

# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Proyecto Sobre una Fuente de Energía no Convencional  
y su Aplicación a un Programa de Electrificación  
Rural en el Departamento de Loreto ”

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA.**

**ARMANDO OCTAVIO PEZO ELGEGREN**

PROMOCION: 1982 - 2

**LIMA PERU • 1989**

## TABLA DE CONTENIDOS

	Pag.
PROLOGO	
INTRODUCCION	
CAPITULO 2 :	
ESTUDIO DE MERCADO ENERGETICO	
2.1 Análisis Socio - Económico de la Zona	8
2.1.1 Ubicación Geográfica y Superficie	8
2.1.2 Clima	8
2.1.3 Estudio de la Población	9
2.1.3.1 Metodología	10
2.1.3.2 Análisis de la Población Actual	11
2.1.3.2.1 División Política de Loreto	11
2.1.3.2.2 Factores que inciden en la evolución de la población.	13
2.1.3.2.3 Proyecciones de la población con el horizonte del estudio	16
2.1.3.2.3.1 Metodología	16
2.1.3.2.3.2 Resultados de - las proyecciones de población	18
2.1.4 Estructura Productiva	19
2.1.4.1 Actividad Agropecuaria	21
2.1.4.2 Actividad Forestal	21
2.1.4.3 Actividad Industrial	22
2.1.4.4 Minería é Hidrocarburos	23
2.2 Definición del Area de Influencia	24
2.2.1 Centros Poblados Urbanos y Rurales considerados	24

2.3	Estudio de la Demanda de Energía Eléctrica en el área de influencia	25
2.3.1	Análisis de la Tendencia Histórica del consumo de energía eléctrica en general	25
2.3.1.1	Tipos de consumo	26
2.3.1.1.1	Consumo Industrial	27
2.3.1.1.2	Alumbrado Público	27
2.3.1.1.3	Consumo Doméstico	28
2.3.1.1.4	Consumo Comercial	28
2.3.1.1.5	Usos Generales	28
2.3.2	Análisis de Factores que influyen en la demanda independiente del comportamiento histórico	29
2.3.3	Análisis del comportamiento histórico del consumo de energía eléctrica para actividades productivas	29
2.3.4	Proyección del consumo de energía eléctrica por tipo de consumo	29
2.3.4.1	Metodología	29
2.3.4.1.1	Pronóstico de población	30
2.3.4.1.2	Densidad familiar	30
2.3.4.1.3	Determinación del número de familias	30
2.3.4.1.4	Número de abonados domiciliarios	31
2.3.4.1.5	Consumo unitario domiciliario	32
2.3.4.1.6	Consumo de energía en el sector domiciliario	32
2.3.4.1.7	Número de abonados del sector comercial	32
2.3.4.1.8	Consumo de energía en el sector comercial	33
2.3.4.1.9	Consumo de energía en el sector industrial	33
2.3.4.1.10	Consumo de energía en el sec-	

tor alumbrado público	34
2.3.4.1.11 Consumo de energía en el sector usos generales	34
2.3.4.1.12 Consumo neto de energía	34
2.3.4.1.13 Pérdidas por distribución	34
2.3.4.1.14 Energía a generar	35
2.3.4.1.15 Máxima demanda de potencia	35
2.3.4.2 Proyecciones	35
2.4 Análisis de la oferta actual en el área de influencia	36
2.4.1 Instituciones generadoras de energía eléctrica	36
2.4.1.1 Localización de las plantas o centrales	37
2.4.1.2 Producción anual. Serie histórica	38
2.4.1.3 Capacidad instalada y ampliación de la cobertura del servicio	38
2.4.2 Oferta total en el área de influencia	39
2.4.3 Análisis de tarifas	39
2.4.3.1 Tipo de tarifas	39
2.4.3.2 Niveles actuales de tarifas	40
CAPITULO 3 :	
TAMAÑO Y LOCALIZACION	
3.1 Tamaño	42
3.1.1 Breve mirada retrospectiva	42
3.1.2 Algunas consideraciones	43
3.1.3 Definición de factores influyentes	45
3.1.3.1 Relación tamaño.Mercado	45
3.1.3.2 Relación tamaño - inversión	46
3.1.3.3 Relación tamaño - recurso energético	48
3.2 Alternativas de Localización	49
3.2.1 Recursos energéticos	49
3.2.1.1 Hidrocarburos	49
3.2.1.2 Recursos forestales	51
3.2.2 Recursos Hídricos	52

3.2.3	Mano de Obra	53
3.2.4	Disponibilidad y costos de otros consumos	54
3.2.5	Facilidades administrativas de servicios-vías de comunicación	54
3.2.6	Selección de localización	55
CAPITULO 4 :		
ASPECTOS DE INGENIERIA Y DE FACTIBILIDAD TECNICA		
4.1	Diagnóstico de planta física en las localidades que cuentan con grupos electrógenos instalados	60
4.1.1	Aspectos técnico-administrativos	60
4.1.2	Aspectos económicos	61
4.1.3	Generación eléctrica	61
4.1.4	Redes de distribución	63
4.2	Descripción de los principales aspectos técnicos de las alternativas planteadas	63
4.2.1	Energía de Biomasa	64
4.2.1.1	Descripción central de la bioenergía	64
4.2.1.1.1	La fotosíntesis	64
4.2.1.1.2	La celulosa y la lignina	65
4.2.1.1.3	La pirolisis	66
4.2.1.1.4	Combustión y gasificación	67
4.2.1.1.5	Los poderes caloríficos	68
4.2.1.1.6	Influencia de la humedad	69
4.2.1.1.7	Las fermentaciones	70
4.2.1.1.8	Las fermentaciones alcohólicas	71
4.2.1.1.9	Formación metanogénica o anaerobia	74
4.2.1.1.10	Otras alternativas bionergéticas	78
4.2.1.2	Estudio del recurso forestal con fines energéticos	80
4.2.1.2.1	Clasificación de las especies forestales	81
4.2.1.2.2	Características físico-mecánicas	81

