, universidades y empresas, y a ellas se recurrió para la identificación de los estudios (TABLA 8 - 4).

TABLA 8 - 4 Fuentes de Información sobre Estudios de FER

TIPO INSTITUCION	NOMBRE INSTITUCIONES
Instituto Estatal	IPSE (Antiguamente ICEL) INEA (Absorbido por INGEOMINAS) ICA UPME
Universidad Pública	Universidad Nacional Universidad del Valle Universidad de Antioquia
Universidad Privada	Universidad de Los Andes
Empresas de Consultoría	AENE Consultoría Consultoría Colombiana Consultores Unidos EnerConsult
Empresas Comercializadoras	Energía Solar Energía Eólica

La información se encuentra en base de datos RESOURCE³ que contiene los descriptores dados en la TABLA 8 - 5. Los documentos se encuentran en las

³ RESOURCE es una base de datos sobre energías renovables y nuevas tecnologías mantenida por H. Rodríguez.

bibliotecas de las instituciones numeradas en la tabla TABLA 8 - 6, aunque debería ser posible encontrar estos documentos en otras.

TABLA 8 - 5 Descriptores de la bases de datos RESOURCE

DESCRIPTOR	EXPLICACION
TIPO DOC	
NOMBRE AUTORES	au
FECHA PUBLICACION	au
TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO	au
TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	au
NOMBRE EDITORES	Cuando se trate de memorias de congresos, libros a varios autores
VOLUMEN	au
CIUDAD, ESTADO, NACION: EDITORIAL INSTITUCION	au
UBICACION DOCUMENTO	Ubicación física del documento
CONTRATISTA	au
CONTRATANTE	au

au: Autoexplicativo

TABLA 8 - 6 Ubicación de los estudios/publicaciones sobre FER

SIGLA	UBICACION	LUGAR
BAENE	Biblioteca de AENE Consultoria	Bogotá
BCCC	Biblioteca Consultoría Colombiana	Bogotá
BCU	Biblioteca Consultores Unidos	Bogotá
BDF	Biblioteca DEPARTAMENTO DE FISICA U. NACIONAL	Bogotá
BEPM	Biblioteca EPM	Medellín
BGBT	Biblioteca GRUPO BAJAS TEMPERATURAS U. NACIONAL	Bogotá
BGCS	Biblioteca GRUPO CELDAS SOLARES U. NACIONAL	Bogotá
BGES	Biblioteca GRUPO ENERGIA SOLAR U. NACIONAL	Bogotá
BICA	Biblioteca ICA	Tibaitatá/Funza
BICEL	Biblioteca ICEL	Bogotá
BICONTEC	Biblioteca del ICONTEC	Bogotá
BINEA	Biblioteca INEA (INGEOMINAS)	Bogotá
BINGUNAL	Biblioteca Ingeniería U Nacional	Bogotá
BUAND	Biblioteca UNIVERSIDAD ANDES	Bogotá
BUJAV	Biblioteca UNIVERSIDAD JAVERIANA	Bogotá
BUNAL	Biblioteca UNIVERSIDAD NACIONAL	Bogotá
BUPME	Biblioteca UPME	Bogotá

La TABLA 8 - 7 y la TABLA 8 - 8 muestran los estudios encontrados en esta base de datos. La mayoría de los estudios tiene que ver con el potencial disponible, las tecnologías aplicables y normas de eficiencias, principalmente para sistemas fotovoltaicos.

TABLA 8 - 7 Estudios/documentos sobre Energía Solar Fotovoltaica en Colombia

TIPO DOC	NOMBRE AUTORES	FECHA PUBLICACION	TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO	TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	NOMBRE EDITORES	VOLUMEN	CIUDAD, ESTADO, NACION : EDITORIAL O INSTITUCION	UBICACION DOCUMENTO	CONTRATISTA	CONTRATANTE
Norma		Junio 1998	Norma "NTC 4405" EFICIENCIA ENERGETICA	NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS			Bogotá, Colombia: ICONTEC	BGES		
Informe	Rodriguez, H. et al.	Julio 1997		Generación Solar Fotovoltaica			Bogotá, Colombia: Aene Consultoría	BGES	Aene	Isagen
Norma		Enero 1997	Energía fotovoltaica: módulos fotovoltaicos				Bogotá, Colombia: ICONTEC	BICONTEC		
Norma		Enero 1997	Energía fotovoltaica: Guía para caracterizar las baterías de almacenamiento				Bogotá, Colombia: ICONTEC	BICONTEC		
Norma		Enero 1997	Eficiencia energética: Evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos				Bogotá, Colombia: ICONTEC	BICONTEC		
	Rodriguez, H.	Dic-96		"Energía Solar en la Costa Pacífica Colombiana"			Bogotá, Colombia: Consultores Unidos - Consultoría Colombiana	BCC	ICEL	Consultoría Colombiana
Libro	Fundación PESENERA	Enero 1995		Censo y evaluación de sistemas solares fotovoltaicos instalados en Colombia.			Bogotá, Colombia: Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, INEA.	BGES		
Norma		Junio 1995	Recommended criteria for terrestrial photovoltaic power system				Bogotá, Colombia: ICONTEC	BICONTEC		
Libro	Rodriguez, H., Hurry, S.	Enero 1995		Manual de Entrenamiento en Sistemas Fotovoltaicos para Electrificación Rural.			Bogotá, Colombia: PNUD-OLADE-Comunidad Europea - JUNAC.	BGES	PNUD - OLADE	H. Rodriguez
Norma		Enero 1995	ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA PROPICIAR LA PARTICIPACIÓN DE LOS PÚBLICOS DE ISA EN PROYECTOS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL				Bogotá, Colombia: ICONTEC	BICONTEC		
Libro	Rodriguez, H., Hurry, S.	Enero 1995		Training Manual on PV Systems for Rural Electrification			Bogotá, Colombia: PNUD-OLADE-Comunidad Europea - JUNAC.	BGES	PNUD - OLADE	H. Rodriguez
	Rodriguez, H.	Sep-94		"Energías Alternativas para Territorio Nacionales - Energía Solar"			Bogotá, Colombia, Consultores Unidos - Consultoría Colombiana	BCC	ICEL	Consultoría Colombiana

TABLA 8 - 7 Continuación

TIPO DOC	NOMBRE AUTORES	FECHA PUBLICACION	TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO*	TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	NOMBRE EDITORES	VOLUMEN*	CIUDAD, ESTADO, NACION : EDITORIAL O INSTITUCION	UBICACION DOCUMENTO	CONTRATISTA	CONTRATANTE
Libro	Gonzalez B., F.; Rodríguez, H.	Enero 1994	Norma: NTC 4495	Manual de Radiación Solar en Colombia - Vol. 2			Bogotá, Colombia: H. Rodríguez & F. Gonzalez Editores.	BGES		
Norma		Junio 1992	Definiciones y nomenclatura	Norma Colombiana "ICONTEC"	Ordóñez G., R.		Colombia: ICONTEC	BGES		
Norma		Junio 1992	Mecánica, energía solar, definiciones y nomenclatura				Bogotá, Colombia: ICONTEC	BICONTEC		
Libro	Rodríguez, H.; Gonzalez B, F.	Enero 1992		Manual de Radiación Solar en Colombia-Vol 1.			Bogotá, Colombia: H. Rodríguez & F. Gonzalez Editores.	BGES		
Norma		Enero 1992	Energía solar: Medición de transmitancia y reflectancia fotométricas en materiales sometidos a radiación solar				Bogotá, Colombia: ICONTEC	BICONTEC		
Norma		Enero 1992	Energía fotovoltaica: Terminología y definiciones				Bogotá, Colombia: ICONTEC	BICONTEC		
Norma	ICONTEC	Mayo 1991	Norma: C2959 para comercializar las baterías de almacenamiento para sistemas fotovoltaicos	Guía NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS			Bogotá, Colombia: ICONTEC	BGES		
Tesis	Angel, C.	Noviembre 1990		Estudios sobre la teoría de diseño fabricación y utilización de sistemas fotovoltaicos			Bogotá, Colombia: Uniandes	BUAND		
Norma		Enero 1990	Norma 149: Energía fotovoltaica, Módulos fotovoltaicos	NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS			Bogotá, Colombia: ICONTEC	BGES		
Libro	Incontec	Enero 1990		Energía fotovoltaica: Terminología y definiciones			Bogotá, Colombia: ICONTEC	BUAND		
Tesis		Enero 1989		Estudio, Diseño y Construcción de un electrodo positivo para baterías estacionarias de Pb-Acido	Acosta, E., Báez, R.		Bogotá, Colombia: U. Nacional	BINGUNAL		
Libro	Gutierrez G	Septiembre 1977		Probador fotoceldas AEG			Pereira, Colombia: Empresas Públicas de Pereira	BICEL		
Norma	ICONTEC	Febrero 1971	Norma: c5.32/71: Automotores: acumulador de tipo plomo-acido	NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS			Bogotá, Colombia: ICONTEC	BGES		

TABLA 8 - 8 Estudios/documentos sobre Energía Solar Térmica en Colombia

TIPO DOC	NOMBRE AUTORES	FECHA PUBLICACION	TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO"	TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	NOMBRE EDITORES	VOLUMEN	CIUDAD, ESTADO, NACION : EDITORIAL O INSTITUCION	UBICACION DOCUMENTO	CONTRATISTA	CONTRATANTE
Informe	Rodriguez, H. et al	Julio 1997		Generación Solar Térmica			Bogotá, Colombia: Aene Consultoría	BIGES	Aene	Isagen
Libro	Investigación Científica RO Ltda	Enero 1995		Censo, caracterización y grado de satisfacción de los sistemas solares térmicos instalados en Colombia			Bogotá, Colombia: Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, INEA	BIGES		
Tesis	Castillo, E	Octubre 1995		Intercepción de la radiación solar en cafetales			Bogotá, Colombia Unal	BICA		
Artículo Revista		Mayo 1995	Energía solar para electrificación rural	El mundo eléctrico colombiano		Nº21 / P38	Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	Laverde, S	Mayo 1994		Estudio y diseño de una bomba de calor apoyada en energía solar para calefacción de agua			Bogotá, Colombia Uniandes	BUAND		
Tesis	Zuluaga, J	Agosto 1991		Estudio de la corrosión en los tanques de los calentadores solares Gavlotas			Bogotá, Colombia Uniandes	BUAND		
Libro	Gordillo, G	Enero 1991		Informe final de actividades científicas desarrolladas en el marco del proyecto para aplicación de energía solar	Fundación para la promoción de la ciencia y la tecnología		Bogotá, Colombia Banco de la República	BUAND		
Informe	Rodriguez, H.	Junio 1989		Memorias VI Congreso Latinoamericano y III Iberoamericano de energía solar			Bogotá, Colombia Sociedad Colombiana de Energía Solar	BUAND		
Resumen	Rodriguez, H.	Mayo 1987		Situación energética de la Costa Atlántica			Barranquilla, Colombia Programa especial de energía de la Costa Atlántica	BICA		
Tesis	Pulido, G	Junio 1986		Diseño y construcción de una bomba accionada por energía solar			Bogotá, Colombia Uniandes	BUAND		
Libro	HIMAT	Junio 1986		Estudio de radiación solar en Colombia			Bogotá, Colombia	BICEL		
Boletín Divulgativo	ICA	Marzo 1986		Nuestro Solar			Aracucara, Colombia Corporación Aracucara, Programa Guaviare	BICA		

TABLA 8 - 8 Continuación

TIPO DOC	NOMBRE AUTORES	FECHA PUBLICACION	TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO*	TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	NOMBRE EDITORES	VOLUMEN*	CIUDAD, ESTADO, NACION : EDITORIAL O INSTITUCION	UBICACION DOCUMENTO	CONTRATISTA	CONTRATANTE
Informe Tesis	Rodríguez, H. et al García, M	Julio 1987 Agosto 1985		Generación Solar Pasiva Colector solar de bajo costo para uso industrial			Bogotá, Colombia Unianandes	BUAND	Aene	Unianandes
Informe	UNIANDÉS	Mayo 1985		Energía solar (sonoviso)	Centro de recursos Unianandes		Bogotá, Colombia Unianandes	BUAND		
Informe	Rodríguez, H.	Enero 1985		Evaluación del Potencial Solar de la Costa Atlántica			Barranquilla, Colombia PESENA	BGES		
Tesis	Rada, V	Octubre 1984		Utilización de la energía solar como fuente complementaria en la deshidratación industrial de hortalizas			Cali, Colombia Unat (Cali- Palmira)	BICA		
Boletín informativo	Trujillo, C Carrillo, J	Noviembre 1983	Diálogo Tecnológico	Energía solar, arquitectura y clima en Colombia		6º V p. 1-8	Bogotá, Colombia ICA	BICA		
Artículo Revista	Gutiérrez, L	Junio 1983	Guía agropecuaria y avícola del oriente Colombiano	Máquina secadora solar de granos		4º de p.57-59	Bucaramanga, Colombia Fundación para el desarrollo de Santander	BICA		
Tesis	Butikus, E Potes, G	Mayo 1983		Diseño, Construcción y evaluación del conjunto colector solar silo secador para cacao			Cali, Colombia Unat (Cali- Palmira)	BICA		
Libro	Boada, L	Abril 1983		Procedimiento para el diseño de un sistema de calentamiento solar mixto de aire que utiliza agua como fluido de trabajo			Bogotá, Colombia	BICEL		
Informe		Julio 1982		Seminario de energía solar y energía no convencionales (BIOGAS)			Bogotá, Colombia	BICEL		
Tesis		Junio 1982		Diseño y Construcción de un embalse solar			Bogotá, Colombia Unianandes	BUAND		
Informe	Jaramillo, A	Abril 1982		Microclima en caletales a libre exposición solar y bajo sombrío			Manizales, Colombia Centro Nal. de investigaciones del café	BICA		
Libro	Velocci, T	Febrero 1982		perspectivas de la energía solar			Bogotá, Colombia Centro Colombo-Americano	BICEL		
Artículo Revista	Mesa, C	Enero 1982	Colector solar de placa plana	Ingeniería e investigación		Nº6, P	Bogotá, Colombia	BICEL		
Libro	Incontec	Mayo 1981		Energía solar. Definiciones y nomenclatura	INCONTEC		Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	Godoy, A	Mayo 1981		Diseño de un almacenamiento de calor por medio de un lecho de piedras			Bogotá, Colombia Unianandes	BUAND		
Informe	Rodríguez, H.	Mayo 1981		Estado actual de la investigación y el desarrollo de las fuentes de energía nuevas y renovables			Bogotá, Colombia	BICEL		
Libro	Rothman, D	Octubre 1980		Una nueva aproximación a la energía solar			Bogotá, Colombia Cent	BICEL		
Libro	Lilleieh, L	Julio 1980		Energía solar: el último recurso			Bogotá, Colombia Cent	BICEL		

TABLA 8 - 8 Continuación

TIPO DOC	NOMBRE AUTORES	FECHA PUBLICACION	TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO"	TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	NOMBRE EDITORES	VOLUMEN*	CIUDAD, ESTADO, NACION : EDITORIAL O INSTITUCION	UBICACION DOCUMENTO	CONTRATISTA	CONTRATANTE
Memorias y tesis	Montecada, C	Junio 1980		Experimentación y análisis de un ciclo de refrigeración accionado por energía solar			Bogotá, Colombia	BUAND	Aene	Isagen
Memorias	Posada, E	Junio 1980		Destilación de agua por energía solar			Unianandes Bogotá, Colombia	BICA		
Memorias	Romero, M	Junio 1980		Agua pura para toda la familia mediante la energía solar			Bogotá, Colombia	BICA		
Libro	Held, K	Mayo 1980		Convención científica Nacional ciencia y sociedad: Energía solar y no convencional y su función social			Medellin, Colombia	BICEL		
Libro	Hippel, F et al.	Febrero 1979		Hacia una civilización solar			Bogotá, Colombia	C BICEL		
Tesis	Fernandez, O	Enero 1979		Análisis experimental de un refrigerador por energía solar			Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	Barrero, M	Enero 1979		Diseño y Construcción de un calentador solar para agua con sistema eléctrico alternativo			Bogotá, Colombia	BUAND		
Libro	Brown, N	Enero 1979		Solar energy for village development			Unianandes Bogotá, Colombia	BICEL		
Tesis	Onatra, H	Agosto 1978		Diseño y Construcción de un sistema de refrigeración de bajo costo basado en la energía solar, para áreas rurales apartadas			Bogotá, Colombia	BUAND		
Memorias		Julio 1978		Seminario sobre energía solar y sus aplicaciones en Colombia			Unianandes Bogotá, Colombia	BICEL		
Tesis	Franky, O	Junio 1978		Investigación de sistemas de refrigeración apartir de energía solar			Unianandes Bogotá, Colombia	BUAND		
Boletín técnico	Serna, J	Junio 1978		La energía solar como complemento de la energía eléctrica en el ámbito nacional			Bogotá, Colombia	AC BICEL		
Tesis	Giron, A	Enero 1976		Análisis y diseño de un prototipo para transformar energía solar en energía mecánica			Bogotá, Colombia	BUAND		
Boletín técnico	Romero, M	Julio 1975		La energía Solar			Unianandes Bogotá, Colombia	A BICEL		
Tesis	Madero, M	Junio 1975		Secamiento de granos por radiación solar			Bogotá, Colombia	BICA		
Tesis	Medrano, C	Agosto 1974		Diseño de producción para un refrigerador solar			Unianandes Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	Manrique, M	Junio 1974		Estudio teórico y experimental sobre la aplicación de la energía solar			Unianandes Bogotá, Colombia	BUAND		
Libro	Pedro, J Albarracín, G	Mayo 1970		Calentadores solares de agua para centros comunales			Unianandes Cali, Colombia Universidad del Valle	BUAND		

Como puede observarse, la información disponible es de los siguientes tipos:

- Propuesta de normas (o las normas mismas) relacionadas con componentes de los SFV y de los Sistemas Solares Térmicos (SST), Lo anterior con el fin de que finalmente los SFV instalados y los Sistemas Solares Térmicos cumplan con especificaciones y así garantizar un mejor servicio.
- Evaluación del comportamiento de SFV. La evaluación realizada por el INEA en 1996 muestra que es posible mejorar la confiabilidad de los sistemas instalados si se ponen en práctica las normas y prácticas recomendadas sugeridas al ICONTEC.
- Evaluación del comportamiento de los SST. La evaluación realizada por el INEA en 1996 muestra que es posible mejorar la confiabilidad de los sistemas instalados si se ponen en práctica las normas y prácticas recomendadas sugeridas al ICONTEC.
- Hay manuales de entrenamiento en la ingeniería de SFV. En este sentido la Universidad Nacional en Bogotá ofrece cursos de capacitación en diseño, ingeniería, instalación y mantenimiento de SFV, así como dispone de laboratorios y personal apropiado para el entrenamiento.
- Los estudios de aplicación han mostrado que para demandas de energía eléctrica de algunos kWh / día en zonas remotas y ZNI los SFV son altamente ventajosos desde los puntos de vista técnico y económico.

8.3 EVALUACION DEL RECURSO ENERGIA SOLAR EN COLOMBIA

8.3.1 Información primaria

La información primaria empleada en todos estos estudios ha sido tomada por el HIMAT y desde la transformación de este instituto en IDEAM, por esta última institución. El IDEAM tiene la competencia de recopilar la información de todas las estaciones nacionales y mantener una base de datos sobre este recurso en el país.

Las variables medidas por el IDEAM son Brillo Solar y Radiación Solar Global. El Brillo Solar es el número de horas al día que la intensidad de la radiación solar directa tiene una intensidad superior a aproximadamente 200 W/m². La unidad es horas al día. Información sobre Brillo Solar existe para 231 estaciones (hasta 1992) y durante periodos de tiempo, que en numerosas estaciones puede ser superior a 5 años de registro. El instrumento empleado es el Solarímetro Campbell-Stokes.

La Radiación Solar Global (más exactamente, la Irradiancia Solar Global) es la cantidad de energía radiante (directa mas difusa) recibida por una superficie horizontal de área unitaria, durante un intervalo de tiempo dado. La unidad del Sistema Internacional de Unidades (SI) es MJ/m² y el intervalo de tiempo suele ser un día. El instrumento más ampliamente utilizado por la red colombiana es el Actinógrafo (o Piranómetro Robitzch). Este instrumento es reconocido como Clase 3 por sus características de respuesta. Redes más orientadas hacia la medición de esta variable con fines energéticos suelen emplear instrumentos Clase 2 como los piranómetros Negro y Blanco (marcas usuales son Eppley, Kipp&Zonen, etc.)⁴.

La red nacional consistía en 1.992 de 231 estaciones de Brillo Solar y de 10 estaciones de Radiación Solar. Infortunadamente la gran mayoría de ellas están localizadas en la zona Andina y no propiamente en las ZNI.

8.3.2 Estudios

La energía solar ha sido evaluada para varias regiones como la Costa Atlántica⁵, Sabana de Bogotá⁶, la Orinoquía y la Amazonía⁷, la Costa Pacífica⁸ y globalmente, para el país con los Manuales de Radiación Solar I y II ^{9,10}. Todos los estudios anteriores fueron desarrollados con una metodología gradualmente mejorada, que culminó con el estudio global para el país.

Los Manuales de Radiación Solar contienen información sistematizada sobre la disponibilidad de energía solar en 231 estaciones del país. La información que se entrega para cada estación debidamente localizada incluye el tipo de información primaria suministrada, los cálculos de la radiación solar en el tope de la atmósfera, el

4 Coulson, K. e Y. Howell. Solar Radiations Instruments, Sunworld 4 Nr 3 (1.980)

5 Rodríguez, H. SITUACION ENERGETICA DE LA COSTA ATLANTICA - Vol. 12 -Energía Solar - 2a Edición corregida. Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica (1.989) Barranquilla

6 González, F. Mapa de radiación solar de la sabana de Bogotá . Tesis de Magister Scientiae en Física. Universidad Nacional, Depto Física (1.984) Bogotá

7 Rodríguez, H. Energía Solar en la Costa Pacifica Colombiana. Consultores Unidos - Consultaría Colombiana para ICEL (1.996) Bogotá

8 Rodríguez, H. Energías Alternativas para Territorio Nacionales - Energía Solar. Consultores Unidos - Consultaría Colombiana para ICEL (1994) Bogotá

9 Rodríguez, H. y F. González. Manual de Radiación Solar en Colombia. Vol. I. Universidad Nacional (1992). Bogotá

10 González, F. y H. Rodríguez, H. Manual de Radiación Solar en Colombia. Vol. II. Universidad Nacional (1994). Bogotá

brillo solar medido, la radiación solar calculada o medida, la componente difusa y directa. Esta información de promedios mensuales de valores diarios permite hacer cálculos para aplicaciones de la energía solar.

Mediante dos paquetes computacionales es posible realizar aplicaciones especiales de importancia para la utilización de la energía solar.

- RADIACIO.EXE© permite calcular la radiación solar directa, difusa y global sobre superficies horizontales mediante la interpolación ponderada por octantes, en sitios que carecen de estaciones. La información suministrada en estas condiciones debe ser valorada cuidadosamente teniendo en cuenta la complejidad de los microclimas locales.
- INCLINAD.EXE©, permite calcular la radiación solar directa, difusa y global sobre superficies de orientación arbitraria.

La FIGURA 8 - 6 muestra el comportamiento de la radiación solar global diaria promedio mensual y el potencial de la energía solar en el país se muestra en la TABLA 8 - 9 .

TABLA 8 - 9 Potencial de la energía solar en Colombia, por regiones (Ref.9)

Región del país	Radiación Solar (kWh/m ² /año)
Guajira	2000-2200
Costa Atlántica	1800-2000
Orinoquía-Amazonía	1800-2000
Región Andina	1600-1800
Costa Pacífico	1400-1600

Si se tiene en cuenta que el máximo mundial es de aproximadamente 2500 kWh/m²/año, el potencial en Colombia en relación con este máximo, varía entre 56 % en la Costa Pacífico y 88 % en la Guajira. Pero más importante aún que los valores es que la distribución mensual de la radiación global es pequeña comparada con otros lugares lo que permite que los sistemas de acumulación de energía sean de capacidad reducida.

RADIACION SOLAR GLOBAL ANUAL (kWh/m²/día)

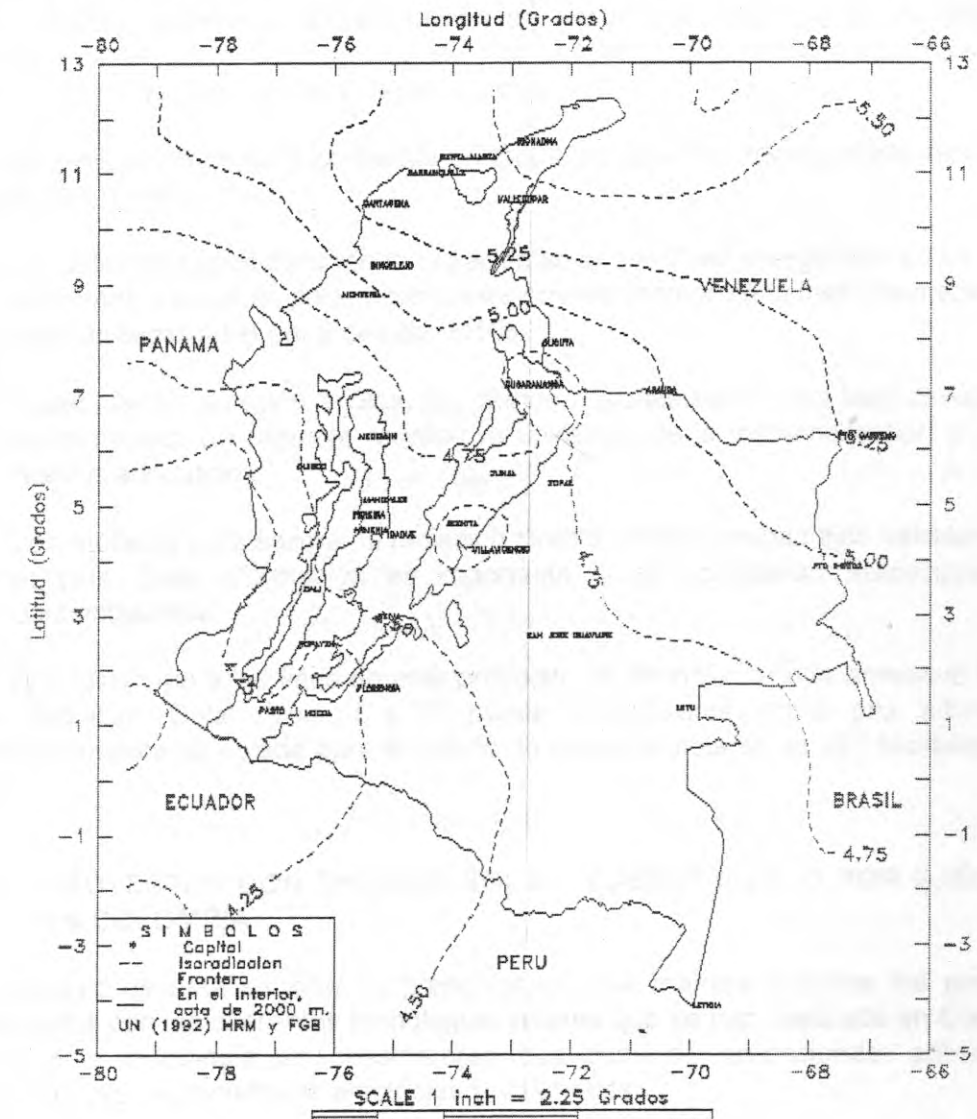


FIGURA 8 - 6. Radiación solar global diaria promedio anual (en kWh/m²/día - con permiso de los autores - Ver Referencia 9)

Recientemente en 1998, el IDEAM presentó una reseña del potencial de la energía solar en el país¹¹. El mapa presentado por el IDEAM muestra las regiones del país

11 Pabón, J.D., et al. *La atmósfera, el tiempo y el clima* en Ed. P. Leyva, El medio ambiente en Colombia. IDEAM (1998) Bogotá

con índices en calorías/cm²-día, con regiones como La Guajira que llegan a superar las 600 calorías/cm²-día (2550 kWh/m²-día), cifra que es realmente muy alta. Infortunadamente la información se encuentra contenida en un mapa de radiación solar diaria, promedio anual, y no hay información en ese informe sobre la radiación en las distintas localidades del país.

En general, la información contenida en todos los estudios mencionados, merece los siguientes comentarios:

- La instrumentación para medir radiación solar con fines energéticos no es la más adecuada. Las cifras deben considerar errores propios de la instrumentación, que podrían llegar a ser del orden de $\pm 10\%$.
- Exceptuando la región andina, las demás regiones tienen una baja densidad de instrumentos. Se requiere redefinir la ubicación de la instrumentación y adquirir nuevos adecuados.
- Los modelos para estimar la radiación directa y difusa no han sido validados para el país. Esta información es importante si se consideran aplicaciones con concentradores

En conclusión, para los fines de este proyecto, la información que provee el Manual de Radiación Solar, Vols. I y II, puede considerarse como una información suficientemente apropiada para el diseño de sistemas solares en 231 localidades del país.

8.4 PROYECTOS CON ENERGIA SOLAR EJECUTADOS O POR EJECUTAR EN COLOMBIA

El objetivo de esta sección es presentar de una manera sucinta los proyectos realizados con las diferentes tecnologías solares que se han realizado en Colombia. Para esta tecnología se considerarán dos tipos de aplicaciones: aplicaciones fotovoltaicas (suministro de electricidad) y térmicas.

8.4.1 Aplicaciones Fotovoltaicas

8.4.1.1 Desarrollo pasado

En 1979 Telecom, con la asesoría de la Universidad Nacional, introdujo los SFV para implementar su programa de Telecomunicaciones Rurales. A comienzos de los ochenta, EDA (Empresas Departamentales de Antioquía) también los comenzó a emplear en sus sistemas de telecomunicaciones. En los años 1989 y 1990 fueron

instalados miles de SFV nuevamente en el sector telecomunicaciones rurales para los Territorios Nacionales. Los mayores sistemas correspondieron a las estaciones satelitales terrenas (22) de 3 kWp cada una¹².

Paralelamente a este desarrollo, comenzó la utilización de SFV para suplir las necesidades básicas de energía eléctrica principalmente en hogares localizados en zonas aisladas y no interconectadas del país.

La TABLA 8 - 10 y las figuras FIGURA 8 - 7 y FIGURA 8 - 8 muestran la evolución del número de sistemas y la potencia instalada o adquirida cada año. La potencia total instalada o adquirida hasta 1990 es 1.85 MWp en 28190 sistemas. Los sistemas individuales son el 71% del total de sistemas y el 49% de la potencia total, con una potencia media de 45 Wp/sistema. El restante 29% de los sistemas es de telecomunicaciones y representan el 51 % de la potencia.

TABLA 8 - 10 Sistemas fotovoltaicos instalados en Colombia hasta 1990¹²

APLICACION	->1986		1987		1988		1989		1990	
	Sist	kWp	Sist	kWp	Sist	kWp	Sist	kWp	Sist	kWp
Telecomunicaciones	3.354	260	38	36	50	34	3.080	538	1.700	85
Usuarios individuales	6.968	284	3.500	1.165	3.000	142	3.000	142	3.500	165
Totales	10.322	544	3.538	201	3.050	176	6.080	680	5.200	251

Tomando un promedio sobre los últimos cuatro años, el sector SFV creció en la década de los ochenta a razón de 327 kWp/año. Si se tiene en cuenta que el mercado de telecomunicaciones es variable y depende de los programas de desarrollo del sector, se puede observar que el mercado de los sistemas individuales si representa un mercado estable de 3.250 sistemas/año, con una potencia de 154 kWp/año.

El costo de los SFV en las licitaciones de telecomunicaciones está incluido en los costos totales globales del proyecto, haciendo difícil determinar el costo real de la parte fotovoltaica.

12 H. Rodríguez, "Issues of the PV Development: The Colombian Case", en *Prospects for Photovoltaics: Commercialization, Mass Production and Application for Development*. Ed. by R. Hill. ATAS Issue 8 (1992) United Nations, New York

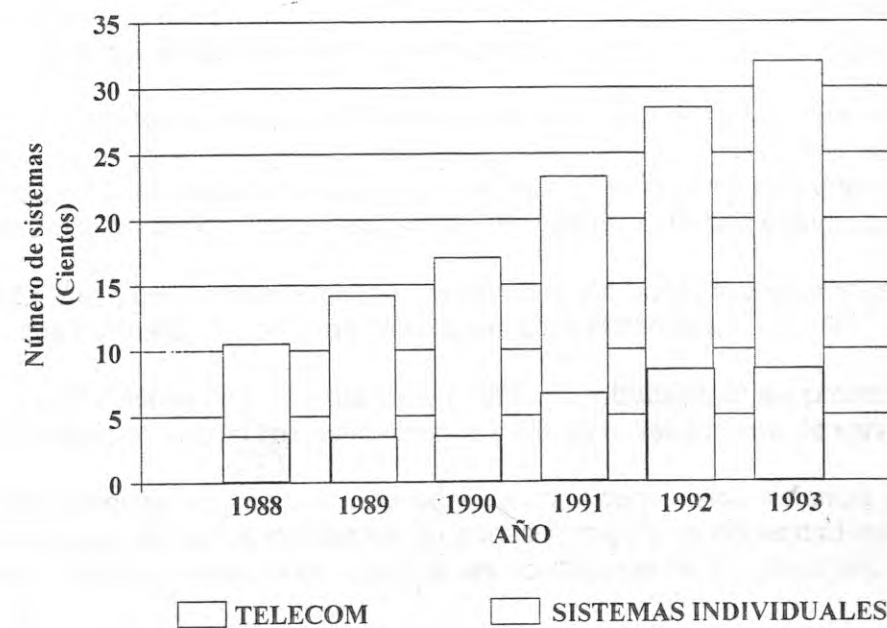


FIGURA 8 - 7 Desarrollo del mercado de SFV en Colombia (en numero de sistemas, hasta 1.991)¹²

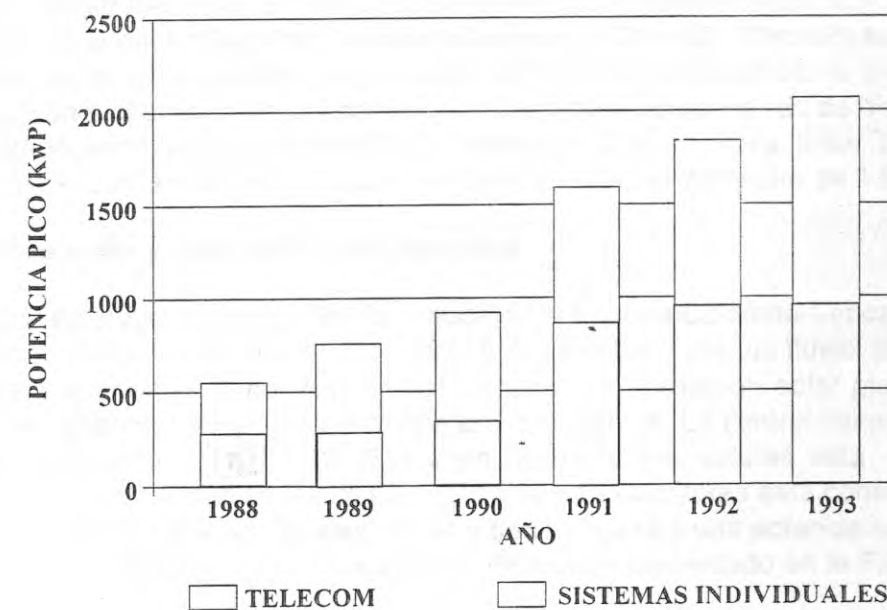


FIGURA 8 - 8 Desarrollo del mercado de SFV en Colombia (en potencia, hasta 1.991)¹²

Específicamente para la Amazonia y Orinoquia no existe un inventario desagregado sobre los sistemas actualmente en funcionamiento.

Un estudio contratado por el INEA y realizado a mediados de los noventa censó y evaluó los sistemas fotovoltaicos instalados en el país¹³. De acuerdo con este estudio la potencia total instalada en el país en 1994 era de 2.05 MWp con una generación anual de 2.385 MWh/año. Otros resultados sobresalientes de este estudio son:

- Los SFV son una excelente alternativa para la generación de electricidad en zonas remotas comparados con otras alternativas convencionales.
- De los SFV domésticos evaluados en 1995, 56% trabajaban sin problemas, 37% funcionaban con algún tipo de problemas y 8% se hallaban fuera de servicio.

Lo anterior muestra entonces, la necesidad de considerar estos sistemas como una alternativa para pequeñas demandas en zonas rurales y la necesidad de elevar el nivel técnico de las instalaciones y mejorar las condiciones de su operación.

8.4.1.2 Central solar de La Venturosa

La Central Fotovoltaica de 2.76 kWp de La Venturosa (Vichada, Colombia) es un proyecto desarrollado por el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL), con la interventoría del Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas (INEA) y el apoyo de la Gobernación del Vichada. El proyecto comprendió la planeación, construcción y operación de la instalación conectada a su propia red de distribución. Fue licitado entre varios proveedores y otorgado a la empresa Solar Center de Barranquilla. La Central entró en servicio durante el primer semestre de 1.995.

• Localización y características generales

La central está ubicada cerca del río Arauca en la frontera Colombo-Venezolana en la localidad de La Venturosa (6° 6' N, 68° 48'W), a 160 km por vía fluvial al oeste de Puerto Carreño en el Departamento del Vichada. La irradiación solar global sobre superficie horizontal es de 5 kWh/m²/día promedio anual. La central tiene su propia red de distribución a 110 V AC. El campo de colectores solares está orientado hacia el sur, con inclinación fija de 15°. El campo de colectores esta constituido por 46 módulos fabricados por Solarex (USA) y tiene el campo una potencia nominal de 2.76 kW (Ver TABLA 8 - 11). El diagrama de bloque presentado en la FIGURA 8 -

13 INEA. Censo y evaluación de sistemas solares fotovoltaicos instalados en Colombia. INEA (1996) Bogotá

9 representa en forma general la composición de la Central Fotovoltaica La Venturosa.

TABLA 8 - 11 Generadores solar, banco de baterías e inversores

ELEMENTO	UNIDAD	CAMPO
Orientación		Hacia el sur, Inclinado 15°
MÓDULOS		
Fabricante		Solarex
Tipo		MSX-60
Tipo silicio		Multicristalino
Potencia máxima	W	60
GENERADOR SOLAR		
Numero de módulos		46
Serie x paralelo		2 x 23
Potencia pico*	kWp	2.76
Voltaje nominal	V	24
Corriente en potencia pico *	A	86
Superficie	m ²	25.7
CONTROL, REGULACION Y MEDICION		
Fabricante		Infinity
Capacidad		3360 W @ 24 V
Otros		Funciones de data logger
INVERSORES		
Fabricante		Trace
Modelo		DR15724
Cantidad		2
Potencia nominal	kVA	1.5 c/uno
Onda		Sinusoidal modificada
BANCO DE BATERIAS		
Fabricante		Exide
Tipo		FGHS 15
Capacidad individual	Ah	1060
Tensión nominal individual	V	12
Tensión nominal banco	VDC	24
Número baterías		12
Capacidad banco	Ah	6360

* Condiciones máximas (G = 1000 W/m² , Temperatura de celda 25°C)

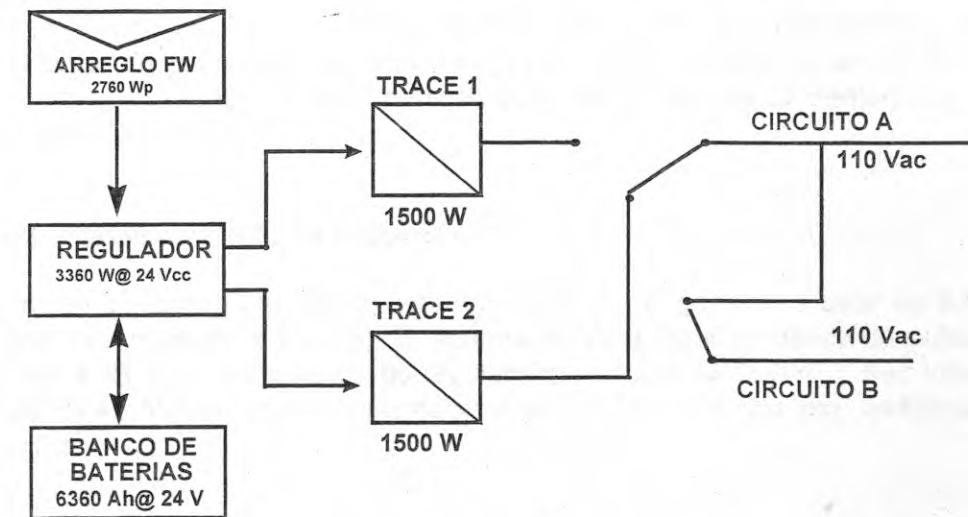


FIGURA 8 - 9 Diagrama de bloque de la central fotovoltaica La Venturosa (Colombia)

Los módulos MSX60 son módulos comerciales de la firma SOLAREX (TABLA 8 - 12).