4.2.2.3.5	Aspectos económicos de la generación fotovoltaica	117
4.2.2.3.6	Estado actual de la tecnología	118
4.2.3	Energía Eólica	120
4.2.3.1	Evaluación del recurso eólico	120
4.2.4	Energía convencional	123
4.2.5	Perspectivas para una electrificación en localidades no consideradas	127
4.2.6	Sistemas eléctricos	128
4.2.6.1	Bases consideradas para la elaboración de futuros diseños eléctricos	128
4.2.6.1.1	Niveles de tensión	129
4.2.6.1.2	Máxima caída de tensión	129
4.2.6.1.3	Potencias transmitidas	129
4.2.6.1.4	Pérdidas de energía	129
4.2.6.2	Elementos utilizados en las redes eléctricas	130
4.2.6.2.1	Conductores	130
4.2.6.2.2	Postes	130
4.2.6.2.3	Aisladores	130
4.2.6.2.4	Retenidas	131
4.2.6.3	Características principales de las redes eléctricas	131
4.2.6.3.1	Armado	131
4.2.6.3.2	Longitud total de los postes	131
4.2.6.3.3	Vanos	132
4.2.6.3.4	Separación mínima entre conductores	132
4.2.6.3.5	Configuración de las redes de distribución	132
4.2.6.4	Medidas específicas para contrarrestar los efectos de depósitos o sedimentos en los aisladores	132

4.2.6.5	Método para proteger el sistema y evitar los efectos de la radiofrecuencia	133
4.2.6.6	Coordinación de aislamientos de instalaciones y equipos	133
4.3	Factibilidad Técnica Integral	134
4.3.1	Selección de alternativa - pautas	134
4.3.1.1	Justificación de selección de alternativa	134
4.3.1.1.1	Disponibilidad del recurso energético	135
4.3.1.1.2	Simplicidad de operación	136
4.3.1.1.3	Disponibilidad y facilidad en el mantenimiento	137
4.3.1.1.4	Inversión y costo de operación	138
4.3.1.1.5	Análisis del costo equivalente	141
4.3.1.2	Proceso de producción	141
4.3.1.2.1	Tala de bosque	142
4.3.1.2.2	Transporte de troncos a planta	144
4.3.1.2.3	Trezado y corte de troncos y ramas	144
4.3.1.2.4	Chipeado de trozos o formación de carbón	145
4.3.1.2.5	Almacén de chips/secado o carbón	145
4.3.1.2.6	Acarreo de chips o carbón al gasificador	145
4.3.1.2.7	Gasificación de chips o carbón	146
4.3.1.2.8	Generación de electricidad	146
4.3.1.3	Criterios de certeza y confiabilidad del sistema propuesto	147
4.3.1.3.1	Generación de gas pobre	148
4.3.1.3.2	Limpieza de gas pobre	149

4.3.1.3.3	Utilización del gas pobre en motores de combustión interna	150
4.3.2	Maquinaria y equipos requeridos	152
4.3.2.1	Descripción	152
4.3.2.1.1	Equipo de transporte	152
4.3.2.1.2	Equipo de tala y corte de ma- dera	152
4.3.2.1.3	Equipo de gasificación de bio- masa	153
4.3.2.1.3.1	Gasógeno de bio- masa martezo B850	153
4.3.2.1.3.2	Generador de gas EV.A. multicombus- tible	153
4.3.2.1.4	Equipo de generación y distri- bución de electricidad	157
4.3.2.2	Seguridad comprobada	157
4.3.2.3	Requerimientos totales de equipos para - módulos de diferentes potencias	158
4.3.2.3.1	Para plantas completas	158
4.3.2.3.2	Para plantas existentes	159
4.3.3	Requerimientos de Materiales é Insumos	160
4.3.3.1	Plantas nuevas	160
4.3.3.1.1	Requerimientos de madera y de bosque energético	160
4.3.3.1.2	Requerimiento de otros mate- riales é insumos	162
4.3.3.2	Plantas existentes	162
4.3.4	Requerimiento de Combustibles y Lubricantes	163
4.3.5	Requerimiento de Personal	164
4.3.5.1	Personal directo por módulo de cada po- tencia instalada	164



4.3.5.2	Personal indirecto, unidad ejecutora	165
4.3.6	Mantenimiento y Reparaciones	165
4.3.6.1	Mantenimiento del gasógeno y sistema de filtración	165
4.3.6.2	Mantenimiento del grupo electrógeno	167
4.3.6.3	Mantenimiento del equipo auxiliar	168
4.3.7	Cronograma de Implementación de Módulos	168
4.4	Características Físicas	170
4.4.1	Terrenos	173
4.4.1.1	Extensión de los terrenos requeridos, previendo expansiones futuras	173
4.4.1.2	Accesos, vías, caminos, etc.	173
4.4.2	Obras Civiles	174
4.4.2.1	Planos de las obras civiles	174
4.4.2.2	Especificaciones técnicas	174
4.4.2.2.1	Obras preliminares	174
4.4.2.2.2	Movimiento de tierras	174
4.4.2.2.3	Obras de concreto simple y concreto armado	175
4.4.2.2.4	Muros de mampostería	175
4.4.2.2.5	Estructura de madera	176
4.4.2.2.6	Cobertura de techos	176
4.4.2.2.7	Carpintería de madera	176
4.4.2.2.8	Carpintería metálica	176
4.4.2.2.9	Desague pluvial	177
4.4.2.2.10	Obras sanitarias	177
4.4.2.2.11	Alumbrado y tomacorrientes	177
4.4.2.3	Presupuesto preliminar de obras civiles	178
4.4.2.4	Presupuesto de materiales, gastos de instalación: redes eléctricas de distribución típicas	178