TABLA 8 - 12 Características de los módulos SOLAREX MSX60

	Unidad	SOLAREX MSX60
Material básico		Si multicristalino
Tipo de celda		juntura pn
Numero de celdas		36
Vmp	V	17.1
Imp	A	3.5
Superficie	m2	0,559

• **Resultados de la fase de puesta en marcha**

La planta se comenzó a construir en Febrero de 1.995 y entró en servicio en Abril de ese año. Desde entonces está siendo monitoreada por el Infinity (Sistema de monitoreo y adquisición de datos de la Central) y sus datos son recuperados y evaluados posteriormente. Aun no se encuentra disponible un informe sobre el comportamiento del sistema.

• **Beneficiarios del proyecto**

Los beneficiarios del proyecto son 12 hogares campesinos, 4 establecimientos públicos (puesto salud, inspección, salón comunal, internado con 80 niños), cancha deportiva y alumbrado público de 6 a 10 p.m.

El costo unitario por beneficiario fue de US\$1967, costo que abiertamente compite con el costo de proyectos tradicionales de interconexión eléctrica en el interior del país, pero que son absolutamente irrealizables en la zona de la Venturosa y tantas otras regiones similares del país.

8.4.1.3 Sistema híbrido de Nazareth

Este sistema híbrido Fotovoltaico-Diesel consiste de un generador solar de 6 kWp (2 arreglos * 40 módulos x 75 Wp). El sistema además tiene un banco de baterías de 2100 Ah a 48 VDC, un sistema de regulación y control APT5-444 y tres inversores TRACE de 4 kW cada uno. El sistema sirve al Hospital de la localidad de Nazareth en la Guajira.

8.4.1.4 Desarrollo actual

Los SFV se han empleado ampliamente en los últimos años en numerosas y nuevas aplicaciones. Dentro de estas últimas, los SFV se emplean en las válvulas de oleoductos tanto para ellas mismas como para los sistemas de telecomunicaciones y control. También han ganado mucho espacio en el sector rural para cercas de ganado y para alimentar sistemas de refrigeración para la conservación de vacunas.

Actualmente se adelanta el programa de telecomunicaciones COMPARTEL, dentro del cual se extenderán los servicios de telecomunicaciones a las zonas remotas. Este proyecto otorgado a comienzos del 2000 a GVT (Global Village Telecommunications de Israel) instalará en número por precisar aún, cerca de 3000 SFV en sistemas de diferentes capacidades.

Un estimado preliminar podría sugerir que actualmente hay en Colombia del orden de 70.000 a 80.000 SFV instalados.

El mercado de SFV domésticos no tiene actualmente ninguna línea de financiación y su crecimiento es simplemente el vegetativo mas el inducido por usos profesionales en telecomunicaciones y otras aplicaciones de esta índole.

8.4.2 Aplicaciones Térmicas

8.4.2.1 Desarrollo pasado

A finales de los 70 que se hicieron las primeras instalaciones en urbanizaciones (Antigua en Bogotá 1.978) y Valle de Aburrá I Etapa 1.979) y durante los 80 se realizaron los desarrollos más importantes. El principal promotor de este desarrollo

fue el Banco Central Hipotecario que dotó a 8.030 apartamentos de sus urbanizaciones de Medellín y Bogotá con agua caliente solar (TABLA 8 -13). El Centro Las Gaviotas instaló en estos proyectos más de 6630 sistemas, que corresponden a 20.232 m² de área de colectores. Si se incluye Valle de Aburrá I. Etapa, el área total instalada por Gaviotas en calentadores domésticos es de 22.000 m².

TABLA 8 -13 Sistemas solares instalados por el BCH

URBANIZACION	CIUDAD	APTOS	SISTEMAS	AREA TOTAL (m ²)	AÑO
VALLE DE ABURRA I. ETAPA	Medellín	536	ND	ND	1979
VALLE DE ABURRA III.ETAPA		384	136	1542	1981
NIZA VIII	Bogotá	683	59	4160	1981
TUNAL I.	Bogotá	2000	2000	4000	1984
TUNAL II.		2030	2030	4060	1985
TUNAL III.		510	510	1020	1986
NUEVA STA FE (Mz 5,6)	Bogotá	560	560	2240	1987
NUEVA STA FE (Mz 2)		270	270	1080	1988
SALITRE	Bogotá	1065	1065	2130	1988
TOTALES		8038	6630	20232	

ND : No disponible Mz: Manzana

Fuente: Banco Central Hipotecario (1992)

Además de los sistemas pequeños para uso doméstico, se han construido sistemas más grandes para calentamiento de agua de piscinas y suministro de agua caliente para cafeterías y otras aplicaciones. De estas instalaciones, especial atención merece el sistema de la EEB, con un área de 140 m² y tanque de almacenamiento de 10.5 m³, debido a que este sistema es el único en el país que ha sido monitoreado por espacio de varios años (desde 1985). También por su tamaño, merece destacarse el sistema de calentamiento de agua del Palacio de Nariño, con aproximadamente 300 m².

Un avance significativo a mediados del 95 fue alcanzado por CONSOL al instalar sistemas comunales en edificios de más de 15 pisos de altura en la ciudad de Cali.

• **Area total instalada en el país**

El área total instalada en el país hasta diciembre de 1991 era de 47.800 m², incluyendo "otros" fabricantes para los cuales se ha estimado las cifras presentadas en la TABLA 8 -14.

La cifra anterior corresponde a aproximadamente 20.000 calentadores solares, con un número no determinado de sistemas mayores. Esta cifra es pequeña comparada, por ejemplo, con Israel o Australia que tenía instalados 700.000 (1988) y más de 300.000 (1990), respectivamente.

TABLA 8 -14 Area total de sistemas solares instalados Colombia (hasta diciembre 1991)

EMPRESA	SISTEMAS DOMESTICOS AREA (m ²)	SISTEMAS PISCINAS, CAFETERIAS Y OTROS AREA (m ²)
Gaviotas	22000	4000
Consol	8000	(incluida en domésticos)
Tecnosolar	2000	3000
Granja Providencia	6000	1800
Otros	1000	(incluida en domésticos)
TOTALES	39000	8800

Fuente: Información de las empresas

Una investigación del INEA censó los sistemas solares térmicos instalados en el país y evaluó el grado de satisfacción de los usuarios¹⁴. De acuerdo con este estudio hasta 1993 había instalados 48.901 m² de calentadores instalados en el país. Esta área es realmente muy pequeña frente a las posibilidades de los mismos en el país.

Una evaluación técnico económica de estos sistemas en 1994 indicaba ya su competitividad frente al calentamiento eléctrico en los estratos 4, 5 y 6 pero no en los estratos 1, 2 y 3 en la época, pero alertaba sobre la realidad que se avecinaba con el desarrollo del gas natural, esto es, los sistemas solares térmicos no serían competitivos frente al calentamiento de agua con gas natural para ningún estrato.

• Costos

El costo de los sistemas de calentamiento de agua por energía solar depende de su capacidad y varía de acuerdo a los fabricantes (ver TABLA 8 - 16). Puesto que la capacidad del sistema depende del área de los colectores, una cifra más indicativa de los costos es el costo total del sistema (tanque, colectores e instalación) dividido por área de los colectores. El valor promedio del m² está alrededor de \$700.000 (Febrero del 2.000), equivalentes aproximadamente a 350 US\$/m².

El costo de calentadores solares en USA es de 500 US\$/m² y en Australia (de los más bajos) 300 US\$/m²¹⁵.

14 INEA. Censo, caracterización y grado de satisfacción de sistemas solares térmicos instalados en Colombia. INEA (1996) Bogotá

15 Renewable Sources of Energy, International Energy Agency (1997) Paris

Estos costos colombianos se consideran comparativamente con los precios antes presentados como elevados, dadas la calidad final de los productos y la capacidad de compra de los consumidores. También son elevados cuando se comparan contra los de un calentador eléctrico o uno de gas y obviamente su adquisición solo es justificable cuando se considera el costo durante el ciclo de vida del calentador solar.

8.4.2.2 Desarrollo actual

El uso de los sistemas de calentamiento solar se ha visto reducido en los últimos años en las áreas urbanas principalmente debido a la penetración del gas natural.

8.4.3 Otras aplicaciones

La utilización de otros equipos solares como cercas eléctricas, instalaciones de bombeo de agua, protección catódica en oleoductos y gasoductos, los refrigeradores solares, destiladores solares, secadores solares, etc. ha sido ciertamente limitado y continua sin mucha utilización.

Varias de las aplicaciones anteriores se dan cuando existen proyectos específicos desarrollados por compañías petroleras o cuando hay programas de la Red de Frío del Ministerio de Salud.

8.5 CARACTERISTICAS TÉCNICAS, COSTOS Y PROVEEDORES NACIONALES DE EQUIPOS SOLARES

Este directorio tiene como propósito enunciar los proveedores colombianos y no pretende ser exhaustiva. La información esta actualizada a febrero del 2.000 y la tasa de cambio TRM es \$1.950 / US\$.

8.5.1 Sistemas fotovoltaicos

La TABLA 8 - 15 presenta la información de los proveedores nacionales de sistemas fotovoltaicos.

TABLA 8 - 15 Características de Sistemas Fotovoltaicos disponibles en Colombia

EQUIPOS / SUMINISTRADOR	BP SOLAREX	DURESPO S.A.
PANEL Marca Origen	BP Solarex	ATERSA España
REGULADOR Marca Origen		ATERSA España
BATERIAS Tipo Capacidad (Ah) Origen		Estacionarias (gelatinosas) y plomo ácido) Desde 32 hasta 170 Ah USA marca EXIDE
SISTEMA STANDARD Panel (Wp) Regulador Batería (Ah) Lámpara (W) Accesorios de instalación		75 8 a 15 Amperios 100 Si
COSTO SISTEMA STANDARD \$ Impuestos Instalación incluida Transporte equipo		\$ 1,760,000 IVA incluido Si, solo para el area urbana y alrededores de la Sabana No
OTROS EQUIPOS OFRECIDOS Licuadora 12 voltios 10 velocidades Inversor 300 W Ventilador de tipo automotriz Lamparas fluorescente Lamparas incandecente Balastos 12 V, 1A Bombas automáticas 12 V		Telecomunicaciones, rectificadores 280 15 y 25 W a \$ 10.500 20 W a \$5.300
INFORMACION Contactar Teléfono Fax Dirección Ciudad e-mail	BP SOLAR Mauricio Ruiz Zarate (1) 618 2777 / 623 4077 628 4100 (1) 6 28 4220 Cr 9A # 99-02 Piso 6 Bogota gutiera@bp.com / uribemm@bp.com	DURESPO Mauricio Gómez Vera Juan Esteban Raigosa (4) 2600670 (1) 548 0103 / (1) 5479844 (4) 2603394 (1) 547 9930 Cll 94A # 13 - 54 A.A Cra 37 No. 75 - 18 42898 Medellín Bogotá durespo@interpla.net.co durespo@multiphone.net.co

TABLA 8 - 15 Continuación

EQUIPOS / SUMINISTRADOR	ENERGIA INTEGRAL ANDINA		ENERSSIN	EDUARDOÑO
PANEL Marca Origen	Solarex USA	Tecnología Policristalina	Siemens Solar USA	BP
REGULADOR Marca Origen	Importado USA y Nacional 6A/12V	10A/12V	Importado USA	ND Americano
BATERIAS Tipo Capacidad (Ah) Origen	Morning Star Selladas 90	Yuasa Exide 100	Camión 120 Ah Nacional	SOLAR 55 Ah
SISTEMA STANDARD Panel (Wp) Regulador Batería (Ah) Lámpara (W) Accesorios de instalación	53 1 120 4 de 20W	57 7 de 20W	50 / 75 Wp 1 120 20 W Si	75 \$ 465,000 \$ 270,000 \$ 58,000 Si
COSTO SISTEMA STANDARD \$ Impuestos Instalación incluida Transporte equipo	\$ 900,000 Sin IVA Si	\$ 1,300,000 Sin IVA Si	\$ 1.450.000 / \$ 1.700.000 Si No	\$ 1672000 + IVA No No
OTROS EQUIPOS OFRECIDOS Licuadora 12 voltios 10 velocidades Inversor 300 W Ventilador de tipo automotriz Lamparas fluorescente Lamparas incandecente Balastos 12 V, 1A Bombas automáticas 12 V			Equipos especializados en Telecomunicaciones	
INFORMACION Contactar Teléfono Fax Dirección Ciudad e-mail	Energia Integral Andina Fernando Sanchez / Arturo Acosta 6230188 / 6163011 2181589 / 6232247 Cil 94A # 13 - 54 A.A. 42898 Bogotá eiasa@cable.net.co		ENERSSIN Juan Manuel López 6212517 / 621 2585 / 6102940 621 2507 Cra 17 # 88-27 Oficina 404 Bogotá enerssin@inter.net.co	Eduardono Carlos Eduardo Beltran (1) 678 0019 (1) 674 1645 Autop.Norte #198-96 Bogota

TABLA 8 - 15 Continuación

EQUIPOS / SUMINISTRADOR	MULTIELECTRONICA	SOLAR CENTER		SOLAR ENERGY CENTER LTDA.
PANEL Marca Origen	Kyocera Americano	Solarex USA	Solarex USA	BP SOLAR España
REGULADOR Marca Origen	Morning Star Americano 5 - 30 A			BP SOLAR Alemania
BATERIAS Tipo Capacidad (Ah) Origen	Dynasty Selladas 100 Americano	Estacionarias 60	Estacionarias 90	Estacionarias de plomo ácido 70 Ah Nacional
SISTEMA STANDARD Panel (Wp) Regulador Batería (Ah) Lámpara (W) Accesorios de instalación	80 US\$ 250 US\$ 100	53 10 A 60 2 lámparas de 12V / 1 A Cable encauchetado	77 10 A 90 4 lámparas de 12 V / 1 A Cable encauchetado	60 Wp 12 V, 12A 70 Ah Fluorescente de 20W, 12 V
COSTO SISTEMA STANDARD \$ Impuestos Instalación incluida Transporte equipo	US\$ 750 No, 10% del costo total aprox. No	\$1.350.000 No	\$1.950.000 No	\$1.300.000 (Sin IVA) Depende del sitio, cantidad de usuarios y concentración Depende del sitio, y facilidad de acceso
OTROS EQUIPOS OFRECIDOS Licuadora 12 voltios 10 velocidades Inversor 300 W Ventilador de tipo automotriz Lámparas fluorescente Lámparas incandescente Balastos 12 V, 1A Bombas automáticas 12 V	US\$ 650 de 600 VA			
INFORMACION Contactar Teléfono Fax Dirección Ciudad e-mail	MULTIELECTRONICA Carlos H Ramirez / Claudia Prada (1) 635 0441/ 635 0430 (1) 635 0419 Cr 11 # 93-53 Of. 301 Bogota multiele@impsat.net.co / cprada@multielectronica.com.co	SOLAR CENTER Helga de Varela (5) 353 3087 / 353 3150 (5) 368 5234 Cr 62 # 74-198 Barranquilla	SOLAR ENERGY CENTER Hernán Pineda Ocampo 2691460 Cra 40 No 22E - 60 Centro Nariño Bloque C-4 Local 1 Bogotá	

8.5.2 Calentadores solares

A continuación se presenta la información de los proveedores en Colombia para calentadores solares.

TABLA 8 - 16 - Características de Calentadores Solares disponibles en Colombia

EQUIPOS / FABRICANTE	GAVIOTAS	SOLARCO
COLECTOR Dimensiones (m) Caja exterior Cubierta Aislante Espesor Aislante (cm) Tubería # tubos del absorbedor Absorbedor Pintura absorbedor Unión tubo-absorbedor	2*1 Galvanizado Vidrio corriente 4mm Poliuretano 2 cm inferior, 1.5 lateral Cobre 8 tubos Lámina de Cu Electroquímica soldadura estaño	1.2 * 1.0 m Vidrio ángulo de aluminio Vidrio doble de 2 mm Fibra de vidrio 2.5 cm Cobre Serpentin Cobre Baño electroquímico Estaño - Plomo
TANQUE Material Recubrimiento interior Capacidad (lt) Aislante (material) Aislante (espesor) Exterior Presurizado Resistencia Eléctrica (W) Control resistencia	Chapa de acero No 240 galones Poliuretano Aluminio Si No No	Acero inoxidable No 113, 170, y 227 lt Poliuretano inyectado 6.0 mm Aluminio Si 800 W Termostato + fotoeléctrico
SISTEMA STANDARD Colectores Tanque	2 1	2, 3 y 4 colectores 30, 45 y 60 galones
COSTO SISTEMA Válido en Febrero del 2000 Instalación incluida	\$2.700.000, con IVA Si	\$1,4 / 2,05 / 2,7 Millones Si lo básico
ANTIGÜEDAD (años) AREA INSTALADA PISCINAS AREA INSTALADA DOMESTICOS	20 años 8000 m2 30000 m2	desde 1992 1500 m2
Compañía Contactar Teléfono Fax Dirección Ciudad email	Centro Las Gaviotas Paolo Lugari/Inés Muñoz (1) 286 2876 (1) Av. Circunvalar # 20-90 Bogotá	Solarco Geoffrey Halliday (1) 683 0552 (1) 683 0552 Cra 68 # 147 - 49 Bogotá Solarco@col-online.com

8.6 BIBLIOGRAFÍA

COULSON, K. , HOWELL Y. Solar Radiations Instruments.--: Sunworld 4 No. 3, 1.980

GONZÁLEZ, F. , RODRÍGUEZ, H. Manual de Radiación Solar en Colombia. Vol. II. Bogotá: Universidad Nacional 1.994.

GONZÁLEZ, F. Mapa de radiación solar de la sabana de Bogotá . Santa Fe de Bogotá, Tesis de Magister Scientiae en Física, Universidad Nacional, Dpto. Física, 1.984

INEA. Censo y evaluación de sistemas solares fotovoltaicos instalados en Colombia. Bogotá: INEA (1996)

INEA. Censo, caracterización y grado de satisfacción de sistemas solares térmicos instalados en Colombia. Bogotá: INEA, 1.996

PABÓN, J.D., et al. La atmósfera, el tiempo y el clima. en Ed. P. Leyva, El medio ambiente en Colombia. Bogotá: IDEAM 1.998

RODRÍGUEZ, H. Energía Solar en la Costa Pacífica Colombiana. Bogotá: Consultores Unidos - Consultaría Colombiana , 1.996

RODRÍGUEZ, H. Energías Alternativas para Territorio Nacionales - Energía Solar. Bogotá: Consultores Unidos - Consultaría Colombiana, 1.994

RODRÍGUEZ, H. Método de prueba para determinar el rendimiento térmico de sistemas solares de calentamiento de agua. Barranquilla : PESENCA, 1.989

RODRÍGUEZ, H. Situación Energética de la Costa Atlántica - Vol. 12 - Energía Solar - 2a Edición corregida. Barranquilla, PESENCA, 1.989

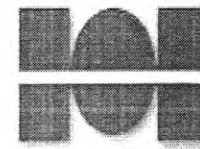
RODRÍGUEZ, H., GONZÁLEZ, F. Manual de Radiación Solar en Colombia. Vol. I. Bogotá: Universidad Nacional, 1.992.

RODRÍGUEZ, Humberto. PV Rural Electrification in Peru. New York : GEF, 1.998

RODRÍGUEZ, H. Issues of the PV Development: The Colombian Case, en Prospects for Photovoltaics: Commercialization, Mass Production and Application for Development. New York: Ed. by R. Hill. ATAS Issue 8. United Nations, 1.992

SOKOLOV, M., VAXMAN M. Solar Energy 30 ---1.983, 237 p.