4.4.3	Problemas especiales previsible <u>s</u> en la constr <u>u</u> ción	178
4.5	Cronograma de Implementación del Programa de Electrifi <u>ca</u> ción	179
CAPITULO 5 :		
INVERSIONES		
5.1	Composición de la Inversión Total	181
5.1.1	Inversión fija	182
5.1.1.1	Activos fijos	182
5.1.1.1.1	Inversión en plantas comple <u>ta</u> tas	182
5.1.1.1.2	Modificación de plantas exis <u>te</u> ntes	184
5.1.1.1.3	Inversión de obras civiles	186
5.1.1.2	Activo Intangible	186
5.1.2	Capital de Trabajo	187
5.1.3	Reinversiones	187
CAPITULO 6 :		
ANALISIS DE COSTOS E INGRESOS		
6.1	Presupuesto de costos de operación y mantenimiento	189
6.1.1	Materia Prima	189
6.1.2	Combustibles y Lubricantes	190
6.1.3	Depreciación método y valor	191
6.1.4	Requerimientos de mano de obra. Presupuesto de mano de obra	191
6.1.5	Mantenimiento y reparaciones	192
6.1.6	Reserva para indemnización	192
6.1.7	Costos fijos y variables - plantas completas	192
6.1.8	Costos fijos y variables. Gasificación de plantas actuales	194
6.2	Análisis de alternativas de fijación de tarifas	194

6.2.1	Sistema vigente a la fecha	195
6.2.2	Tipos de demanda de la zona	196
6.2.3	Alternativas existentes para la fijación de tarifas	196
CAPITULO 7 :		
ORGANIZACION Y ADMINISTRACION		
7.1	Periodo de Implementación del Proyecto	199
7.1.1	Introducción	199
7.1.2	Unidad Ejecutora	200
7.1.2.1	Características de la Unidad Ejecutora	200
7.1.2.2	Organización	201
7.1.2.2.1	Consejo Ejecutivo	201
7.1.2.2.2	Dirección Ejecutiva	201
7.1.2.2.3	Administración y Personal	202
7.1.2.2.4	Asesoría Legal	202
7.1.2.2.5	División de Compras y Logística	202
7.1.2.2.6	División Técnica	202
7.1.2.2.7	División de Extensión y Capacitación	203
7.1.2.3	Remuneraciones	203
7.1.2.4	Otros gastos de la Unidad Ejecutora	204
7.2	Administración Local del Sistema	204
7.3	Aspectos Legales	205
CONCLUSIONES		
BIBLIOGRAFIA		
ANEXO		
PLANOS		

## PROLOGO

El presente estudio analiza fundamentalmente la problemática de la generación de energía eléctrica en el área rural del Departamento de Loreto y la manera de solucionarlas. Antes de detallar los puntos más importantes; se indicará que el autor de este presente Estudio ha trabajado durante los años de 1984 y 1985 en el Ministerio de Energía y Minas - Dirección Regional con Sede en Iquitos para la puesta en marcha del Proyecto de Electrificación de Localidades Menores - Sub Proyecto Electrificación de Caseríos que fueron subvencionados por la CORPORACION DE DESARROLLO DE LORETO (CORDELOLOR) años éstos de gran significación para la realización de este importante documento y punto de inicio del mismo, en virtud sobre todo, a los continuos viajes al interior del Departamento y a la verificación en sitio de datos importantes, viajes efectuados en la ejecución del indicado proyecto.

De tal manera, que para la realización de la primera parte del Capítulo 2 se ha recurrido a los boletines emitidos por el INE en lo que respecta a los datos demográficos en su integridad; en la segunda mitad del capítulo se aborda lo relacionado a la energía eléctrica en el área rural del Departamento preferentemente; no obstante se indica a manera de información el asunto dentro del ámbito urbano; en base a un criterio establecido a priori se seleccionan una gran cantidad de localidades con miras a ser incluidas en el programa de electrificación a nivel rural. Ya en el Capítulo siguiente y con un

critorio más definido se seleccionan finalmente las localidades que serán incluidas en el programa mencionado, lo anterior se aplicó a las localidades que no cuentan con infraestructura eléctrica ya que aquellas con este beneficio serán incluidas naturalmente sin selección.

En el Capítulo 4 se describen por un lado, los fenómenos naturales que dan origen a la generación de energía no convencional en concordancia con las alternativas de más ventaja en esta parte del país; a continuación se realiza un exhaustivo desarrollo sobre la biomasa existente en la zona, quizá el punto de más expectativa lo constituya la selección de la fuente de energía no convencional que será utilizada en el programa de electrificación, posteriormente se pone de manifiesto la secuencia a seguir para la obtención de la energía eléctrica en base a la selección anterior, también se describen los cuidados y la manera de operar de estas unidades o máquinas; en las páginas posteriores de este Capítulo se incluye lo relativo a la casa de fuerza y se plantea el programa de electrificación en sí.

El Capítulo 5 se refiere a la inversión que significará la puesta en marcha del indicado programa de electrificación en cuanto a la infraestructura se refiere; en el siguiente Capítulo se realiza un análisis de costos con la finalidad de determinar el valor que se tendrá que disponer para la operación de cada unidad generadora así como también el valor que tendrá el costo por KW h, finalmente en el Capítulo 7 se desarrolla el aspecto organizativo, es decir el órgano directriz del programa de electrificación.

Como anotación final se indicará que se hace extensivo el agradecimiento a la Gerencia de Estudios y Asesoría Técnica de la CORDELOR y en especial al Ing° Carl Tejada, que constantemente interviniere

en lo que constituye este estudio.

## I N T R O D U C C I O N

La energía es un factor de desarrollo fundamental, por lo que en muchos países se realizan notables esfuerzos para dotar de este elemento hasta los lugares más remotos de sus territorios y de esta forma impulsar sus programas de desarrollo.

Actualmente dado los niveles de precios que han alcanzado los combustibles, por la disminución constante de las reservas de los mismos, es que existe una necesidad creciente de fuentes energéticas alternativas; necesidad que se agudiza en las áreas rurales donde el costo y dificultades del transporte limitan considerablemente su uso. Esta situación ha impulsado el desarrollo de sistemas basados en fuentes nuevas y renovables como la solar, eólica, biomasa y minihidro, situación donde nuestro país no podía quedar a la zaga.