---. Renewable Sources of Energy. Paris: International Energy Agency, 1.997



CREG



**ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN ESTRUCTURAL,
INSTITUCIONAL Y FINANCIERO, QUE PERMITA EL
ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS, CON PARTICIPACIÓN DE LAS
COMUNIDADES Y EL SECTOR PRIVADO**

LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA

**TOMO II
OFERTA ENERGÉTICA**

**CAPITULO 9
ENERGÍA EÓLICA**

**DOCUMENTO N° : ANC-375-09
REVISION 00**

Santa Fe de Bogotá, 5 de mayo de 2000



Agler Bailly



TABLA DE CONTENIDO

9.	ENERGÍA EÓLICA	4
9.1	CATÁLOGO DE TECNOLOGÍA EÓLICA.....	4
9.1.1	Aerogeneradores	4
9.1.1.1	Descripción	4
9.1.1.2	Capacidades.....	6
9.1.1.3	Costos	7
9.1.1.4	Financiación.....	7
9.1.1.5	Implementación	7
9.1.1.6	Mantenimiento	7
9.1.1.7	Restricciones ambientales	8
9.1.2	Aerobombas	8
9.1.2.1	Descripción.....	8
9.1.2.2	Capacidades.....	8
9.1.2.3	Costos de inversión	8
9.1.2.4	Costos de O&M	9
9.1.2.5	Financiación.....	9
9.1.2.6	Implementación	9
9.1.2.7	Mantenimiento	9
9.1.2.8	Restricciones ambientales	9
9.2	IDENTIFICACION DE ESTUDIOS SOBRE ENERGÍA EÓLICA EN COLOMBIA.....	9
9.3	EVALUACIÓN DEL RECURSO ENERGÍA EÓLICA EN COLOMBIA.....	14
9.3.1	Información primaria.....	14
9.3.2	Estudios 14	
9.4	PROYECTOS CON ENERGIA EOLICA EJECUTADOS O POR EJECUTAR EN COLOMBIA	18
9.5	CARACTERISTICAS TÉCNICAS, COSTOS Y PROVEEDORES NACIONALES DE EQUIPOS EOLICOS.....	18
9.5.1	Aerogeneradores	18
9.5.2	Aerobombas	19
9.6	BIBLIOGRAFÍA.....	22

LISTA DE TABLAS

TABLA 9 - 1 Estudios / documentos sobre Energía Eólica en Colombia 11

TABLA 9 - 2 Potencial de la energía eólica en algunas localidades de la Costa Atlántica calculada a 10 m de altura (Ver Ref. 1)..... 15

TABLA 9 - 3 Energía y potencia eólica en la Costa Pacífica (a 10 m de altura)..... 17

TABLA 9 - 4 Potencia y energía eólica en Leticia (Amazonas) (a 10 m de altura) 17

TABLA 9 - 5 Características de aerogeneradores comercializados en Colombia 19

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 9 - 1 Esquema de un aerogenerador..... 5

FIGURA 9 - 2 Mapa de isovientos de Colombia (velocidad media anual en m/s) (S. Gómez)..... 16

9. ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es la energía de las corrientes de aire o viento. El objetivo de este capítulo es describir las principales tecnologías disponibles aplicables para el sector de las ZNI, identificar los estudios realizados en el país tanto sobre la tecnología como sobre su potencial y presentar los principales proyectos realizados en el país.

9.1 CATÁLOGO DE TECNOLOGÍA EÓLICA

Las dos principales aplicaciones desarrolladas son la generación de energía eléctrica con aerogeneradores y el bombeo de agua con aerobombas. Aunque existen otras posibles aplicaciones, como la refrigeración empleando como fuente de energía la energía eólica, se pueden considerar aún en desarrollo.

Este catálogo muestra principalmente la tecnología disponible en el país, ya sea esta desarrollada localmente o comercializada por empresas nacionales. La oferta de tecnología internacional es muchísima más amplia.

9.1.1 Aerogeneradores

9.1.1.1 Descripción

Los aerogeneradores pueden suministrar corriente directa y/o corriente alterna en potencias que van desde las decenas de vatios hasta los megavatios.

La FIGURA 9 - 1 muestra esquemáticamente un aerogenerador. El elemento principal de un aerogenerador es el tren de potencia que consiste del rotor, el eje, caja de velocidades, freno y generador. Algunos fabricantes han introducido nuevos conceptos en los que se ha suprimido la caja de velocidades. La función del rotor es transformar la energía cinética del viento en energía mecánica, la caja de velocidades aumentar el número de revoluciones del rotor hasta el nivel apropiado requerido por el generador eléctrico acoplado y el freno tiene funciones de regulación, control y seguridad.

Los aerogeneradores se pueden emplear para el suministro de energía en sistemas aislados, híbridos o interconectados a la red. Los sistemas aislados o híbridos por ejemplo con plantas diesel, están disponibles en el mercado en capacidades de hasta algunos MW mientras que los sistemas interconectados a la red, en los llamados parques eólicos, las capacidades son generalmente de decenas de MW.

Los aerogeneradores tienen una curva característica de generación que depende de la velocidad del viento, esto es, para velocidades menores de la velocidad de arranque (del orden de 5 m/s o un poco menos), el aerogenerador no produce potencia. Para velocidades hasta la velocidad de potencia nominal (aproximadamente 10 m/s), la potencia alcanza la potencia nominal, la cual se mantiene hasta la velocidad de parada, del orden de 20 m/s. Estas características dependen del tipo del aerogenerador y la tecnología del fabricante.

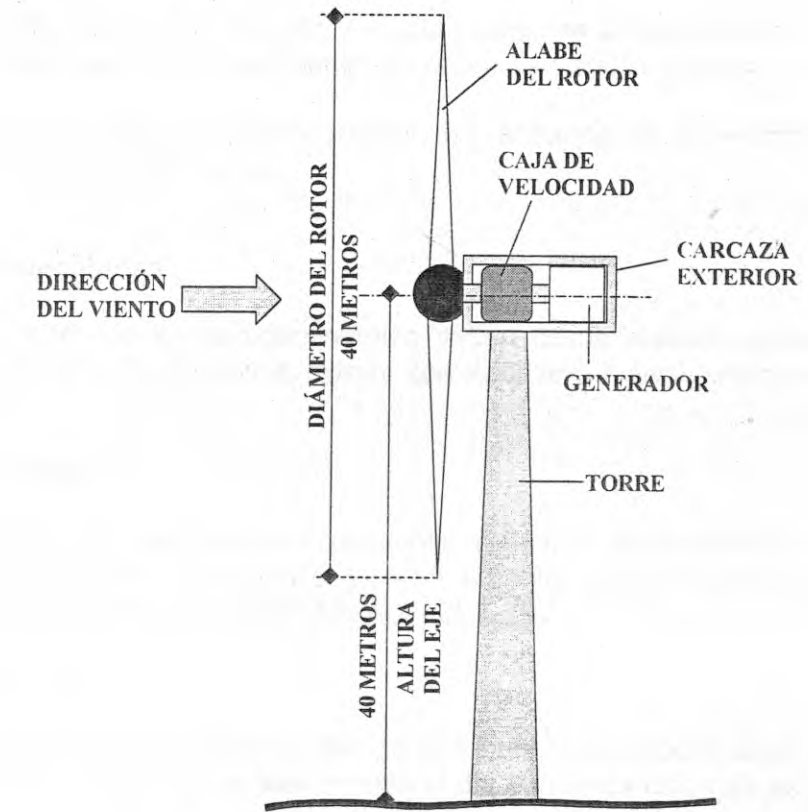


FIGURA 9 - 1 Esquema de un aerogenerador

Una de las principales ventajas de los aerogeneradores es su flexibilidad para el diseño e instalación derivada de su modularidad. La cual también facilita la reposición de partes y el mantenimiento.

En sistemas no interconectados a la red, por ejemplo, pequeños sistemas aislados, para asegurar el suministro continuo de energía se requieren baterías de plomo-ácido, calcio-plomo o níquel-cadmio.

Los sistemas eólicos tienen las siguientes características:

- No requieren combustible
- Requieren poco mantenimiento
- Fácil operación (sistemas no atendidos)
- Larga vida útil (más de 15 años, excepto cuando se utilizan baterías automotrices en los sistemas aislados que tienen del orden de 4 años o menos).

Como se puede observar de lo anterior, los sistemas de generación eólica son apropiados para zonas remotas.

9.1.1.2 Capacidades

Las capacidades de los aerogeneradores varían desde algunos centenares de W hasta 1.5 a 2 MW. En Colombia, existen aplicaciones con aerogeneradores de 300 a 500W.

• Aplicaciones

En Colombia, solo hay algunos pequeños sistemas demostrativos para cargar baterías a 12 VDC, con los cuales se pueden alimentar pequeños equipos domésticos como en el caso de los SFV (Ver TABLA 9 - 2).

• Limitaciones

- La principal limitación de estos aerogeneradores es la disponibilidad del viento en la localidad, la cual es variable durante el día y además depende de la época del año.
- Para demandas elevadas, por ejemplo, del orden de decenas de kWh al día, los aerogeneradores en sistemas aislados deberían ser considerados y evaluados en sistemas híbridos (diesel + eólica).

• Tecnología Disponible Localmente

Actualmente hay en el país algunos proveedores de aerogeneradores (ver adelante TABLA 9 - 5). Los sistemas que suministran son totalmente importados y el resto del sistema, baterías, lámparas y algunos electrodomésticos que suministran son con frecuencia de fabricación nacional.

9.1.1.3 Costos

• Equipo e Instalación

El costo de los aerogeneradores se encuentra entre US\$3 y US\$4 por W para pequeños aerogeneradores de hasta 4 kW.

Los aerogeneradores de mayor capacidad, en el rango de los centenares de kW y MW tienen costos FOB puerto extranjero entre US\$800 y US\$900 por kW.(Ver TABLA 9 - 5).

El precio anterior no incluye el costo de instalación.

• Reparaciones y Reemplazos de Partes

La vida útil de los aerogeneradores se considera superior a los 10 años. La experiencia sobre el particular en Colombia es pobre.

• Operación y Mantenimiento

Se pueden estimar del orden del 10% anual, según comunicación de los proveedores.

9.1.1.4 Financiación

No existen programas de financiación para estos equipos.

9.1.1.5 Implementación

Los pequeños aerogeneradores son de muy fácil instalación. A pesar de lo anterior, no existe experiencia en Colombia con proyectos de suministro de energía con aerogeneradores.

9.1.1.6 Mantenimiento

Los aerogeneradores requieren muy poco mantenimiento. Se limita a la revisión del ajuste de los vientos y otras partes sometidas a la acción del viento y la vibración. En sistemas con baterías, se requiere una rutina para el llenado de los vasos de las baterías.

9.1.1.7 Restricciones ambientales

Los aerogeneradores son amigables al medio ambiente. El único elemento que requiere de manejo apropiado es la batería de plomo, que al final de su vida útil debería ser manejada su disposición de manera adecuada, eliminando prácticas impropias.

9.1.2 Aerobombas

9.1.2.1 Descripción

Las aerobombas o molinos de viento para el bombeo de agua son equipos empleados tradicionalmente en el sector rural colombiano para el bombeo de agua.

El equipo consiste de un tren de potencia montado sobre una torre de altura apropiada, el rotor compuesto por palas múltiples y una bomba mecánica accionada por el eje del tren.

La capacidad de bombeo de un molino de estos depende del régimen de viento en la localidad, la altura de bombeo (profundidad del pozo mas altura del tanque de almacenamiento) y las características del rotor y la bomba.

9.1.2.2 Capacidades

Estos molinos de producen con diferentes capacidades de bombeo. En el mercado colombiano se consiguen esencialmente molinos Gaviotas, Jober e Indusierra, todos ellos de fabricación nacional.

Las capacidades de las aerobombas se dan en términos de la cabeza y la capacidad de bombeo. Las aerobombas suministradas localmente tienen capacidades entre 10 y 36 m³ para cabezas entre 10 y 50 m.

9.1.2.3 Costos de inversión

Las aerobombas tienen costos que varían localmente entre \$1'100.000 para el molino Gaviotas y \$3'200.000 para la de mayor capacidad de Molinos Jober. (Precios sin IVA)

9.1.2.4 Costos de O&M

De acuerdo a la información de los proveedores, estos pueden estimarse anualmente en 10% de la inversión inicial en la aerobomba (excluyendo los costos del pozo y del tanque de almacenamiento).

9.1.2.5 Financiación

No existen líneas de financiación.

9.1.2.6 Implementación

Existe actualmente personal con experiencia en su instalación, que trabaja con o para los proveedores.

9.1.2.7 Mantenimiento

El mantenimiento del sistema mecánico requiere de experiencia en el campo de la mecánica. Las empresas nacionales tienen la capacidad de prestar este servicio.

9.1.2.8 Restricciones ambientales

Los molinos de viento son ambientalmente amigables.

9.2 IDENTIFICACION DE ESTUDIOS SOBRE ENERGÍA EÓLICA EN COLOMBIA

Esta sección lista los estudios encontrados sobre energía eólica llevados a cabo en el país y teniendo en cuenta las particularidades del mismo (ver TABLA 9 - 1).

Los estudios tienen las siguientes características generales:

- Evaluación del recurso. Se trata de estudios regionales y no hay uno de carácter nacional. Los estudios difieren también en sus metodologías.
- Estudios sobre aerogeneradores. Se trata de estudios que van orientados hacia el desarrollo de prototipos. Ninguno ha concluido en la manufactura de producto alguno y en su comercialización.

- Estudios sobre aerobombas. Excepción hecha de los estudios realizados por o para el Centro Las Gaviotas y Molinos Jober, que han llevado a productos comerciales, los demás son de carácter académico o informes de consultoría.

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 9 - 1 Estudios / documentos sobre Energía Eólica en Colombia

TIPO DOC	NOMBRE AUTORES	FECHA PUBLICACION	TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO*	TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	NOMBRE EDITORES	VOLUMEN*	CIUDAD, ESTADO, NACION : EDITORIAL O INSTITUCION	UBICACION DOCUMENTO	CONTRATISTA	CONTRATANTE
Estudio		Abril 1999	Aprovechamiento de energía eólica en la Alta Guajira				Medellin, Colombia; EEPPM	BGES		
Estudio		Abril 1999	Estudios de generación de energía eólica				Medellin, Colombia; EEPPM	BGES		
Estudio		Octubre 1998	Evaluación de Centrales Eólicas				Medellin, Colombia; EEPPM	BGES		
Informe	Rodriguez, H. et al	Julio 1997		Generación Eólica			Bogotá, Colombia; Aene Consult	BGES	Aene	Isagen
Tesis	Morales, R	Junio 1997		Evaluación de la aerobomba Gaviotas MVZE			Bogotá, Colombia Uniaendes	BUAND		
	Rodriguez, H.	Dic-96		"Energía Eólica en la Costa Pacífica Colombiana y en algunas localidades de la Amazonia"			Bogotá, Colombia; Consultores Unidos - Consultoria Colombiana	BCC	ICEL	Consultoria Colombiana
Tesis	Vasquez, C	Julio 1994		Aerogenerador acoplado a una bomba eléctrica			Bogotá, Colombia Uniaendes	BUAND		
Tesis	Bernal, J	Junio 1994		Reacondicionamiento del aerogenerador FIVA			Bogotá, Colombia Uniaendes	BUAND		
Artículo Revista	Rodriguez Devis, J.M.	Octubre 1993	"El viento, una alternativa energética real".	Innovación y Ciencia.		2(4)35	Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia.	BGES		
Libro	Ibáñez, C	Agosto 1993		Aerogenerador			Bogotá, Colombia CIFI, Uniaendes	BUAND		
Tesis	Boada, E	Junio 1993		Diseño y Construcción de un aerogenerador de 2.25 metros de diámetro			Bogotá, Colombia Uniaendes	BUAND		
Tesis	Delgado, G	Junio 1993		Propuesta de un generador para su implementación rural en Colombia			Bogotá, Colombia Uniaendes	BUAND		
Tesis	Maleus, L	Junio 1991		Instalación de una estación de pruebas para sistemas de conservación de la energía eólica			Bogotá, Colombia Uniaendes	BUAND		
Tesis	Granados, M	Junio 1991		Estudio y evaluación técnica de un molino Jober			Bogotá, Colombia Uniaendes	BUAND		
Libro	Pirillia, A	Abril 1991		La energía eólica			Bogotá, Colombia Confedegas	BUAND		

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 9 - 1 Continuación

TIPO DOC	NOMBRE AUTORES	FECHA PUBLICACION	TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO"	TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	NOMBRE EDITORES	VOLUMEN*	CIUDAD, ESTADO, NACION : EDITORIAL O INSTITUCION	UBICACION DOCUMENTO	CONTRATISTA	CONTRATANTE
Tesis	Olave, J	Enero 1991		Diseño y Construcción de un control automático para carga de baterías de plomo-ácido mediante energía eólica			Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	Alvarez, C	Mayo 1990		Adecuación, montaje y pruebas de un molino de viento para generación de energía eléctrica			Unianides Bogotá, Colombia	BUAND		
Informe	Rodríguez, H.	Enero 1989		Evaluación del Potencial Eólico de la Costa Atlántica			Barranquilla, Colombia: PESENCA	BGES		
Tesis	Maleus, L	Agosto 1988		Operación y prueba de un eoligenerador de baja potencia			Bogotá, Colombia Unianides	BUAND		
Tesis	Venckelleer	Agosto 1987		Mecanismo de carrera variable para aerobombas			Bogotá, Colombia Unianides	BUAND		
Tesis	Tamara, C	Junio 1987		Diseño de un programa de pruebas para sistemas de conversión de energía eólica			Bogotá, Colombia Unianides	BUAND		
Tesis	Munera, A	Mayo 1987		Diseño y Construcción de un eoligenerador de baja potencia			Bogotá, Colombia Unianides	BUAND		
Tesis	Abadia, D	Junio 1986		Mecanismos de carrera variable para molinos de viento en bombeo de agua			Unianides Aracuaara, Colombia	BICA		
Informe	ICA	Abril 1986		Evaluación de potencial eólico y solar de la Costa Atlántica			ICA Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	Carter, S Balmaceda, J	Marzo 1986		Diseño y Construcción de un generador eólico de baja potencia			Bogotá, Colombia Unianides	BUAND		
Libro	Rodríguez, H.	Enero 1986		Situación energética de la Costa Atlántica: Energía eólica, evaluación potencial eólico de la Costa Atlántica		13 ^v	Bogotá, Colombia PESENCA	BICA		
Tesis	Lugo, R	Enero 1985		Evaluación del recurso eólico			Bogotá, Colombia Unianides	BUAND		
Tesis	Grajales, W Racines, L	Enero 1985		Utilización de la energía solar y eólica en el secado de la semilla de frijol a nivel rural			Cali, Colombia Unal (Cali- Palmira)	BICA		
Tesis	Nichols, M	Junio 1983		Análisis y experimentación de un molino con aletas en las aspas			Bogotá, Colombia Unianides	BUAND		
				Estudio para el desarrollo energético de los territorios nacionales. Evaluación del potencial de energía eólica en cuatro estaciones de la Orinoquia.			Bogotá, Colombia	BICEL		
Informe final	Rodríguez, H.	Mayo 1983		Atlas eólico preliminar de América Latina			Bogotá, Colombia	BICEL		
Atlas	OLADE	Mayo 1983					Quito, Ecuador	BICEL		

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 9 - 1 Continuación

TIPO DOC	NOMBRE AUTORES	FECHA PUBLICACION	TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO"	TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	NOMBRE EDITORES	VOLUMEN*	CIUDAD, ESTADO, NACION : EDITORIAL O INSTITUCION	UBICACION DOCUMENTO	CONTRATISTA	CONTRATANTE
Informe	Alarcon, A.	Febrero 1983	Diseño de Construcción de un generador de inducción para acople a un molino de viento, por torres				Manizales, Colombia	BICEL		
Informe	Rodriguez, H.	Enero 1983	Evaluación del Potencial Eólico en cuatro estaciones de la Orinoquia y Amazonia				Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Energía Eléctrica ICEL	BGES		
Informe	Rodriguez, H.	Enero 1983	Evaluación del Potencial Solar en la Orinoquia y Amazonia				Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Energía Eléctrica ICEL	BGES		
Atlas	Ajello, J.L.; Valencia, J.I.; Caldera Muñoz, E. ed. al.	Enero 1983	Atlas Eólico Preliminar de América Latina y el Caribe.				Programa regional de energía Eólica de OLADE.	BGES		
	Ajello, J.; et.al.	Enero 1983	Atlas Eólico Preliminar de América Latina y el Caribe				Quito, Ecuador: OLADE	BGES		
Informe	ICEL	Agosto 1982	Labores desarrolladas y programa futuro de la división de fuentes alternativas de energía				Bogotá, Colombia	BICEL		
Tesis	Ustanz, M.	Agosto 1980	Diseño y fabricación de un molino de viento para mover un refrigerador				Bogotá, Colombia	BUAND		
Memorias	Gonzalez, C.	Junio 1980	Aprovechamiento de energía eólica en Colombia				Unianandes Bogotá, Colombia	ICA	BICA	
Tesis	Lecompte, A.	Mayo 1979	El regulador de Watt para molinos de viento en vaso variable				Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	Calderón, E.	Julio 1978	Molino de venturi				Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	Rojas, L.	Noviembre 1977	Bombas de tubos rotantes sin sellos				Unianandes Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	Halliday, G.	Julio 1977	Utilización del viento para la producción de hidrogeno como combustible				Unianandes Bogotá, Colombia	BUAND		
Libro	Zapp, J. Lobo-Guerrero, J.	Diciembre 1975	Aprovechamiento de energía eólica por medio de velas				Unianandes Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	González, C.	Agosto 1975	Obtención de energía eólica por medio de velas rotatorias				Unianandes Bogotá, Colombia	BUAND		
Tesis	Roa, C.	Enero 1974	Geometría y características de un molino de viento por computación				Unianandes Bogotá, Colombia	BUAND		
Boletín técnico	Gomez, J.	Junio 1973	Molino de viento, descripción, planes y montaje				Unianandes Bogotá, Colombia	BICA		
	Rincón, C.		Evaluación general de un molino de viento				Unianandes Bogotá, Colombia	BICA		
Manual	Centro Las Gaviotas		Molino de viento tropical Gaviotas doble efecto: Manual de instalación, mantenimiento y manejo del molino MV2E				Bogotá, Colombia	BICA		
Informe			Bomba por flujo inercial de desplazamiento positivo mediante zarandeo				Centro las Gaviotas Bogotá, Colombia; Congreso Nal de Ing. Mecánica, Eléctrica y ramas afines	BICEL		

9.3 EVALUACIÓN DEL RECURSO ENERGÍA EÓLICA EN COLOMBIA

9.3.1 Información primaria

La información primaria empleada en todos estos estudios ha sido tomada por el HIMAT y desde la transformación de este instituto en IDEAM por esta institución. El IDEAM tiene la competencia de recopilar la información de todas las estaciones nacionales y mantener una base de datos sobre este recurso en el país. Adicionalmente a la red del IDEAM se suma la de los aeropuertos, red mantenida por la Aeronáutica Civil.