En el Departamento de Loreto, se han instalado una gran cantidad de grupos electrógenos que se encuentran diseminados principalmente en caseríos; con potencias eléctricas de generación que varían entre 20 KW y 80 KW. En cuanto a la inversión, que es un parámetro importante para este estudio, están implicados rubros como adquisición, transporte e instalación de grupos electrógenos, redes eléctricas, sistema de alumbrado público, sistema de protección eléctrica, así como construcción y acondicionamiento de casas de fuerza y otros, toda esta infraestructura ha tenido un costo que superan ampliamente el millón de dolares dinero que fuera asignado por la Corporación Departamental de Desarrollo de Loreto (CCDDELOR), a partir del año de 1980 -

aproximadamente hasta el año 1985, año ésta en que cesó la partida del Proyecto Electrificación de Localidades menores - Sub Proyecto Electrificación de Caseríos.

Dado que la infraestructura eléctrica en el Departamento cuyo uso ha sido limitado por los costos de operación y mantenimiento, principalmente por el elevado precio de los combustibles y lubricantes en las poblaciones rurales, el presente estudio, tiene en cuenta la reorientación y optimización de los equipos ya instalados, así como el aprovechamiento de los recursos existentes para ampliar de esta forma - la cobertura del servicio.

En función de factores como son: Mercado, Disponibilidad de Recursos Energéticos etc., se determina un programa que propone llevar a cabo la electrificación ya sea en localidades que cuentan con infraestructura eléctrica (básicamente mejoramiento) así como en aquellas que carecen de esta necesidad, para lo cual será necesario realizar una selección y priorización de éstas.

En cuanto a los sistemas de generación de energía (motivo primordial del presente estudio) se analizan y evalúan las características técnicas, tecnológicas y económicas de cuatro alternativas a saber : Energía de Biomasa con sus variantes, Gas de Gasógenos y Biogas, Energía Solar, Energía Eólica y Grupos Electrógenos con combustible tradicional (comparativo). En lo que se refiere a la energía de la biomasa se describen los aspectos químicos y tecnológicos en todas sus formas, se pone énfasis en el recurso forestal existente en nuestra selva peruana desde el punto de vista de su utilización con fines energéticos, identificándose especies y grupos de especies (no comerciales) dentro de la mixtura que presentan los bosques tropicales (de uso comercial )



en la región como los más aparentes para utilizarlos como bosques e  
nergéticos se pone de manifiesto los estudios efectuados sobre pro -  
 piedades caloríficas de variedades de madera y su relación con la hu  
 medad de la misma. Se evalúan las alternativas de electrificación en  
 base al biogas en lo referente a la energía solar se tiene en cuenta -  
 la evaluación de la radiación solar, generación térmica de potencias,  
 generación fotovoltaic ventajas y desventajas, descripción del sis  
 tem aspectos económicos estado de la tecnología etc , en cuanto a  
 la energía eólica se describen los recursos eólicos, aplicaciones y  
 equipos experiencias etc finalmente la generación convencional que  
 como se indicó tiene carácter comparativo.

En base al análisis Técnico-Económico se determinará la alternati  
 va adecuada, es decir aquella que será empleada para la generación de  
 energía en el programa de eléctricación. Asimismo, se evalúa y ana  
 liza el sistema de distribución el ctrica que será adoptado en el pro  
 grama.

En virtud al sistema de generación de energía seleccionada, al -  
 sistema de distribución elegido y a la priorización de localidades es  
 que el programa de electrificación alcanza un nivel superior de conso  
 lidación. En tal sentido se describen la secuencia más favorable pa  
 ra el proceso productivo en la central de generación de energía, esta  
 bleciéndose módulos de plantas o micro-centrales en función de su ca  
 pacidad instalada, para ser construidas en localidades sin unidad ge  
 neradora (plantas nuevas) o con unidades generadoras (adaptación a  
 plantas existentes) Posteriormente se plantea la implementación del  
estudio en dos niveles para finalmente proceder a la ejecución e im  
 plementación del programa de electrificación a través de la creación de

un organismo especial, quien tendrá autonomía financiera y ejecutiva - de carácter temporal.

En concordancia con lo descrito, este estudio tiene como objetivo- determinar con fundamentos sólidos la factibilidad técnica y económica, para continuar con la electrificación de los Caseríos en el Departemento a fin de que se cuente con un documento que contenga los elementos de juicio necesarios para decidir sobre su implementación y puesta en marcha también se pudiera considerar como un objetivo el de brindar - a los pobladores en los caseríos de muestra selva una alternativa de solución al problema energético que se presenta actualmente.

## CAPITULO 2.

### ESTUDIO DE MERCADO ENERGETICO

#### 2.1 Análisis Socio - Económico de la Zona

##### 2.1.1 Ubicación Geográfica y Superficie

El Departamento de Loreto se encuentra ubicado en el extremo Nor - Oriente del territorio peruano. Sus coordenadas geográficas se encuentran entre los  $0^{\circ} 1''$  y  $11^{\circ} 27''$  de latitud Sur y  $69^{\circ} 55''$  y  $77^{\circ} 47''$  de longitud Oeste de Greenwich; entre los 80 msnm. hasta los 2,000 msnm. del lado oriental de la cordillera.

Por el Norte limita con las Repúblicas de Ecuador y Colombia, por el Este con la República de Brasil, por el Sur con el Departamento de Ucayali y por el Oeste con los Departamentos de San Martín y Amazonas.

Cuenta con una superficie total de  $380,467,66 \text{ Km}^2$  que representa aproximadamente el 30 % del territorio nacional. Es el Departamento de mayor extensión territorial del país que concentra a solo el 2,5 % de la población nacional censada en 1981, convirtiéndose en el segundo departamento menos denso del país con 1,3 habitantes por  $\text{Km}^2$ , después de Madre de Dios cuya densidad es 0,4 habitantes por  $\text{Km}^2$ .