Las variables medidas son la velocidad del viento y su dirección (simultáneamente, en la mayoría de los casos). La velocidad del viento se mide con anemómetros de cazoletas. Los anemómetros generalmente empleados son los de jardín, a una altura de 2 m sobre la superficie, y los integrados a los anemocinemógrafos, que siguiendo las recomendaciones de la WMO deben colocarse a 10 m sobre la superficie. En los aeropuertos se suelen ubicar a alturas superiores. La dirección del viento generalmente se mide con el mismo anemocinemógrafo.

Estos instrumentos han sido instalados en el pasado con fines agrometeorológicos y distan, sobre todo en el procesamiento de la información y en menor grado en la adquisición de datos, de los modernos instrumentos empleados para la evaluación del recurso eólico. La instrumentación es insuficiente para tener un panorama general del potencial de los vientos en el país.

9.3.2 Estudios

La energía eólica ha sido evaluada para la Costa Atlántica¹ y para la Costa Pacífica y algunas localidades de la Orinoquía y Amazonía².

El potencial de la energía eólica se evalúa como el flujo de energía cinética del aire que atraviesa normalmente una superficie de 1 m² colocada a la altura de 10 m. La energía eólica es extraordinariamente localizada y por consiguiente los resultados son válidos principalmente en la localidad donde se realizan las mediciones. Los resultados para

¹ Rodríguez M., H. SITUACION ENERGETICA DE LA COSTA ATLANTICA - Vol. 13 -Energía Eólica - 2a Edición corregida. Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica (1989) Barranquilla.

² Rodríguez M., H. Energía Eólica en Costa Pacífica y en algunas localidades de la Amazonía Consultores Unidos - Consultoría Colombiana para el ICEL (1996) Bogotá

algunas localidades de la Costa Atlántica, que posee el potencial más elevado, se presentan en la TABLA 9 - 2.

TABLA 9 - 2 Potencial de la energía eólica en algunas localidades de la Costa Atlántica calculada a 10 m de altura (Ver Ref. 1).

Localidad	Energía eólica (kWh/m ² /año)
Cabo de la Vela	3043
San Andrés	2182
Riohacha	829
Soledad	633
Cartagena	587
Valledupar	502

De acuerdo con este estudio, el mayor potencial se encuentra en la zona costera de la península de la Guajira con densidades de potencias medias anuales de 420 W/m² (energía media anual a 10 m de altura de 3.043 kWh/m²) en Cabo de la Vela, y San Andrés y Providencia entre 344 y 397 W/m² (energías medias anuales a 10 m de altura de 2.182 y 1.727 kWh/m², respectivamente)

Un estudio posterior realizado en la Universidad de Reading³(Reino Unido) y basado en información del periodo 1973-1975 procesada por A. Pinilla⁴, elaboró una distribución de velocidades medias del viento en el país (FIGURA 9 - 2) indicando que en la península de la Guajira se tienen velocidades medias superiores a 6 m/s y en San Andrés, 5.5 m/s. Un análisis posterior de esta misma información concluye en que la zona más conveniente para aerogeneración en gran escala empleando aerogeneradores en parques eólicos es la península de La Guajira y San Andrés, y con pequeños aerogeneradores, también en San Andrés y en zonas aisladas cercanas a Valledupar y Cúcuta, entre otras.

En el resto del país, el potencial es inferior a 500 kWh/m²/año. Sin embargo, el potencial podría ser también alto en otros lugares muy localizados.

Los estudios realizados con la exigua información disponible en la época de anteriormente mencionados indican que el potencial en la Costa Pacífica y en la Orinoquía y Amazonía es supremamente reducido, pero la información adolece de serias deficiencias.

³ Gómez, S. Systems Approach to the Design of Wind Energy Electricity Generators for Small Isolated Communities, Ph.D. Thesis, Reading University (1993) Reading, UK.

⁴ Pinilla, A. Wind Powered System in Colombia, Ph.D. Thesis, Reading University (1985) Reading, UK

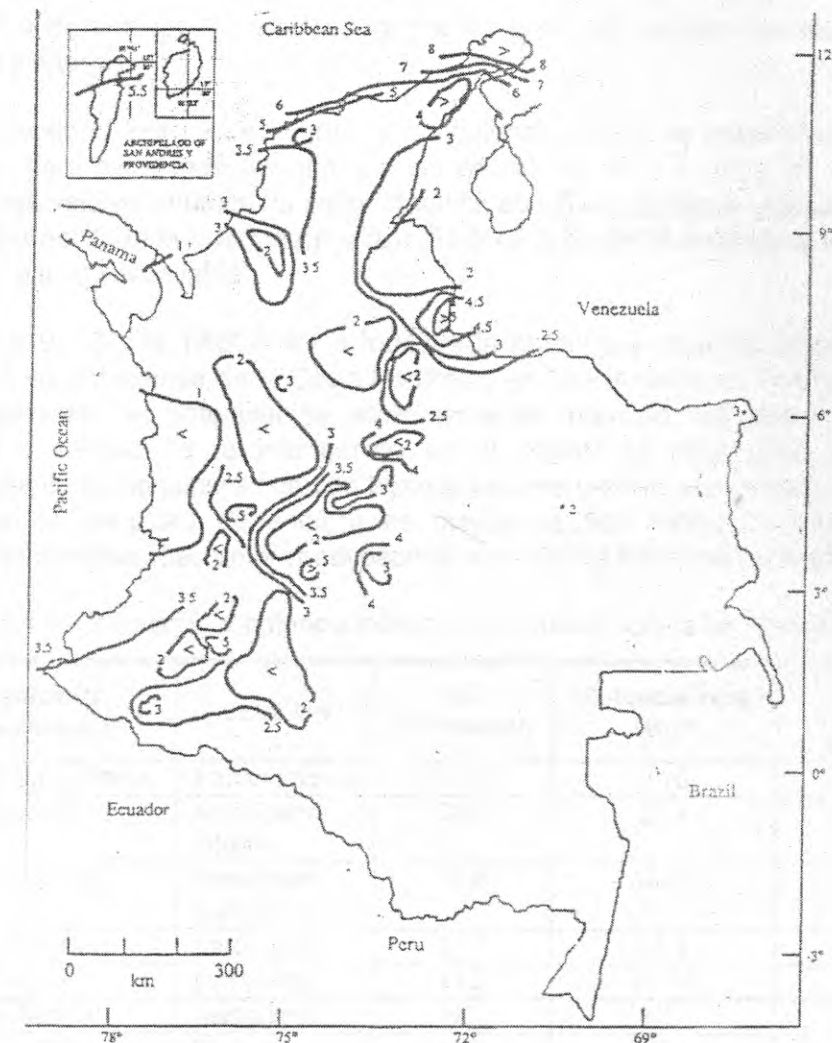


FIGURA 9 - 2 Mapa de isovientos de Colombia (velocidad media anual en m/s) (S. Gómez)

La información primaria fue tomada por el antiguo HIMAT en la Costa Pacifica y en el Departamento del Amazonas y otra mas reciente, (velocidades promedio mensuales), por el IDEAM. Desafortunadamente, la información presenta serias deficiencias: Se trata de información incompleta (solo algunos meses) o no está sistematizada y la cantidad de información disponible varía de estación en estación.

Las distribuciones experimentales (o de los datos primarios) de las velocidades medias horarias del viento ajustan muy bien a una distribución de Weibull y por consiguiente esta se puede emplear para estudiar el comportamiento del viento en la localidad. Sin embargo, cuando no fue posible determinar los factores de Weibull, se

procedió a determinar la velocidad promedio y de allí calcular las densidades de potencia y energía.

La disponibilidad teórica de energía y de potencia eólica se determinaron en cada estación para cada mes del año y a las alturas de 10, 15, 20 y 25 m, así como también los valores anuales de estas magnitudes. (Es importante recordar que no es posible extraer toda la energía del aire). (Esta cifra es efectivamente la energía en el viento y no la aprovechable).

La TABLA 9 - 3 y la TABLA 9 - 4 muestra la potencia y energía eólica a 10 m de altura. En las estaciones de la Costa Pacífica y en Leticia respectivamente. Como se puede observar, el potencial es supremamente reducido, así como también, la cantidad y calidad de la información en la región es muy poca y deficiente. Generalmente se considera que son buenos lugares para la aerogeneración aquellos en donde la densidad de energía es mayor de 500 kWh/m². Ninguna de las estaciones consideradas en la costa pacífica o en Leticia tiene estos niveles.

TABLA 9 - 3 Energía y potencia eólica en la Costa Pacífica (a 10 m de altura)

Municipio/ Departamento	Estación	% Información	Potencia edia W/m ²	Energía Anual kWh/ m ²
Bahía Solano/Choco	Panamericana	33.15	0.70	0.92
Quibdó/Choco	Aeropuerto Quibdo	58.0	21.4	45.10
Condoto/Choco	Aeropuerto Condoto	10.8	16.47	1.33
B/ventura/Valle	Aeropuerto	31.6	43.4	50.4
Guapi/Cauca	Aeropuerto	11.2	41.64	2.46
Tumaco/Nariño	Aeropuerto	NC	NC	NC
Barbacoas/Nariño	Barbacoas	56.7	0.33	1.06
Tumaco/Nariño	Granja El Mira	57.4	9.7	38.4

TABLA 9 - 4 Potencia y energía eólica en Leticia (Amazonas) (a 10 m de altura)

Municipio/ Departamento	Estación	% Información	Potencia media W/m ²	Energía Anual kWh/ m ²
Leticia/ Amazonas	Apto Vásquez Cobo	81.3	11.8	63.1

A manera de comparación, la estación de la Costa Atlántica con mejor potencial es Cabo de la Vela, con 3.043 kWh/m² año y un promedio anual de 419.6 W/m², lo cual es un excelente potencial eólico, más aún si se tiene en cuenta la elevada velocidad media y la ausencia de horas de calma.

9.4 PROYECTOS CON ENERGÍA EOLICA EJECUTADOS O POR EJECUTAR EN COLOMBIA

La posibilidad de utilización de la energía eólica en Colombia no ha sido debidamente dimensionado en sus posibilidades ya que el recurso eólico no ha sido debidamente evaluado en el territorio nacional. PESENCA durante los ochenta realizó una evaluación del recurso en la Costa Atlántica e instaló equipos de medición en Providencia, Turipaná (Córdoba) y Cabo de la Vela (Guajira). Pero, sin temor a equivocarse, se puede afirmar que no han existido programas estructurados que promuevan el desarrollo de este recurso energético.

Durante la década de los ochenta y noventa, el Centro Las Gaviotas promovió el empleo de sus conocidos molinos de viento en el sector rural. También empresas como Molinos Jobber han permanecido desde esa época en el mercado.

Las universidades de Los Andes y Nacional, ambas en Bogotá, han adelantado la Investigación y Desarrollo, la primera sobretodo en aerobombas, la segunda en aerogeneración. La Universidad Nacional llevó a cabo un proyecto con el SENA a fin de desarrollar un aerogenerador de aproximadamente 2 kW apropiado para la Guajira. Este proyecto sin embargo se quedó con algún par de prototipos.

Más recientemente ha sido claro el interés de algunas empresas en evaluar el potencial eólico en la Guajira, con la intención de generar energía eléctrica a pequeña escala para las comunidades aisladas de esta región del país y la generación en bloque para el Sistema Interconectado Nacional.

9.5 CARACTERISTICAS TÉCNICAS, COSTOS Y PROVEEDORES NACIONALES DE EQUIPOS EOLICOS

Este directorio tiene como propósito listar los proveedores colombianos y no pretende ser exhaustiva. La información corresponde a las ventas minoristas.

La información se presenta actualizada a febrero del 2000 y la tasa de cambio TRM es \$1950 / US\$.

9.5.1 Aerogeneradores

Los aerogeneradores disponibles son en todos los casos del orden de 1 kW e inferiores. El equipo es importado, con excepción de la torre y las baterías.

9.5.2 Aerobombas

Los proveedores nacionales son Gaviotas, Indusierra e Industrias Jober. El primero colocó miles de ejemplares durante la década pasada no solamente en Colombia sino también en el exterior. Molinos Jober vendió mas de 3.000 en la década pasada, principalmente para la Guajira, Cali, Cúcuta, Venezuela (región de San Cristóbal).

TABLA 9 - 5 Características de aerogeneradores comercializados en Colombia

EQUIPOS / SUMINISTRADOR	SWWP	WPT
Modelo	AIR	Whisper 600
Marca		
Origen	USA	USA
VELOCIDAD OPERACION		
Velocidad arranque	6 mph	7 mph
Velocidad potencia nominal	28 mph	25 mph
Velocidad acc. gobernador	48 mph	28 mph
MECANICAS		
Tipo	eje horizontal, 3 palas	eje horizontal, 2 palas
Diámetro rotor	3.75 pies	7 pies
Altura torre		
Peso aerogenerador	13 lbs	40 lbs
Peso torre		
Protección sobrevelocidad	Freno dinámico	Freno dinámico
Transmisión	directa	directa
GENERADOR		
Potencia	300 W	Generador trifásico
Tensión	12 o 24 VDC	600 W
		12 o 24 VDC
COSTOS		
Valor	US \$550 FOB	US \$1190 FOB
Impuestos	No IVA	No IVA
Instalación incluida	No	No
Transporte equipo	No	No
INFORMACION		
	Mol Viento Gen	Acquire
	Eléctrica	Aerogeneradores
Contactar		
Teléfono	8609575	3689505
Fax		
Dirección		
Ciudad	Bogotá	Bogotá
e-mail		

TABLA 9 - 5 Continuación

EQUIPOS / SUMINISTRADOR	GAVIOTAS	MOLINOS JOBER
Modelo Marca Origen	MV2E Gaviotas Colombia	JB -C CORRIENTE Jober Colombia
VELOCIDAD OPERACION Velocidad arranque Velocidad potencia nominal Velocidad parada		
MECANICAS Tipo Diámetro rotor Altura torre Peso rotor, cabezal, transmisión Peso bomba Peso torre Protección sobrevelocidad Transmisión	eje horizontal, 8 palas 1.9 m directa Bomba pistón, acción	eje horizontal, 10 aspas 2.5 m 6 m y 9 m Aleta reguladora velocidad Directa Camisa acero inox 2 1/2"
BOMBA RENDIMIENTO Cabeza	doble, diam nom 150mm 10 a 12 m ³ /día, 10 m cabeza, viento fuerte 10 m	600 l/h 20 m
COSTOS Valor Impuestos Instalación incluida Transporte equipo	Col \$1.100.000 No IVA No	\$2.200.000 y \$2.500.000 torre 6 y 9 m respectiv. No IVA incluido \$200.000 Incluido anterior valor
INFORMACION Contactar Teléfono Fax Dirección Ciudad e-mail	Centro Las Gaviotas Paolo Lugari/Inés Muñoz (1) 286 2876 (1) Av. Circunvalar # 20-90 Bogotá	Industrias Jober Jorge A. Castro (098) 760 3887 Anterior Cl 20 #30-82 Duitama

TABLA 9 - 5 Continuación

EQUIPOS / SUMINISTRADOR	MOLINOS JOBER	MOLINOS JOBER
Modelo Marca Origen	JB -CS SUPER CABEZA Jober Colombia	JB -SR SUPER ROTOR Jober Colombia
VELOCIDAD OPERACION Velocidad arranque Velocidad potencia nominal Velocidad parada		
MECANICAS Tipo Diámetro rotor Altura torre Peso rotor, cabezal, transmisión Peso bomba Peso torre Protección sobrevelocidad Transmisión	eje horizontal, 16 aspas 2.0 m 9 m y 12 m Aleta reguladora velocidad Directa Camisa acero inox 2	eje horizontal, 18 aspa 3.4 m 9 m y 12 m Aleta reguladora velocidad Directa Camisa acero inox 3 o
BOMBA	1/2" o 3" 800 l/h	4" 1500 l/h
RENDIMIENTO Cabeza	30 m	50 m
COSTOS Valor Impuestos Instalación incluida Transporte equipo	\$2.700.000 y \$3.00.000 torre 9 y 12 m respectiv. No IVA incluido \$200.000 Incluido anterior valor	\$2.900.000 y \$3.200.000 torre 9 y 1 m respectiv. No IVA incluido \$200.000 Incluido anterior valor
INFORMACION Contactar Teléfono Fax Dirección Ciudad e-mail	Industrias Jober Jorge A. Castro (098) 760 3887 Anterior Cl 20 #30-82 Duitama	Industrias Jober Jorge A. Castro (098) 760 3887 Anterior Cl 20 #30-82 Duitama

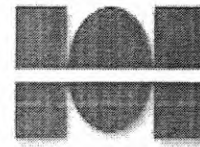
9.6 BIBLIOGRAFÍA

GÓMEZ, S. Systems Approach to the Design of Wind Energy Electricity Generators for Small Isolated Communities UK: Ph.D. Thesis, Reading University, 1.993.

PINILLA, A. Wind Powered System in Colombia. UK, Ph.D. Thesis, Reading University, 1.985

RODRÍGUEZ, H. Energía Eólica en Costa Pacífica y en algunas localidades de la Amazonía. Bogotá: Consultores Unidos - Consultoría Colombiana para el ICEL, 1.996

RODRÍGUEZ, H. Situación Energetica De La Costa Atlantica - Vol. 13 -Energía Eólica - 2a Edición corregida. Barranquilla: PESENCA 1.989.