##### 2.1.2 Clima

El clima de la Selva baja es cálido, húmedo y lluvioso; según J. Tosi (1960), ecológicamente la zona corresponde a la formación

de bosque húmedo tropical.

La temperatura es uniformemente alta casi todo el año. Durante el invierno o época de lluvia (normalmente de Diciembre a Abril) la temperatura puede llegar a  $15^{\circ}\text{C}$ , en cambio en Verano (Junio a Octubre) se puede registrar hasta  $37^{\circ}\text{C}$  y excepcionalmente se observa una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ ; el promedio observado durante el año es de  $28^{\circ}\text{C}$ , correspondiendo las temperaturas más bajas en época de lluvia y las más altas en época de seca.

Los vientos frescos procedentes del S.O. provocan un enfriamiento llamado los Frios de San Juan, que generalmente se producen a fines del mes de Junio y principios del mes de Julio.

La humedad es también una de las características importantes de nuestro bosque tropical amazónico, encontrándose en promedio una humedad de 80 a 95% en algunas oportunidades pueden llegar al 100%. En las madrugadas es cuando se presenta la mayor intensidad, sin embargo conforme pasan las horas hasta el medio día e inclusive hasta la puesta del sol la humedad disminuye por la evaporación.

En cuanto a las precipitaciones fluviales éstas varían de 2,000 a 3,000 mm. por año.

### 2.1.3 Estudio de la Población

Las características y dinámica de una población deben entenderse en relación a las peculiaridades económicas, sociales y culturales de esa sociedad concreta, dado que la población de una sociedad es a su vez efecto y causa de los distintos procesos de desarrollo por los que ésta atraviesa. El conocimiento de la realidad poblacional per

mite una orientación adecuada de las acciones de planificación y desarrollo, de allí la importancia de su análisis en el presente estudio.

### 2.1.3.1 Metodología

El análisis poblacional se basa en los resultados obtenidos en los censos realizados en 1961, 1972 y 1981. Para poder realizar comparaciones que deriven en explicaciones válidas, desde un punto de vista estadístico es necesario que las cifras comparables tengan una base uniforme.

Como se sabe, el Departamento de Loreto ha sufrido varias modificaciones a partir de 1961, por lo que es necesario realizar los siguientes ajustes en las cifras publicadas:

La Provincia de Mariscal Ramón Castilla, fue creada por Decreto Ley 22728, del 18 de Octubre de 1979 y está integrada por los Distritos de Ramón Castilla, Pevay y Yavarí. La información para 1961 y 1972 se ha agrupado considerando esta nueva Provincia, para fines de comparabilidad.

Por Decreto Ley 23099 del 18 de Junio de 1980, se creó el Departamento de Ucayali, integrado por las Provincias de Coronel Portillo y Ucayali que formaban parte del Departamento de Loreto. Posteriormente la Provincia de Ucayali se integró a Loreto (Ley 23331 del 10 de Diciembre de 1981).

Estos cambios también han sido considerados para analizar el Departamento con su división política y límites actuales.

La clasificación de las zonas como urbanas o rurales obedece a los criterios establecidos por el INE, por los cuales un área ur-

vana es el conjunto de centros poblados que tienen como mínimo 100 viviendas agrupadas contiguamente o son Capitales de Distritos. El área urbana de un distrito puede estar conformada por uno o más centros poblados. Asimismo, el concepto de área rural se refiere al conjunto de centros poblados que tienen menos de 100 viviendas agrupadas contiguamente o estén distribuidas en forma dispersa.

## 2.1.3.2 Análisis de la Población Actual

### 2.1.3.2.1 División Política de Loreto

Actualmente el Departamento de Loreto, se encuentra dividido en 6 Provincias y 43 Distritos. La Provincia de Maynas es la más antigua y comprende 10 Distritos de los cuales Iquitos, la capital del Departamento, se ha convertido en el más importante centro urbano con una población total de 205,568 habitantes (según censo de 1981) equivalente al 42.6 % del total departamental. Su extensión alcanza 129,040.07 Km<sup>2</sup>, resultando una densidad poblacional de 2.02 habitantes Km<sup>2</sup> que es la más alta del Departamento.

La Provincia de Alto Amazonas es la segunda importante en términos de población alcanzando en 1981 los 83,700 habitantes ubicados en un área de 67,647.59 Km<sup>2</sup>. El 39 % de su población habita en el área urbana, siendo Yurimaguas el más importante de los 11 Distritos que lo forman y concentra el 43.5% de la población provincial.

La Provincia de Loreto está formada por 4 Distritos sobre una superficie de 65,464.79 Km<sup>2</sup>. Es la Provincia de menor densidad poblacional (0.54 habitantes / Km<sup>2</sup>), cuya población de 35,570 habitantes representa sólo el 7.4 % del total departamental.

Ramón Castilla, fue creada como Provincia en 1979, con la unión de tres Distritos que pertenecían anteriormente a Maynas. Su

población actual llega a 22,706 habitantes, ubicados en una superficie de 40,537.5 Km<sup>2</sup> y de los cuales sólo el 16 % radican en el área urbana. Requena está formada por 9 Distritos con una población de 42,487 habitantes y una extensión de 45,460 Km<sup>2</sup>. Ucayali formada por 6 Distritos con un total de 37,461 habitantes y una superficie de 32,290.46 Km<sup>2</sup>, fue anexada inicialmente al Departamento de Ucayali, reintegrándose en 1982 a Loreto.

El cuadro II - 1, muestra la densidad poblacional a nivel provincial observándose que en todos los casos los niveles son bastante bajos y muy inferiores al promedio nacional (13.3 habitantes / Km<sup>2</sup>).