CREG



**ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN ESTRUCTURAL,
INSTITUCIONAL Y FINANCIERO, QUE PERMITA EL
ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS, CON PARTICIPACIÓN DE LAS
COMUNIDADES Y EL SECTOR PRIVADO**

LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA

**TOMO II
OFERTA ENERGÉTICA**

**CAPITULO 10
LA ENERGÍA DE LA BIOMASA**

**DOCUMENTO N° : ANC-375-09
REVISIÓN 00**

Santa Fe de Bogotá, 5 de mayo de 2000



Gler Bailly



TABLA DE CONTENIDO

10. ENERGIA DE LA BIOMASA 5

10.1 CATÁLOGO DE TECNOLOGÍA ENERGÉTICA CON BIOMASA..... 6

10.1.1 Gasificadores..... 6

10.1.1.1 Descripción del sistema 6

10.1.1.2 Aplicaciones..... 11

10.1.1.3 Capacidades..... 11

10.1.1.4 Costos de inversión 12

10.1.1.5 Costos de operación y mantenimiento (O&M) 13

10.1.1.6 Financiación..... 13

10.1.1.7 Implementación 13

10.1.1.8 Mantenimiento 14

10.1.1.9 Restricciones ambientales 14

10.1.2 Plantas de biogás 15

10.1.2.1 Descripción del sistema 15

10.1.2.2 Aplicaciones..... 18

10.1.2.3 Capacidades..... 18

10.1.2.4 Costos de inversión 19

10.1.2.5 Costos de operación y mantenimiento (O&M) 19

10.1.2.6 Financiación..... 19

10.1.2.7 Implementación 20

10.1.2.8 Mantenimiento 20

10.1.2.9 Restricciones ambientales 20

10.2 IDENTIFICACION DE ESTUDIOS SOBRE LA ENERGIA DE LA BIOMASA EN COLOMBIA..... 20

10.3 EVALUACIÓN DEL RECURSO BIOMASA 23

10.3.1 Información primaria 23

10.3.2 Estudios 23

10.4 PROYECTOS CON ENERGÍA DE LA BIOMASA REALIZADOS O POR REALIZAR EN COLOMBIA 24

10.4.1 Desarrollo pasado..... 24

10.4.1.1 Estufas mejoradas 25

10.4.1.2 Mejoramiento de hornillas en la industria panelera 25

10.4.1.3 Utilización del biogás de rellenos sanitarios 25

10.4.1.4 Gasificadores..... 25

10.4.1.5 Plantas de biogás 26

10.4.1.6 Cascarilla de arroz..... 26

10.4.2 Desarrollo actual..... 27

10.4.2.1 Sistema integral de CIPAV 27

10.4.2.2 Proyecto dendroenergético de Calamar-Guaviare 28

10.4.2.3 Generación de potencia a partir de desechos agroindustriales..... 29

LISTA DE TABLAS

TABLA 10 - 1 Composición del gas.....	10
TABLA 10 - 2 Cifras típicas para gasificadores	10
TABLA 10 - 3 Composición del biogás	17
TABLA 10 - 4 Características de los diferentes tipos de plantas de biogás	18
TABLA 10 - 5 Información sobre biomasa en Colombia	21

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 10 - 1 Proceso completo de gasificación.....	7
FIGURA 10 - 2 Procesos en un gasificador.....	7
FIGURA 10 - 3 Esquema de gasificador tipo descendente.....	8
FIGURA 10 - 4 Esquema de planta de generación en ciclo combinado con gasificación integrada.....	12
FIGURA 10 - 5 Configuración de un sistema de biogás típico	16
FIGURA 10 - 6 Costo plantas de biogás cúpula fija.....	19

10. ENERGIA DE LA BIOMASA

La biomasa es esencialmente energía química almacenada que se ha formado cuando las plantas absorben la energía solar y CO₂ (y otras sustancias) y la convierten en biomasa. Por lo tanto, comprende cualquier material derivado de organismos vivos, tales como vegetación, bosques, selvas, cultivos acuáticos, bosque naturales y residuos agrícolas, desechos animales y desechos urbanos e industriales. Todos estos recursos se pueden transformar mediante diferentes tecnologías en combustibles gaseosos, líquidos o sólidos, y en productos químicos. Entre estos procesos tenemos:

- Combustión directa de madera (leña) y desechos para producir calor, vapor y/o electricidad
- Conversión termoquímica para producir gas de bajo poder calorífico, metano, metanol y otros combustibles
- Fermentación de azúcares para producir etanol
- Digestión anaeróbica de desechos animales y residuos agrícolas para producir metano y fertilizantes como productos colaterales

Cada proceso que genere un producto primario tiene una eficiencia de conversión diferente, requiere un nivel distinto de inversión de capital y tiene diferentes economías de escala. Debido a esta naturaleza única de estos procesos, es necesario realizar un análisis detallado de las necesidades de los usuarios y de los procesos económicos para cada materia prima de biomasa para que puedan ser clasificadas sobre una base comparable. Algunos de estos procesos han sido probados en el país y en el exterior a varios niveles de desarrollo. Entre estas aplicaciones, las siguientes han sido promovidas en el país en diferentes épocas, regiones y a diferentes niveles:

- Mejoramiento de la combustión directa de la leña y el bagazo para la producción de calor con fines domésticos y agroindustriales.
- Sistemas termoquímicos que incluyen la pirólisis y la gasificación de la madera y desechos de cosechas (maíz, etc.) para producir un gas de bajo a mediano poder calorífico y carbón vegetal. El gas de bajo poder calorífico tiene un poder de 100 a 200 Btu/ft³ y se forma cuando el material orgánico se descompone en presencia de aire. El gas de poder medio tiene 300 a 500 Btu/ft³. La mayoría de estos sistemas termoquímicos se encuentran en diferente estado de desarrollo. En Colombia, algunos han alcanzado a fabricarse en pequeñas series con fines demostrativos (por ejemplo, gasificadores).

- Otra tecnología desarrollada es la del biogás, que permite la fermentación anaeróbica de desechos orgánicos, heces y ciertos desechos agrícolas, para producir biogás (mezcla de metano y dióxido de carbono). Este proceso se lleva a cabo a bajas temperaturas (menores de 60 °C) y requiere de unos contenidos de humedad de 80% o mas. Las heces animales tienen un contenido de humedad elevado superior al 85% y un poder calorífico de 3.540 kcal/kg en base seca. En el mundo hay instaladas millones de plantas de biogás de tamaño desde familiar hasta finquero. El gas producido se puede usar para cocinar, calentamiento de agua, iluminación, pequeños motores / generadores o para calentar animales en establos. El residuo final de la planta se puede utilizar como fertilizante o como componente de la dieta de animales, por ejemplo, peces.

En Colombia se han adelantado varios programas con algún grado de éxito.

10.1 CATÁLOGO DE TECNOLOGÍA ENERGÉTICA CON BIOMASA

Esta sección del documento tiene por objeto presentar una visión general de las tecnologías que se han utilizado en el país indicando el desarrollo que han tenido.

10.1.1 Gasificadores

10.1.1.1 Descripción del sistema

La gasificación es un método por medio del cual se produce un gas combustible con base en la biomasa, gas que puede ser empleado directamente en la combustión en quemadores o en motores de combustión¹.

Con base en la gasificación es posible entonces desarrollar un esquema de utilización de la biomasa con una etapa de cosecha de la biomasa, luego su procesamiento que consiste de los procesos de picado, briqueteado, deshidratado y secado, para luego pasar a la siguiente etapa de gasificación, limpieza del gas y finalmente su utilización como combustible para motores, turbinas o combustión directa en calderas u otros equipos (ver FIGURA 10 - 1).

¹ Kaupp, A., J.R.Goss. Small Scale Gas Producer-Engine Systems. Vieweg Verlag (1984) Braunschweig, Alemania

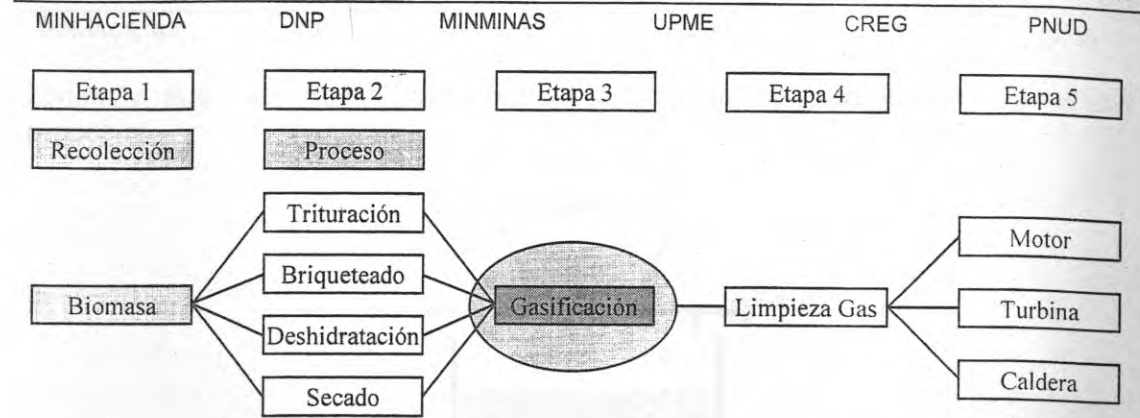


FIGURA 10 - 1 Proceso completo de gasificación.

El proceso de gasificación es complejo desde el punto de vista termoquímico. Aunque no es real zonificar en un reactor los diferentes procesos, conceptualmente resulta útil hacerlo por efectos de un entendimiento general del proceso de gasificación. La FIGURA 10 - 2 muestra esta zonificación.

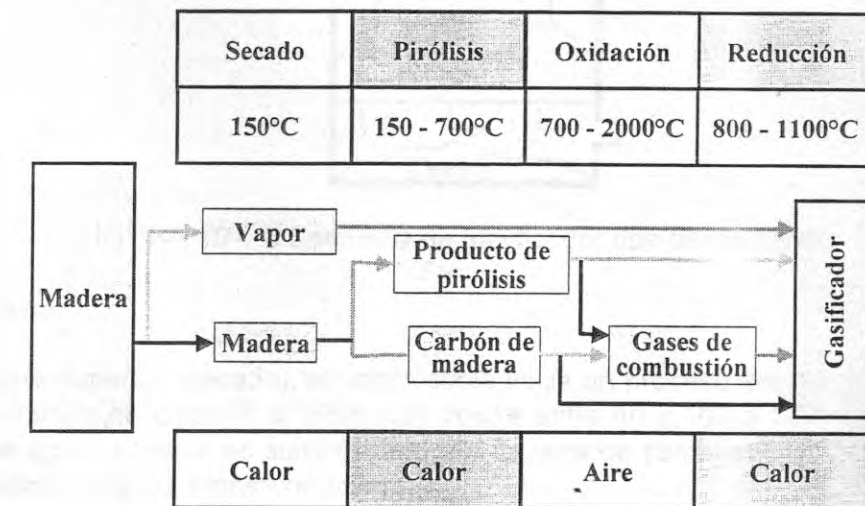


FIGURA 10 - 2 Procesos en un gasificador

Los gasificadores generalmente son de acuerdo al ordenamiento de sus zonas, estas se clasifican en: zonas de tiro descendente, ascendente, cruzado y lecho fluidizado. El gasificador de biomasa aquí considerado es uno de tiro vertical descendente en el cual ocurren cuatro procesos, a saber: secado del combustible, pirólisis, combustión y reducción². En la FIGURA 10 - 3 se muestran las diferentes

² Graf, U., R. Herrmann y L.E. Saavedra. Gasificación Térmica de Biomasa para la Costa Pacífica Colombiana. CVC-GTZ (1997) Cali

zonas y sus respectivas temperaturas en donde también ocurren diferentes procesos.

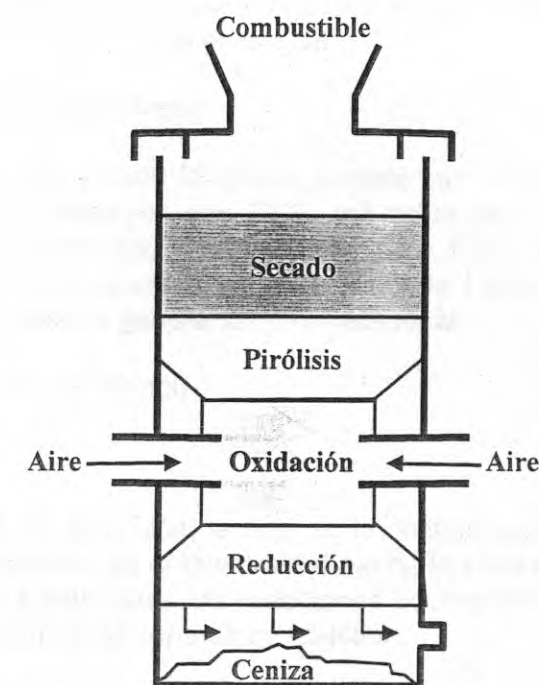


FIGURA 10 - 3 Esquema de gasificador tipo descendente

- **Secado**

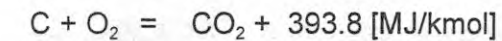
En la parte superior (secado), el combustible inicia un proceso endotérmico, debido a su contenido de agua (5 a 35%), que ocurre entre 40 y 100 a 120 °C, emitiendo vapor de agua. El calor es suministrado por la zona de combustión y el material no experimenta ninguna transformación.

- **Pirólisis**

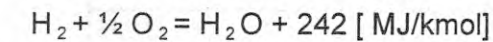
La segunda zona es la de pirólisis en la cual a la temperatura de 400°C aprox., una reacción exotérmica autosostenida produce la disociación en ausencia de oxígeno de las estructuras de la madera o productos orgánicos utilizados. Participan en ella, vapor de agua, metanol, ácido acético y cantidades apreciables de hidrocarburos pesados (brea o alquitrán). En el caso de la madera, el 50% en peso o más se emite como materiales volátiles y brea. El remanente sólido es carbón vegetal.

• Oxidación

La tercera zona es la de combustión en la cual el combustible carbón vegetal se quema en una reacción exotérmica en la cual



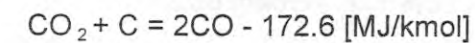
a temperaturas entre 900 y 1300 °C (y aun superiores). En esta reacción 12.01 kg de carbono entra en combustión con 22.39 m³ de oxígeno del aire para generar 22.26 m³ de dióxido de carbono y 393.8 MJ de calor. Esta reacción es la fuente de energía del proceso (incluyendo alguna cantidad de hidrógeno presente que se transforma en vapor de agua generando calor adicional):



• Reducción

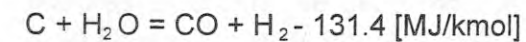
La cuarta zona es la de reducción, la cual en la configuración del gasificador aquí descrito (flujo descendente), se encuentra debajo de la zona de combustión. Puesto que el aire no alcanza esta zona, las reacciones ocurren en ausencia de oxígeno, entre el C y CO₂ liberado en la zona de combustión.

Reacción de Boudouard



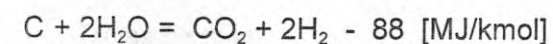
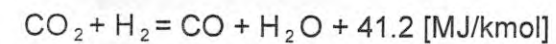
Otra reacción importante es la que ocurre entre el vapor de agua y el carbono, la cual ocurre a aproximadamente 900 °C, es endotérmica y con el resultado final dióxido de carbono e hidrógeno combustible:

Reacción agua-carbono



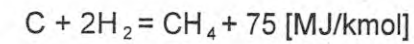
Otras reacciones que ocurren son:

Reacción de desplazamiento del agua



Este hidrógeno puede también reaccionar con el carbono para formar metano, en la siguiente reacción exotérmica:

Reacción de producción de metano.



La TABLA 10 - 1 muestra la composición del gas y su poder calorífico, mientras que la TABLA 10 - 2 muestra algunas cifras típicas para los gasificadores.

TABLA 10 - 1 Composición del gas

GAS	Gas de leña (% vol) (base seca)	Gas de carbón vegetal (% vol) (base seca)
Nitrógeno	50 - 54	60 - 63
Monóxido de carbono	20 - 22	23 - 33
Dióxido de carbono	9 - 11	3 - 7
Hidrógeno	12 - 15	4 - 14
Metano	2 - 3	-
Poder calorífico	5500 kJ/m ³	4100 kJ/m ³

TABLA 10 - 2 Cifras típicas para gasificadores

- 1 kg de madera (humedad 15%) con 1.1 m³ de aire genera 2.4 m³ de gas
- 1 kg de carbón vegetal (humedad 10%) con 3.8 m³ rinde 5 m³ de gas
- La generación de 1 kWh requiere de 1.2 a 1.5 kg de madera o carbón vegetal

Este gas sirve como combustible para motores de combustión interna. Para motores ciclo Otto, se debe mezclar en igual proporción con aire. Para motores ciclo Diesel es necesario mezclarlo con una cierta cantidad de combustible diesel para que se encienda la mezcla.

La biomasa a emplear en el proceso puede ser:

- Residuos de madera
- Carbón vegetal
- Tuzas de maíz
- Cáscara de coco
- Cascarilla de arroz

En los proyectos adelantados en Colombia se ha empleado carbón vegetal.

10.1.1.2 Aplicaciones

Los gasificadores suministran combustible para plantas a gasolina o diesel (en mezcla) con los cuales se puede generar energía mecánica o eléctrica, o para la combustión de calderas.

10.1.1.3 Capacidades

Los gasificadores pueden clasificarse como estacionarios y móviles. A estos últimos pertenecen los que se emplean en vehículos, como los que fueron empleados durante la Segunda Guerra Mundial en automóviles, camiones y tractores.

Para la generación de energía eléctrica, su aplicación se puede dar en ciclo combinado, en donde se quema el gas obtenido de la gasificación y el gas sobrante se utiliza para la producción de vapor, el esquema es el que se presenta en la FIGURA 10 - 4.

Las unidades de gasificación se fabrican tipo paquete de 1 a 10 kVA, móviles sobre un remolque o estacionarias, o en unidades estacionarias hasta del orden de 1000 kVA. Un sistema de mayor capacidad, como el de Guyana en los ochenta, consistía de 6 unidades en paralelo, cada una de 800 kW de capacidad, para una capacidad total de 6 MW³.

En Colombia, a mediados de los ochenta se fabricaron plantas demostrativas estacionarias con una capacidad de generación eléctrica de aproximadamente 2 a 3 kW.

³ Información de IMBERT Energietechnik GmbH, Weilerswist, Alemania

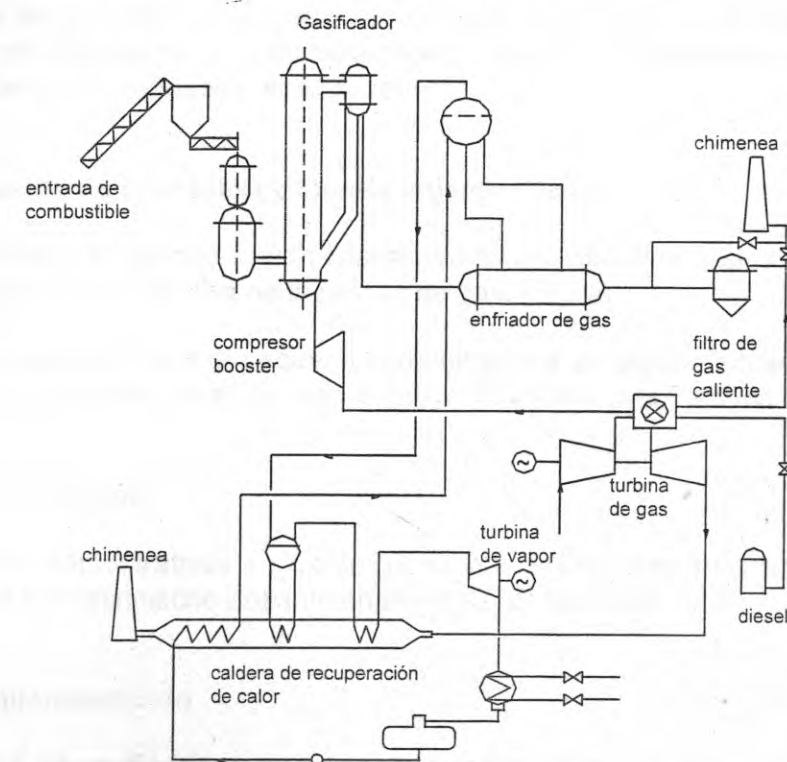


FIGURA 10 - 4 Esquema de planta de generación en ciclo combinado con gasificación integrada

10.1.1.4 Costos de inversión

Los costos de inversión de estos sistemas son de 2000 a 3000 US\$/kW instalado para plantas de capacidades entre 0,8 y 10 kVA. En Colombia, a finales de los ochenta, los fabricantes nacionales Plantas Jarroy de Cali y Tealco de Barranquilla fabricaron prototipos de 2 a 3 kW con un costo total de US\$6500 (gasificador: US\$4500; Motor y generador US\$ 2000), para un valor de kW instalado (sin red de transmisión ni tablero) entre US\$ 2500 y 3200.

Un análisis detallado para una planta de 60 MW de Bioflow Ltd y del tipo IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle), con capacidad de cogeneración, arroja un costo de inversión de US\$1700/kW, y al considerar los costos propios de un sistema de estos en condiciones colombianas, el costo de generación es del orden de 60 US\$/MWh⁴ (ver FIGURA 10 - 4). Este estudio considera que una planta de este tipo

⁴ Casabianca, J. Gasificación de la madera. Isagen- Aene Consultoria (1997) Bogotá, Colombia

sería viable en Colombia desde el punto de vista tecnológico y operativo, pero que el manejo del suministro de la madera debería seguir los lineamientos ambientales trazados por las autoridades competentes.

10.1.1.5 Costos de operación y mantenimiento (O&M)

Para pequeñas plantas que fueron operadas en Colombia, los costos de O&M eran los asociados con el operario de la unidad de gasificación.