La población urbana representa el 53 % del total departamental y está altamente concentrada en Iquitos; contrariamente a la población rural que concentra al 47 % del total, pero se encuentra diseminada en un gran número de caseríos. La gran diferencia socio-económica que existe entre ambas zonas (urbana y rural) ha derivado en características y comportamientos peculiares que obligan a tratarlas separadamente.

De acuerdo al último censo en el Departamento de Loreto - existen 1,710 centros poblados de los cuales sólo 45 (2.6 %) son calificados como urbanos. El 49 % ó 842 centros poblados tienen una población de hasta 100 habitantes y sólo 4 cuentan con poblaciones mayores a 5,000 habitantes.

Del cuadro II - 2 se deduce que en su mayoría son poblados muy pequeños, ya que el 88.7 % se ubica en rangos poblacionales de hasta 300 habitantes. La Provincia de Alto Amazonas concentra el mayor número de centros poblados (31% ó 531 poblados) seguida de Maynas con el 29 % ó 494 poblados.

## 2.1.3.2.2 Factores que inciden en la Evolución de la Población

El ritmo de crecimiento poblacional, es consecuencia de los cambios operados en los niveles de mortalidad, fecundidad y migraciones. Lamentablemente no existe información disponible que permita realizar estudios más exactos sobre las mencionadas variables demográficas, por las limitaciones que presentan las oficinas de Registros Civiles. Este programa se torna más dramático si se piensa en un análisis desagregado a nivel distrital o centro poblado en el Departamento, dado que muchos de ellos no cuentan con un Registro Civil y las dificultades impiden generalmente la realización de estos trámites en los poblados más cercanos. De otro lado, la infraestructura deficiente de tales oficinas reduce la fiabilidad de la información por lo que los cambios observados a través del tiempo en dichas tasas podrían proporcionar un indicio de la tendencia de las mismas y/o cambios en la calidad de los registros.

Sólo ha sido posible obtener información sobre nacimiento y defunciones para los distritos mostrados en el cuadro II - 3 y para el periodo 1975 - 1979. En base a estos datos se elaboraron las tasas de natalidad, mortalidad general y mortalidad infantil presentadas en el cuadro II - 4.

La tasa bruta de natalidad (TBN) es definida como el número de nacimientos registrados en un periodo divididos por el tamaño poblacional para dicho año y se expresa en milésimas. De dicho cuadro se deduce que en casi todos los Distritos para los cuales se obtuvo información la TBN ha registrado variaciones muy pequeñas con excepción de Requena que se incrementó de 46.1 nacimientos por cada mil habitantes en 1975 a 52.66 en 1979.

La tasa bruta de mortalidad (TBM) se expresa también en milésimas



les de habitantes y mide la proporción de defunciones totales en relación con el nivel poblacional para un periodo dado. En el cuadro II 4, se observa que esta tasa ha disminuido en todos los casos mostrando niveles relativamente bajos para los promedios regionales y nacionales. El INE ha estimado la TEM promedio para el Perú en 13.0 para 1970 - 1975 y en 13.3 para la región de la selva, que se ubican por encima de las tasas estimadas para 1975.

Estas notorias diferencias se explican por las deficiencias en los Registros Públicos y por el poco interés y ausencia de costumbres de la población para la realización de los trámites establecidos.

La tasa bruta de mortalidad infantil es la relación porcentual del número de defunciones de menores de un año con los nacimientos totales registrados en un periodo. De acuerdo al cuadro II 4 esta tasa ha decrecido en todas las ciudades consideradas, excepto para Lagunas que subió de 42.19 por mil en 1978 a 91.84 en 1979.

Para toda la selva, el INE ha estimado esta tasa en 127.7 por mil, para el periodo 1970 - 1975 que se ubica también muy por encima de los estimados del cuadro II 4, indicando también la posibilidad de errores en los registros.

Lo antes mencionado indica la imposibilidad de realizar estudios confiables de estas variables demográficas con la finalidad de hacer proyecciones de las mismas que sirvan de base para las proyecciones poblacionales.

La tendencia temporal de las variables demográficas mencionadas están influenciadas por una serie de factores de orden socioeconómicos. La estructura socioeconómica de la selva se caracte

riza por sus bajas condiciones nutricionales y sanitarias, las deficientes condiciones de vivienda, los bajos niveles de ingreso y ocupación etc.; condición ésta que deberá ser superada para lograr un nivel de desarrollo adecuado.

Las tasas de mortalidad se ven afectadas por el alto índice de subnutrición existente como consecuencia de un consumo insuficiente de calorías, proteínas, calcio, vitaminas etc., siendo esta situación más notable en el medio rural que en el urbano. Sin embargo, el verdadero efecto de las deficiencias nutricionales sobre las tasas de mortalidad se ve oscurecido por decesos atribuidos a diversas causas pero que tienen su origen en la desnutrición. Es probable que dichas muertes tengan mayor incidencia en las primeras edades de la vida de ahí que la mortalidad infantil alcance valores elevados.

Asimismo, la elevada mortalidad de la zona es un indicador importante de la deficiente cobertura de la población con servicios médicos y sanitarios; siendo más grave la situación en las áreas rurales que en las urbanas. La disponibilidad de médicos es muy pequeña frente a la necesidad con el agravante que ellos se concentran en las grandes ciudades como Iquitos, Yurimaguas, etc., haciendo mucho más difícil la situación para los centros poblados más alejados.

El bajo nivel educativo representa otro obstáculo para la acción sanitaria impidiendo a la población discernir sobre aspectos que conllevan a una menor incidencia de mortalidad tales como: la necesidad de introducir el uso de medicamentos en sustitución de remedios caseros; aceptar y ejecutar medidas preventivas hacia enfermedades, prácticas a seguir para evitar la propagación de éstas etc. - - El nivel educativo y cultural afecta también la tasa de natalidad por el desconocimiento de métodos preventivos adecuados.

Es de esperar que con una mejora en el sistema educativo de la región se logre disminuir las tasas de mortalidad, especialmente infantil y las de natalidad.

De otro lado la ausencia de servicios de agua potable y el cantarillado muy característico en la zona, ejerce también una fuerte influencia sobre la salud de su poblador, quien se halla expuesta al consumo de aguas contaminadas y en su mayoría no dispone de servicios higiénicos con drenaje, originando medios de propagación de enfermedades. Esto contribuye a la difusión de enfermedades infecciosas y parasitarias que se han convertido en males endémicos de la región.

No cabe duda que la tendencia de la población del Departamento de Loreto dependerá en gran medida de la política general de desarrollo que se aplique por sus efectos en los factores ya mencionados: infraestructura educativa, de salud, carreteras, niveles de ingreso, etc. = Definitivamente una elevación del nivel socio-económico de la población se manifestará en una alteración de las principales variables demográficas de la zona.

### 2.1.3.2.3 Proyecciones de la Población en el Horizonte del Estudio

#### 2.1.3.2.3.1 Metodología

Existen varios métodos para realizar proyecciones de población, los mismos que se basan en los resultados de dos o más censos poblacionales, así se tiene por ejemplo, que el método de los componentes se caracteriza por el análisis independiente de los factores que determinan la estructura y dinámica de una población, lamentablemente por los problemas expuestas anteriormente en el presente estudio no será posible aplicar este método por la ausencia de información necesaria para la estimación de las tasas de mortalidad, natalidad y migra-

ciones.

Considerando el nivel de información existente el método más adecuado para realizar dichas proyecciones es del crecimiento geométrico expresado como:

$$N_t = N_0 (1 + r)^t$$

Donde:

$N_t$  = Población proyectada para el año  $t$

$N_0$  = Población censada en el año base

$r$  = Tasa promedio anual de crecimiento

La tasa anual de crecimiento ( $r$ ) se estima en base a las poblaciones empadronadas en los dos últimos censos mediante la fórmula:

$$r = \sqrt[t]{\frac{N_t}{N_0}} - 1$$

Donde:

$r$  = Tasa de crecimiento

$t$  = Periodo intercensal, estimado en 9.104 para 1981 - 1972

$N_t$  = Población empadronada en el año  $t$  (1981)

$N_0$  = Población empadronada en el año 0 (1972)

Debe mencionarse que el método del crecimiento geométrico en la práctica ha permitido realizar proyecciones bastante realistas, pero su validez generalmente se limita a un periodo de diez años a partir del cual pueden obtenerse resultados algo distorsionados. En términos generales la validez de cualquier método se reduce a partir de los 10 años dado que se trata de periodos suficientemente grandes como para

ra variar sustancialmente los factores que influyen en el crecimiento poblacional, observar cuadro II - 5A.

A nivel Departamental y Provincial el INE ha realizado proyecciones hasta el año 2,000 y utilizando el método de las diferencias divididas que se basa en los resultados de los censos de 1961, 1972 y 1981. Estas proyecciones serán comparadas con las estimaciones del presente estudio.

### 2.1.3.2 Resultados de las Proyecciones de Población

En el cuadro II - 5 se presenta la población proyectada a nivel departamental hasta el año 2,000. De acuerdo a él, la población departamental se incrementará a 627,412 habitantes en el año 1990 y a 849,500 habitantes en el año 2,000.

Las últimas proyecciones realizadas por el INE, a nivel provincial, se muestran en el cuadro II - 6 las que no presentan diferencias significativas con las mostradas en el cuadro anterior, siendo las realizadas en este estudio algo más conservadoras que las del INE.

Por las características específicas de la zona es sumamente difícil realizar proyecciones a nivel de centro poblado, con un margen aceptable de error. No existe información que permita estimar las tasas de mortalidad, natalidad y migraciones a nivel de centro poblado y las existentes para las ciudades más importantes no otorgan un índice adecuado de confiabilidad conforme se mostró anteriormente.

La Oficina Regional de Estadística de Loreto, ha publicado en Enero de 1986 proyecciones provisionales de población para el período 1980 - 1990 a nivel distrital que se muestra en el cuadro II - 7. Las tasas de crecimiento anuales implícitas en dichas proyecciones, se

muestran en el cuadro II - 8, observándose que en todos los casos se espera que esta tasa disminuya con el tiempo, manteniendo siempre los distritos que pertenecen a la provincia de Maynas y Alto Amazonas los niveles más altos. Doce de los 43 Distritos tienen tasas negativas, acentuándose esta tendencia con el tiempo. En promedio la tasa de crecimiento departamental se reducirá de 2.8 % a 2.5 % entre 1980 y 1990.

Estas tasas de crecimiento servirán como base para las proyecciones de población a nivel centro poblado, las que serán reajustadas en función de los planes de desarrollo que existen para la región que otorgan un dinamismo especial a determinadas localidades.

#### 2.1.4 Estructura Productiva

La zona de la selva baja, formada por los Departamentos de Loreto, Ucayali y Madre de Dios, tienen mínima importancia económica a nivel nacional, representando en conjunto el 8.3% del PBI nacional en 1985. El 8.0 % corresponde a Loreto y Ucayali y sólo el 0.3 % a Madre de Dios, convirtiéndose en el menor a nivel nacional. Estas estadísticas se publican en forma conjunta para los Departamentos de Loreto y Ucayali, se muestran en el cuadro II - 9. Asimismo, se observa que la principal actividad es la explotación de Minas y canteras que representa el 61.80 % del PBI a nivel departamental de ambos Departamentos y el 38.9 % de la producción nacional de dicho Sector. Otras actividades importantes son la construcción, comercio, agropecuaria, caza y silvicultura, pesca y vivienda.

En el periodo 1979 - 1985 el PBI de estos departamentos ha decrecido en 1.7 % anual en promedio indicando naturalmente una caída en la producción siendo los más afectados las industrias manufactureras, la construcción así como la explotación de minas y canteras.

donde obviamente está incluida la explotación del petróleo.