El costo del operario para la pequeña comunidad fue en alguna situación particular una de las causas para dejar de lado el proyecto en la Costa Pacífica colombiana.

10.1.1.6 Financiación

Las unidades demostrativas en Colombia fueron financiadas en gran parte por la Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) alemana.

10.1.1.7 Implementación

Las unidades de gasificación, no son productos elaborados en serie, a pesar de que se han usado miles de estas unidades en USA y en Europa, y a comienzos del siglo pasado se afirma hubo más de 1 millón de unidades en vehículos de transporte.

Sin embargo, hay una serie de realidades relacionadas con estos equipos que es necesario tener en cuenta:

- Una unidad de este tipo requiere de experiencia técnica para su apropiada operación y mantenimiento
- Los motores funcionan muy bien solamente para los combustibles para los cuales fueron fabricados
- Los fabricantes tienen una experiencia muy limitada sobre el comportamiento de sus sistemas a largo plazo
- Los fabricantes no tienen control ni información sobre los sistemas después de su venta y por tanto no se da la retroalimentación necesaria para mejorar progresivamente los sistemas.

10.1.1.8 Mantenimiento

La actividad de operación era la asociada con el acopio del combustible, su preparación (fabricación del carbón vegetal), carga y arranque el gasificador, etc. La operación más frecuente de mantenimiento es la limpieza del gasificador y del filtro, así como la descarbonizada de la culata del motor.

10.1.1.9 Restricciones ambientales

Es importante abordar el tema de la deforestación y el cambio climático por la inyección de gases de invernadero a la atmósfera para obtener una visión ambiental de las tecnologías que usan biomasa o gases provenientes de la digestión aeróbica o anaerobia para sistemas de combustión, ya que el producto final es dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros que potencialmente pueden contribuir al efecto de invernadero.

En los países del llamado Tercer Mundo se dan los mayores índices de deforestación y en los países desarrollados el mayor consumo de combustibles fósiles. La vegetación es la encargada de restablecer el balance CO_2/O_2 en la atmósfera por lo cual no sería lógico utilizar la madera para generación eléctrica contribuyendo a aumentar los niveles de CO_2 en la atmósfera, cuando existen importantes reservas mundiales de combustibles fósiles como el carbón y contribuir a la deforestación y efecto de invernadero.

Sin embargo es claro que las plantaciones jóvenes tienen mayor producción de O_2 que las plantaciones forestales adultas, por lo tanto utilizar madera para generación en lugar de carbón un otro combustible fósil se justificaría ambientalmente sí:

- Se realiza el desarrollo de nuevas plantaciones forestales exclusivamente para ese uso o para la fijación de dióxido de carbono.
- Se realizan las plantaciones en grandes áreas que aumenten significativamente el área forestal del país.
- Se programe la explotación cíclica de la madera para que se permita el desarrollo de los bosques maduros, antes de la explotación por segunda vez de un área y el restablecimiento de la fauna nativa.
- El avance de los frentes de explotación y de nuevas siembras deberá ser de tal forma que permita la relocalización de fauna y recuperación ambiental escalonada o de forma paulatina.

- Verificar el valor del recurso para otros usos como la producción de papel o la construcción contra los beneficios obtenidos por la tecnología de gasificación, de acuerdo con los preceptos de desarrollo sostenible.

De otra parte el mismo proceso industrial deberá contar con los sistemas de control y manejo ambiental acordes con las políticas de desarrollo sostenible y tecnologías limpias obteniendo los permisos y licencias establecidas por la ley.

10.1.2 Plantas de biogás

Millones de estas unidades existen en operación en todo el mundo, principalmente en la China, India y Nepal. En Colombia, la tecnología fue ampliamente difundida principalmente en la década de los ochenta.

10.1.2.1 Descripción del sistema

Las plantas de biogás constituyen junto con la fermentación, los dos métodos bioquímicos empleados para el beneficio energético de la biomasa. Las plantas de biogás fermentan anaeróbicamente (en ausencia de oxígeno) el material orgánico gracias a la acción de bacterias metanogénicas^{5,6}.

En el proceso de fermentación se distinguen tres fases: Hidrólisis, durante la cual las bacterias fermentativas convierten los polímeros vía hidrólisis en ácidos orgánicos solubles; acidificación, durante la cual las bacterias acetogénicas procesan complicados ácidos orgánicos y la metanización, durante la cual se forma metano, bióxido de carbono y amoníaco mediante el procesamiento de proteínas, hidratos de carbono y grasa. Estos procesos requieren de condiciones apropiadas de temperatura y tiempo de residencia, dando origen a distintos tipos de fermentación. Otro factor importante es el pH del digestor. Se considera óptima una acidez cuando se encuentre en el rango de 7 a 7.2. .

La producción de biogás conlleva una serie de beneficios a saber:

- El biogás como combustible, puede ser almacenado y quemado directamente (cocción de alimentos, calefacción, iluminación) o en motores a gasolina para la generación de electricidad o energía mecánica.

5 Nigiani, R. Difusión de la tecnología de biogas en Colombia (1987) Cali, Colombia: GTZ - CVC

6 Plantas de Biogas: Diseño, Construcción y operación. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Bogotá, Colombia

- Produce un residuo final estabilizado que contiene el valor fertilizante del material original
- Reduce los patógenos del material fecal, reduciendo la carga ambiental que ellos producen
- Reduce la transferencia interanual de patógenos de plantas de una cosecha a la siguiente.

El esquema de utilización de esta tecnología es un sistema integrado en el cual se tienen fuentes para la planta que incluyen desechos orgánicos de animales, desechos agrícolas y agroindustriales, y como productos se tienen el biogás y el bioabono (FIGURA 10 - 5).

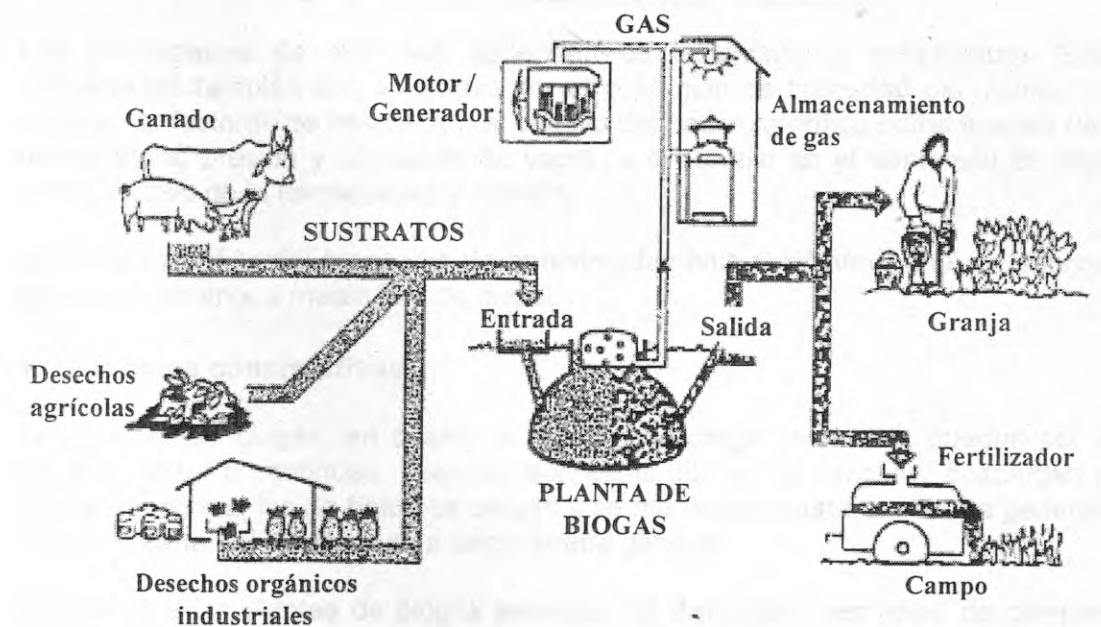


FIGURA 10 - 5 Configuración de un sistema de biogás típico

En principio todos los materiales orgánicos son susceptibles de ser procesados por una planta de biogás. Sin embargo, en las plantas simples apropiadas para el sector rural, solamente los materiales homogéneos y líquidos deberían considerarse. Ejemplos de ellos son fecalias y orina de ganado, cerdos, etc., y excrementos de sanitarios. Los excrementos deben mezclarse en igual proporción con líquidos, en lo posible la misma orina. La producción de biogás depende del tipo de materia prima con que se carga el biodigestor.

• **Composición y propiedades del biogás**

El biogás es una mezcla de gases, cuya composición se presenta en la TABLA 10 - 1.

TABLA 10 - 3 Composición del biogás

Gas	Composición
Metano (CH ₄)	40-70 vol. %
Dióxido de carbono (CO ₂)	30-60 vol. %
Otros gases, incluyendo hidrógeno (H ₂):	1-5 vol. %
ácido sulfídrico (H ₂ S)	0-1 vol. %
	0-3 vol. %

Las propiedades de este gas dependen de la presión y temperatura. Estas propiedades también son afectadas por el contenido de humedad del mismo. Los principales factores de interés son el cambio del poder calorífico como función de la temperatura, presión y contenido de vapor, y el cambio en el contenido de vapor como función de la temperatura y presión.

El poder calorífico del biogás es de aproximadamente 6 kWh/m³, que corresponde aproximadamente a medio litro de diesel.

• **Aspectos constructivos**

Las plantas de biogás, en cuanto al método de carga se refiere, pueden ser de batch (tandas) o continuas. Mientras que estas últimas se cargan y descargan de manera continua, las de batch se cargan y se mantienen hasta que se ha generado la mayor parte del biogás que la carga pueda generar.

En cuanto a las plantas de biogás sencillas, se distinguen tres tipos: de campana flotante, de campana fija (tipo chino) y las de balón (tanque de material sintético deformable, generalmente tubular). Todas ellas tienen sus ventajas y desventajas que es necesario evaluar en cada caso en particular como se presenta en la TABLA 10 - 4.

Las plantas de gas comúnmente empleadas en Colombia son de tipo continuo y con cúpula fija y campana flotante.

TABLA 10 - 4 Características de los diferentes tipos de plantas de biogás

Tipo de planta	Ventajas	Desventajas
Campana flotante	Manejo fácil Presión de gas constante Volumen de gas producido observable por nivel de la campana	Alto costo inicial de la campana Cuando esta es metálica, corrosión de la misma Mayor mantenimiento por pintura frecuente de la campana metálica
Cúpula fija	Bajo costo construcción No tiene partes móviles No tiene partes metálicas oxidables Larga vida útil	Presión de gas no constante Su presión puede ser elevada y por tanto debe ser muy bien sellada a fin de evitar fugas
Balón	Bajo costo de construcción Fácil transporte e instalación Construcción horizontal plana	Muy baja presión de gas Corta vida útil (5 años) Es necesaria la protección y cuidado de la bolsa balón

10.1.2.2 Aplicaciones

El biogás puede emplearse para la generación de calor mediante combustión directa (estufas, radiadores de calefacción para animales en cría, etc.), iluminación y para la generación directa de energía mecánica o eléctrica mediante motores de explosión.

Se han desarrollado una serie de implementos y equipos para el uso del biogás, los cuales han sido empleados en Colombia en varios proyectos. Tales implementos son filtros de gas para la retención del sulfuro de hidrógeno, trampas de condensación, válvulas de seguridad, etc. Equipos tales como cocinetas adaptadas a biogás (adaptadas de GLP o GN a biogás), radiadores de calor para animales, lámparas de iluminación, quemadores para nevera de absorción (para neveras suecas Servel, Electrolux o Consul -Brasileras), etc.

10.1.2.3 Capacidades

Las plantas de biogás se construyen desde una capacidad de generación de 5 a 10 m³ diarios hasta decenas y centenares de m³. Entre las mayores plantas construidas en Colombia se tienen capacidades de generación de 31 m³ que requieren de 1625 kg/día de desechos suministrados por 900 cerdos.

10.1.2.4 Costos de inversión

Según la experiencia en Colombia, las plantas de biogás de cúpula fija cuestan alrededor de 3100 US\$ + 55 US\$ /m³ en el rango 10 a 25 m³ de capacidad. Una planta de capacidad de 15 m³ puede generar del orden de 5 m³/día y puede alimentar una serie de equipos domésticos como una hornilla de cocina (200 lt/hr), un fogón para cocinar alimentos para animales (300 lt/hr), lámpara para la iluminación(250 lt/hr), etc. (Ver FIGURA 10 - 6).

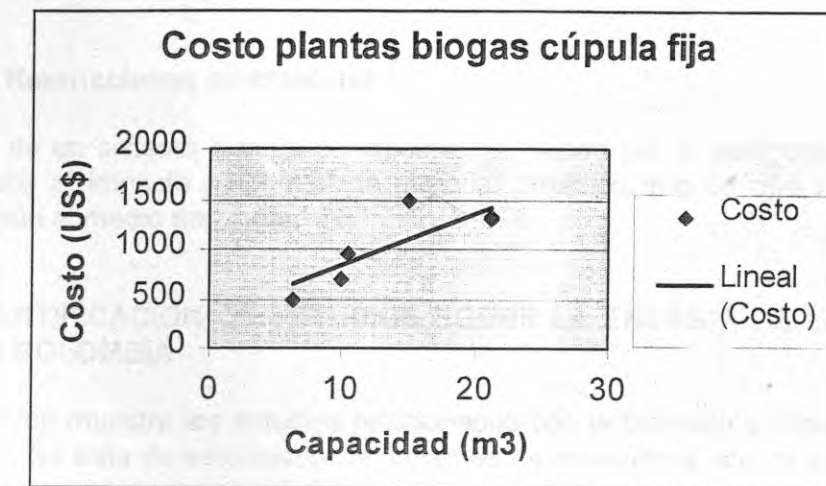


FIGURA 10 - 6 Costo plantas de biogás cúpula fija

Las de cúpula flotante cuestan del orden 100 US\$/m³, mientras que los tubulares del orden de 75 US\$/m³. Todas estas cifras son solamente indicativas y dependen de factores varios como transporte, nuevamente aportes que el usuario pueda hacer, incluyendo materiales y mano de obra.

Los costos de inversión dependen del tipo de planta, los materiales empleados, el aporte real del beneficiario en especie como materiales y mano de obra.

10.1.2.5 Costos de operación y mantenimiento (O&M)

Los costos de Operación se consideran despreciables. Los costos de Mantenimiento son de menos del 10% anuales de la inversión y pueden ser abiertos por los usuarios rurales.

10.1.2.6 Financiación

En el momento no se conocen programas de financiación.

10.1.2.7 Implementación

Requiere de expertos en la construcción de estas plantas.

10.1.2.8 Mantenimiento

El mantenimiento puede ser ejecutado directamente por el usuario que haya adelantado la capacitación requerida para ello.

10.1.2.9 Restricciones ambientales

Se trata de un sistema que es principalmente valioso por el bioabono producido y por reducir el impacto ambiental de material orgánico que de otra manera sería descargado al medio ambiente.

10.2 IDENTIFICACION DE ESTUDIOS SOBRE LA ENERGIA DE LA BIOMASA EN COLOMBIA

Esta sección muestra los estudios relacionados con la biomasa y relacionados con Colombia. Se trata de estudios, tesis, informes de consultoría, etc. relacionados con propuestas antes que con evaluaciones de proyectos o programas realizados.



Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA DNP MINMINAS UPME CREG PNUD

TABLA 10 - 5 Información sobre biomasa en Colombia

TIPO DOC	NOMBRE AUTORES	FECHA PUBLICACION	TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO"	TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	NOMBRE EDITORES	VOLU-MEN*	CIUDAD, ESTADO, NACION : EDITORIAL O INSTITUCION	UBICA-CION DOCUMEN-TO	CONTRA-TISTA	CONTRA-TANTE
Informe	Carmona, H. et al	Ago-99		Diseño proyecto piloto dendroenergético y formulación de instrumentos para el fomento de sistemas dendroenergéticos en Colombia			Bogotá, Colombia; UPME	BAENE		UPME
Informe	Rodríguez, H. et al	Abr-98		Determinación de eficiencias en los usos energéticos del sector residencial rural. Primera fase: Laboratorio Biogás			Bogotá, Colombia; Universidad Nacional	BGES	U. Nacional	UPME
Informe	Gómez, S. et al	Sep-97		Combustión desechos municipales			Bogotá, Colombia; Aene Consultoría	BAENE	Aene	Isagen
Informe	Gómez, S. et al	Sep-97		Gasificación de la madera			Bogotá, Colombia; Aene Consultoría	BAENE	Aene	Isagen
Informe	Casaviana, J.	Sep-97		Archivo Técnico sobre Gasificación de Madera e Hidrocarburos Pesados			Bogotá, Colombia; Aene Consultoría	BAENE	Aene	Isagen
Memorias		May-96		Seminario internacional sobre aspectos energéticos y ambientales de la agroindustria arrocerá	Hernandez, A		Bogotá, Colombia	BGES		
Informe	Zapata, A	May-96	Memorias del IV Seminario Int'l sobre Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria	Gasificación de la biomasa para generación de electricidad			Universidad Nacional, INEA Cali, Colombia; Fundación CIPAV	BGES		
Informe	Rodríguez, H.	Oct-94	Sustitución y ahorro de energía eléctrica en la ciudad de Bogotá empleando Fuentes de Energía Nuevas y Renovables, y Medidas de Conservación de Energía	Biogás del Relleno Sanitario de Doña Juana			Bogotá, Colombia; Fundación Siglo XXI	BGES	Fundación	
Informe		Ene-92		La biomasa y las reservas de carbón en el Amazonas		5º/p269	Bogotá, Colombia; Interciencia	BUAND	Bogotá Siglo XXI	EEB
Libro	Forero, J	Jun-91		Situación socioeconómica de la Costa Atlántica : Situación actual del consumo de leña en la Costa Atlántica	Osorio, J.	8º V	Barranquilla, Colombia	BGES		

Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado

Las zonas no interconectadas de Colombia

Documento No. ANC-375-09 - Rev.00 - 05/05/00

MINHACIENDA

DNP

MINMINAS

UPME

CREG

PNUD

TABLA 10 - 5 Continuación

TIPO DOC	NOMBRE AUTORES	FECHA PUBLICACION	TITULO DEL ARTICULO EN REVISTA O LIBRO	TITULO DE LA REVISTA O LIBRO	NOMBRE EDITORES	VOLUMEN*	CIUDAD, ESTADO, NACION : EDITORIAL O INSTITUCION	UBICACION DOCUMENTO	CONTRATISTA	CONTRATANTE
Informe final	Carmona, H. et al	Ene-87		Informe final de la documentación de la metodología diseñada por PESENC para el desarrollo de conceptos locales para el suministro de energía			Barranquilla, Colombia PESENC	BAENE		UPME
Libro	Forero, J	Oct-90		Situación socio-económica de la Costa Atlántica : Carbón vegetal	DOVEL	10°V	Barranquilla , Colombia PESENC	BGES		
Libro	Sánchez, C., A. Kaupp, U. Ingenillem	Jun-90		Uso racional de energía en molinos de arroz en Colombia			Bogotá, Colombia PESENC, Ministerio de Minas y Energía	BGES		
Artículo	Porge, J.H.	Abr-90	Biomass Fuel Variability	Memorias XII Congreso Panamericano de Ingeniería Mecánica			Bogotá, Colombia; ACIEM	BAENE		
Libro	Cardenas, H., Devia, J	Ene-89		Situación socioeconómica de la costa Atlántica : Residuos agropecuarios	Osorio, J.	10°V	Barranquilla , Colombia	BGES		
Informe final	Torres, J Vallejo, D	Ago-88		Plan de acción forestal para Colombia			Bogotá, Colombia Departamento Nacional de Planeación	BGES		
Libro	Beltran, R	Abr-88		Situación socioeconómica de la costa Atlántica : combustibles apartir de productos agrícolas	Osorio, J	11° V	Barranquilla , Colombia	BGES		
Libro	Graf, U Hermann, R Saavedra, I	Dic-87		Gastificación térmica de biomasa para la costa pacífica colombiana			Cali, Colombia	BGES		
Cartilla	Nigiani, R.	Oct-87		Difusión de la tecnología de biogas en Colombia			Cali, Colombia; GTZ - CVC	BGES		
Informe		Ene-87		Construcción biodigestor de Yopal			Bogotá, Colombia; ICEL	BAENE		
Libro		Ene-86		Producción de alcohol carburante en Colombia	Comite Nal Sucreindustria		Bogotá, Colombia; Ed. Guadalupe	BGES		
Libro	Beserra, J.O. Y Lal, H.	Nov-84		Biomasa - Fundamentos e Aplicaciones Tecnológicas			Ceará, Brasil; Universidade Federal do Ceará	BAENE		
Folleto informativo	Labeyre, V	Ene-83	Cuadernos de agroindustria y economía rural	Combustibles fósiles, biomasa y energía			Bogotá, Colombia ICA	BICA		
Compendio	Navarro, A Peterson, R	Jul-81	Industrialización de la caña	Desarrollo y aplicación de fuentes alternas de energía, bioenergía y alcohol etílico		42°V p.407-418	Medellin, Colombia ICA	BICA		
Informe	Devís, E	Jul-81	Seminario de fuentes de energía nuevas y renovables	Utilización de residuos vegetales para generar calor o electricidad en regiones apartadas			Bogotá, Colombia; UniAndes	BGES		
Libro	Brekelbaum, T. J.C. Toro y V. Izquierdo	May-80		Simposio Colombiano sobre Alcohol Carburante			Cali, Colombia; CIAT	BGES		
Libro				Planta de Biogas: Diseño, Construcción y operación			Bogotá, Colombia Instituto de Investigaciones Tecnológicas	BGES		

10.3 EVALUACIÓN DEL RECURSO BIOMASA

10.3.1 Información primaria

Una evaluación integral del recurso biomasa en el país no se conoce. Solo se cuenta con estimaciones del potencial de un recurso particular relacionado siempre con la utilización de una tecnología que lo aprovecha.

10.3.2 Estudios

Los residuos agrícolas han sido estimados por sectores de la economía dentro del contexto de estudios que buscan la utilización de cada uno de ellos en particular. Así a partir del estimado de la producción de un año en particular provisto por la Bolsa Nacional Agropecuaria, se estima la producción de cascarilla considerando que es aproximadamente 17% del peso del arroz producido (depende en general de la variedad)⁷. Igualmente se ha estimado el potencial, por ejemplo, de bagazo y desechos similares.

La leña ha sido objeto de especial investigación. Los estudios de mayor cobertura y quizás más completos que se tienen sobre la leña y la energía en el sector rural, sin lugar a dudas referencias obligadas, son el BER⁸ y la Encuesta de Energía no Comerciales en el Sector Rural⁹. Estos estudios contienen información valiosa sobre patrones de consumo en el sector rural, pero empiezan ya a presentar obsolescencia. Los estudios del sector energía no se han ocupado ni del origen ni de las características de la madera utilizada con fines energéticos y los esfuerzos han sido más dedicados al análisis de las magnitudes y patrones de consumo.

⁷ Calderón, R., M.D. Burgos. Aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz en la industria molinera y su incidencia medioambiental en Seminario internacional sobre aspectos energéticos y ambientales de la agroindustria arrocera. Ed.A. Hernández. Universidad Nacional - INEA (1996) Bogotá, Colombia.

⁸ Torres, J.E. El Balance Energético Rural (BER) de Colombia y su contexto socio-económico. Universidad de Los Andes (1981) Bogotá

⁹ Calabrese, J.L. Encuesta de Energías No Comerciales en el Sector Residencial Rural y Pequeño Urbano de Colombia. Estudio Nacional de Energía (1981) Bogotá

Dentro del paquete de proyectos básicos formulados para un Programa Nacional de Planificación y Acción Dendroenergética¹⁰, se pusieron:

- La cuantificación municipal de la oferta y disponibilidad de leña en el territorio nacional
- El análisis y el aprovechamiento dendroenergético del bosque,
- El desarrollo y difusión de tecnologías de mejoramiento de la eficiencia energética de trapiches paneleros
- La evaluación y difusión de estufas mejoradas en regiones cálidas de baja disponibilidad de leña
- La investigación y transferencia de especies usadas y aptas para fines dendroenergéticos en diferentes zonas del país
- El aprovechamiento dendroenergético de la renovación y manejo de cafetales y cacaoales
- El establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones dendroenergéticas

Pocos de estos estudios propuestos fueron desarrollados y hubiesen ayudado a comprender mejor el potencial energético de la leña. Específicamente, en el sector panelero, se desarrollaron tecnologías para el mejoramiento de la eficiencia energética en los trapiches paneleros por parte del CIMPA y Fedepanela.

En términos generales se puede afirmar que falta un extenso trabajo para determinar el potencial de la biomasa y de sus tecnologías asociadas en el país.

10.4 PROYECTOS CON ENERGÍA DE LA BIOMASA REALIZADOS O POR REALIZAR EN COLOMBIA

10.4.1 Desarrollo pasado

Durante los años anteriores, ha habido proyectos en Colombia que han sido el resultado de experiencias nacionales o de proyectos que han contado con la asistencia técnica internacional.

¹⁰ Torres, J., D. Vallejo, D. Plan de acción forestal para Colombia - Proyecto de formulación No. 11 Dendroenergía. Departamento Nacional de Planeación (1988) Bogotá, Colombia

10.4.1.1 Estufas mejoradas

Las estufas mejoradas fueron introducidas en la década de los ochenta a fin de reducir el consumo de leña de las estufas tradicionales. El objetivo era esencialmente elevar la eficiencia del proceso de combustión y transferencia de energía en los diferentes procesos de cocción. Una de las estufas estudiadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Tibaitatá fue la conocida tipo Lorena, la cual no logró difusión significativa en el sector rural.

La Universidad Nacional al evaluar recientemente varios tipos de estufas en el sector rural determinó que, estufas como las de leña a fuego abierto (tres piedras) es de una eficiencia muy baja (aprox. 15%) y que por lo tanto hay espacio para desarrollar nuevos modelos en donde este recurso se emplee de manera más eficiente¹¹.

10.4.1.2 Mejoramiento de hornillas en la industria panelera

El Centro de Investigaciones de la Industria Panelera (CINPA) conjuntamente con FEDEPANELA y con la financiación del Gobierno Holandés han venido mejorando la eficiencia del uso de los energéticos en la producción de la panela. Sobre la difusión y adopción de estas innovaciones no se conocen resultados.

10.4.1.3 Utilización del biogás de rellenos sanitarios

Los rellenos sanitarios son fuente potencial de biogás que puede emplearse para la combustión directa o la generación de electricidad. Para el relleno Doña Juana de la ciudad de Bogotá se han adelantado estudios que han permitido estimar la cantidad de biogás generado y su potencial utilización para la generación de energía eléctrica con motores de combustión interna con niveles de potencia entre 20 y 30 MW. Esta utilización del biogás tiene grandes ventajas ambientales por cuanto reduce emisiones de un gas de enorme potencial de efecto invernadero.

10.4.1.4 Gasificadores

En el campo de los gasificadores, la GTZ desarrolló proyectos demostrativos tanto en la Costa Pacífica dentro del Plan de Electrificación de la Costa Pacífica (PLADEICOP) de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) como dentro del Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica (PESENA)².

¹¹ Rodríguez, H. et al. Determinación de eficiencias en los usos energéticos del sector residencial rural. Primera fase: Laboratorio. Universidad Nacional (1998) Bogotá, Colombia

Las unidades de gasificación demostrativas estaban en el rango de 2 a 3 kW de capacidad. Estas unidades no se propagaron porque a pesar de la inconveniencia de la consecución de los combustibles tradicionales, las comunidades terminaron por seguir el esquema tradicional de compra y transporte de la gasolina y diesel, o simplemente las unidades demostrativas fueron desplazadas por la electrificación rural.

No se encontró una evaluación final del desempeño de estas plantas.

10.4.1.5 Plantas de biogás

Las plantas de biogás fueron promovidas desde comienzos de los ochenta, por varios investigadores independientes, entre los que sobresalió la compañía ARMAR-BIOTEC de Bogotá, que construyó en todo el país centenares de ellas, de diferentes capacidades, tipos, en diferentes climas del país y con diferentes materias primas.

Posteriormente, la GTZ promovió con la CVC su utilización principiando en el Valle del Cauca y ampliando sus actividades a otros departamentos del Colombia⁵. Este programa tenía 7 plantas construidas a Septiembre de 1987 en el Cauca, Valle y Nariño. Tenía también en esa fecha 4 más en construcción y tenía 11 más diseñadas, incluyendo la Costa Atlántica.

Durante el año de 1986 se construyó también un biodigestor en Yopal por parte del Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL) y el Municipio de Yopal. Este biodigestor tenía como propósito procesar los desechos del matadero del municipio.

De todo este significativo trabajo, no se conoce una evaluación del comportamiento de estos sistemas durante la década anterior.

10.4.1.6 Cascarilla de arroz

El beneficio del arroz requiere cantidades apreciables de energía. En el país se han conducido estudios que han buscado racionalizar el consumo de energía en esta industria y buscar alternativas de utilización de la cascarilla de arroz considerando que el residuo es aproximadamente 17% del peso del arroz a beneficiar^{12,13}.

12 Sánchez,C., A.Kaupp, U. Ingenillem. Uso racional de energía en molinos de arroz en Colombia. PESENCA - Ministerio de Minas y Energía (1990) Bogotá, Colombia

13 Hernández,A. Situación energética de la agroindustria arrocera en Colombia en Seminario internacional sobre aspectos energeticos y ambientales de la agroindustria arrocera. Ed. A. Hernández. Universidad Nacional - INEA (1996) Bogotá, Colombia.

La cascarilla de arroz es un subproducto del beneficio del arroz en los molinos arroceros. Desde hace varias décadas se vienen fabricando calentadores de aire basándose en cascarilla de arroz para el secado de granos (por ejemplo, arroz)¹⁴ y durante todo este periodo la tecnología ha mejorado notablemente de tal suerte que los secadores de granos quemando cascarilla de arroz son un producto comercial en la actualidad.

La cascarilla de arroz también ha sido considerada para la generación de electricidad. Los esquemas propuestos de generación son de dos tipos: Motor de vapor¹⁵, Turbogenerador¹⁶ y Gasificación de la cascarilla para alimentar motores de combustión interna¹⁷. Hacia 1997 se probó un paquete de generación de potencia mecánica empleando una caldera de cascarilla de arroz y un turbogenerador, con una potencia de aproximadamente 5 kW.

10.4.2 Desarrollo actual

En desarrollo actualmente en el país son conocidas las siguientes actividades.

10.4.2.1 Sistema integral de CIPAV

El Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) en Cali ha experimentado por años consecutivos con un sistema sostenible de producción agropecuario, integrado y que permite cerrar en un ciclo actividades de silvopastoreo, cultivo de caña de azúcar, porcicultura, avicultura, ganadería doble propósito, biogás, logrando utilizar los productos en una actividad y sus desechos sirven a la vez como insumos para la nueva actividad agropecuaria. El cultivo y el beneficio de la caña de azúcar con su jugo y su bagazo dan comienzo al ciclo y son el producto que permite la sostenibilidad del sistema de producción sostenible agropecuario. Este sistema, experimentado en la Hacienda

¹⁴ Devis, E. Utilización de residuos vegetales para generar calor o electricidad en regiones apartadas en Memorias del Seminario de Energías Nuevas y Renovables. Ed. R. Beltrán. Universidad de Los Andes (1981) Bogotá

¹⁵ Castro, J. Usos energéticos de la cascarilla de arroz en Seminario internacional sobre aspectos energéticos y ambientales de la agroindustria arrocera. Ed.A. Hernández. Universidad Nacional - INEA (1996) Bogotá, Colombia.

¹⁶ Devis, E. Generación de calor y electricidad a base de cascarillas y otros residuos en Seminario internacional sobre aspectos energéticos y ambientales de la agroindustria arrocera. Ed.A. Hernández. Universidad Nacional - INEA (1996) Bogotá, Colombia.

¹⁷ Kaupp, A. Gasification of Rice Hulls. Vieweg Verlag (1984) Braunschweig, Alemania

MINHACIENDA	DNP	MINMINAS	UPME	CREG	PNUD
-------------	-----	----------	------	------	------

Arizona de Jamundí, debería ser más conocido, estudiado, evaluado y difundido entre los campesinos.

Dentro de las actividades de esta Fundación también se ha considerado la posibilidad de generar energía eléctrica con gasificadores de biomasa y han realizado experimentos con una planta de gasificación de 3 kW, sin que se sepa si los ensayos han conducido a la utilización continua de este sistema¹⁸. Más recientemente han trabajado en la mezcla de biogás con diesel para reducir su consumo en motores de este tipo¹⁹.

10.4.2.2 Proyecto dendroenergético de Calamar-Guaviare

La localidad de Calamar en el Departamento del Guaviare es una cabecera municipal para la cual se ha adelantado un estudio de prefactibilidad para dotar a este municipio con una central térmica de 1.5 MW, con una ampliación cuatro años después de otros 1.5 MW²⁰. El estudio prevé que la central debe también suministrar calor de proceso para cocción, deshidratación, esterilización, refrigeración, etc. a 150 psig y 500°F. Una demanda más precisa la constituye una planta de sacrificio y beneficio de ganado con una capacidad de proceso de 20 reses/día. Se seleccionó un paquete Babcock & Wilcox (Caldera), Siemens (Turbogruppo de vapor). El costo total de la inversión era de US\$2.850.000 en la fase I y de US\$900.000 para la fase II, para un total de inversión de US\$3.750.000²¹. La biomasa requerida sería de 11359 t/año durante la Fase I y del doble para la Fase II. El proyecto incluye la construcción de cuatro circuitos para suministrar electricidad a igual número de veredas vecinas. El análisis de costos arroja (con tasa de interés de 5% y 20 años) un costo indicativo de generación de Col\$175/kWh (opción planta dendroenergética nueva y costo de madera a Col\$20.000/t) frente a la generación con una unidad equivalente diesel a Col\$278/kWh (opción planta diesel nueva y costo de combustible de \$2500/gal)²².

¹⁸ Zapata, A. Memorias del IV Seminario Int'l sobre Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Gasificación de la biomasa para generación de electricidad Fundación CIPAV (1996) Cali, Colombia.

¹⁹ Zapata, A. Utilización del biogás para generación de electricidad Fundación CIPAV (1999) en www.cipav.org.co

²⁰ Carmona, H. et al. Diseño proyecto piloto dendroenergético y formulación de instrumentos para el fomento de sistemas dendroenergéticos en Colombia UPME (1999) Bogotá, Colombia

²¹ Ibid, pag. 42 del Proyecto Piloto

²² Ibid, pag. 89 del Proyecto Piloto

MINHACIENDA	DNP	MINMINAS	UPME	CREG	PNUD
-------------	-----	----------	------	------	------

Este proyecto, aún al nivel de prefactibilidad, considera que para su ejecución podría conseguirse fondos de cofinanciación del Protocolo de Kyoto (parece hacer alusión al CDM: Clean Development Mechanism) y a recursos de asistencia para el desarrollo.

10.4.2.3 Generación de potencia a partir de desechos agroindustriales

La firma Dynaterm se encuentra desarrollando un sistema de generación de capacidad superior a los 100 kW empleando caldera de vapor y turbogenerador.

10.5 CARACTERISTICAS TÉCNICAS, COSTOS Y PROVEEDORES NACIONALES DE EQUIPOS DE BIOMASA

Este directorio tiene como propósito listar los proveedores colombianos y no pretende ser exhaustiva. La información está actualizada a febrero del 2000 y la tasa de cambio TRM es \$1950 / US\$. No se presentan datos técnicos específicos porque los productos listados no son de fabricación en serie como si lo son otros equipos de energía renovable.

10.5.1 Gasificadores

Se desconoce de la existencia de fabricante colombiano alguno que provea estos sistemas en la actualidad. Uno de los fabricantes de estas unidades en el pasado, fue industrias Jarroy, está en capacidad de fabricar unidades de este tipo a un costo de aproximadamente US\$3000 / kW.

Industrias Jarroy - Cali, Sr. Humberto Jaramillo, Tel (092) 448 8493/83, Fax (092) 438 4741.

10.5.2 Plantas de biogás

Si bien ha habido empresas constructoras de plantas de biogás en el pasado, esta actividad actualmente se encuentra en manos de algunos técnicos que fueron entrenados por programas como el de la GTZ en el Valle y que se encuentran dispersos por el país.

10.5.3 Calderas y generación de electricidad a partir de residuos sólidos

Por espacio de más de 20 años esta empresa fabrica industrialmente equipos con base en desechos agrícolas.

Dynaterm, Enrique Devis, Cra 53 A #10 – 70, Santa Fe de Bogotá, Tel. (091) 261 6507, 261 7788, 2617699, Fax (091) 290 3754

10.6 BIBLIOGRAFÍA

CALABRESE, J. L. Encuesta de energías no comerciales en el sector residencial rural y pequeño urbano de Colombia. Santafé de Bogotá: Estudio Nacional de Energía, 1981.

CALDERÓN, R., M.D. Burgos. Aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz en la industria molinera y su incidencia medioambiental en Seminario internacional sobre aspectos energéticos y ambientales de la agroindustria arrocera. Santafé de Bogotá: Ed. A. Hernández, Universidad Nacional – INEA, 1996.

CARMONA, H. et al. Diseño proyecto piloto dendroenergético y formulación de instrumentos para el fomento de sistemas dendroenergéticos en Colombia. Santafé de Bogotá: Unidad de Planeamiento Minero Energético- UPME, 1999.

CASTRO, Javier. Usos energéticos de la cascarilla de arroz en Seminario internacional sobre aspectos energéticos y ambientales de la agroindustria arrocera. Santafé de Bogotá: Ed.A. Hernández, Universidad Nacional – INEA, 1996.

DEVIS, E. Generación de calor y electricidad con base en cascarillas y otros residuos en Seminario internacional sobre aspectos energéticos y ambientales de la agroindustria arrocera. Santafé de Bogotá: Ed.A. Hernández, Universidad Nacional - INEA 1996.

DEVIS, E. Utilización de residuos vegetales para generar calor o electricidad en regiones apartadas en Memorias del Seminario de Energías Nuevas y Renovables. Santafé de Bogotá: Ed. R. Beltrán, Universidad de Los Andes, 1981.

GRAF, U., R. Herrmann y L.E. Saavedra. Gasificación térmica de biomasa para la costa Pacífica Colombiana. Cali: CVC-GTZ, 1997.

HERNÁNDEZ, A. Situación energética de la agroindustria arrocera en Colombia en Seminario internacional sobre aspectos energéticos y ambientales de la agroindustria arrocera. Santafé de Bogotá: Ed. A. Hernández, Universidad Nacional – INEA, 1996.

IMBERT Energietechnik GmbH, Weilerswist, Alemania.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS. Plantas de biogás: Diseño, Construcción y operación. Santafé de Bogotá.

MINHACIENDA	DNP	MINMINAS	UPME	CREG	PNUD
-------------	-----	----------	------	------	------

ISAGEN- AENE CONSULTORÍA S.A. Estudio de nuevas tecnologías de generación: Gasificación de la madera. Santafé de Bogotá D.C., 1997.

KAUPP, A. Gasification of rice hulls. Braunschweig, Alemania: Vieweg Verlag 1984.

KAUPP, A., J.R., Goss. Small scale gas producer-engine systems. Braunschweig, Alemania: Vieweg Verlag, 1984.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Sistema de Información de Energía – SIE. Santafé de Bogotá, 1988. Basada en encuesta realizada a 998 hogares.

NIGIANI, R. Difusión de la tecnología de biogás en Colombia. Cali: GTZ – CVC, 1987.

RODRÍGUEZ, Humberto et al. Determinación de eficiencias en los usos energéticos del sector residencial rural - Primera fase: Laboratorio. Santafé de Bogotá: Universidad Nacional, 1998.

SÁNCHEZ, C., A. Kaupp, U. Ingenillem. Uso racional de energía en molinos de arroz en Colombia. Santafé de Bogotá: PESENCA - Ministerio de Minas y Energía, 1990.

TORRES, J., D. Vallejo. Plan de acción forestal para Colombia - Proyecto de formulación No. 11: Dendroenergía. Santafé de Bogotá: Departamento Nacional de Planeación, 1988.

TORRES, J.E. El balance energético rural (VER) de Colombia y su contexto socio-económico. Santafé de Bogotá: Universidad de Los Andes, 1981.

ZAPATA, A. Gasificación de la biomasa para generación de electricidad en Memorias del IV Seminario Internacional sobre Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia: Fundación CIPAV, 1996.

ZAPATA, A. Utilización del biogás para generación de electricidad en www.cipav.org.co, Fundación CIPAV, 1999.

---, Proyecto dendroenergético de Calamar - Guaviare.

Establecimiento de un plan estructural institucional y financiero que permita el abastecimiento energetico de las zonas no interconectadas con participación de las comunidades y el sector privado :Oferta energetica, PNUD

333.82 P682e V.2 Ej. 1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA
PEDIDO

PRESTADO A

FECHA
DEVUELTO