El cuadro II = 10 muestra la composición porcentual del PBI de Loreto y Ucayali, clasificado por actividad económica para el periodo 1979 = 1985. Se aprecia que la importancia relativa del Sector Agricultura prácticamente ha permanecido constante de 5.3 % en 1979 a 5.3 % en 1985, notándose una mejora para el año de 1982 con 5.9 %; en cuanto a las industrias manufactureras éstas han sufrido una disminución productiva de 5.1% en 1979 a 3.5% para 1985 como consecuencia, preferentemente del estancamiento en las Empresas Madereras; para el sector de Minería se nota una merma productiva en 1982 con 57.7%, sin embargo en 1985 logra una pequeña recuperación llegando a cubrir el 61.8%

La estructura productiva de la región se caracteriza por:

- Se basa en la producción de petróleo y derivados así como madera, que destina al mercado nacional y/o exterior. Estos sectores son los que producen un mayor valor económico.
- Otras actividades importantes son la producción de arroz, plátano, yuca, maíz, pescado fresco y seco = salado, frutas, tabaco productos predominantemente para consumo interno con excepción de los agro = industriales, destinados al mercado nacional. En menor grado y con fines de exportación, se producen castañas, peces y plantas acuáticas, ornamentales, pieles, resinas, aceites de origen forestal, etc.
- Existe un alto grado de concentración en las actividades primarias (hidrocarburos, agricultura, forestal y pesca) y en los de servicio (comercio, transporte y otras).
- Es deficitaria en el suministro de energía eléctrica, medios de eq

municación y transporte, especialmente en áreas rurales.

☐ Aparentemente presenta serias limitaciones para lograr una mayor expansión económica.

#### 2.1.4.1 Actividad Agropecuaria

La superficie territorial del Perú es de 1'285,215,62 Km<sup>2</sup> correspondiendo al Departamento de Loreto el 29.6 % (380,467.66 Km<sup>2</sup>).

El cuadro II - II muestra un estimado sobre la clasificación de tierras de la región de acuerdo a su aptitud, siendo significativos los terrenos de extracción de aguaje y bosques de protección (inaluidos en otros).

En términos de principales productos agrícolas, se observa que el arroz es el de mayor significancia notándose una gran cantidad de Ha sembradas, le siguen el maíz, plátano y yuca (cuadro II-12).

Entre la producción pecuaria más significativa figuran la crianza de vacunos, aves, porcinos y búfalos de agua, así como una abundante y valiosa fauna silvestre. El cuadro II - 13 muestra la producción pecuaria más importante en los últimos años.

#### 2.1.4.2 Actividad Forestal

Como se ha mencionado el Departamento cuenta con importantes recursos forestales, habiendo alcanzado la producción de madera más significativa con 315,300 m<sup>3</sup> en 1981. Los recursos forestales aparecen comúnmente congregados en bosques denominados Manchales - con un sin número de especies y variedades, conforme se muestra en el cuadro II - 14; se nota que la Lupuna es la especie de mayor producción o explotación.



La vegetación está en relación con las características y condiciones de los suelos. Hay bosques de tierras altas, de zonas secas, húmedas, pantanosas clasificados como bosques de formaciones forestales, relacionadas con el grado de fertilidad natural de los suelos y con sus propias características. Los de la zona inferior temporalmente inundables, con alto índice pluviométrico, así como penetrados por la luminosidad y calor solar, son conocidos como de las victorias regias, las que en verano aparecen flotando en los pequeños lagos formados por las lluvias e inundaciones. Las de las zonas bajas son tierras de aluvión y el zócalo medio se caracteriza por ser muy ondulada con pequeñas elevaciones sometidas a un periodo de sequedad de 6 meses anuales.

### 2.1.4.3 Actividad Industrial

El sector industrial se localiza básicamente en Iquitos y en menor proporción en Yurimaguas, estando las principales actividades orientadas hacia la explotación y transformación forestal y sus derivados existiendo aserraderos y laminadoras en puntos estratégicos para el abastecimiento de madera rolliza.

Gran parte de la empresa industrial se opera en familia y numerosas empresas se vinculan al comercio y transporte siendo el sub-sector artesano muy débil e inestable y el sector informal bastante pequeño. La poca diversidad es una característica saltante explicada por el tamaño del mercado y la competencia nacional y externa.

Lamentablemente la información sobre la actividad fabril es bastante limitada, incompleta y con un alto margen de error, impidiendo un análisis adecuado.

El cuadro II  $\Rightarrow$  15 resume la actividad industrial del Departamento de Loreto durante los años de 1986 y 1987. Se puede apreciar que en el año de 1986 de las 47 Empresas Constituidas el 29.8 % se dedican a la destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas mientras que para el año de 1987 el 12 % de las 58 Empresas Constituidas se dedican a los talleres de acpilladura y aserraderos; en el mismo cuadro puede verse el incremento porcentual del movimiento industrial en Loreto.

#### 2.1.4.4 Minería e Hidrocarburos

La actividad minera es de escasa significación real y potencial con cierta incidencia en los productos no metálicos como arcilla, sal, arena y limo, éste último acumulado en las riberas de los ríos.

El petróleo es el recurso minero principal. Es un recurso no-renovable cuyo monto de reservas no se conoce. De acuerdo a PETROPERU, las reservas probadas en 1983 alcanzaban 715.7 millones de barriles, que corresponden al consumo aproximado de 15 años considerando una demanda nacional de 110 a 120 mil barriles diarios; asimismo el 53 % de las reservas probadas se localizarían en la Selva. Los estimados sobre reservas difieren, pero las actividades realizadas hasta ahora sugieren que la futura producción no provendrá de grandes campos y que los actuales se agotarían al año 2,000.

Por otro lado, no es alentador que en el año de 1987 la producción de petróleo a nivel nacional tuviera un promedio diario de 163,644 barriles lo que significó un decremento de 7.8% comparado con el año anterior; en lo que se refiere a la producción petrolera exclusivamente en la selva, ésta tuvo una caída de 7.2 % en 1986; y se des

tina al consumo interno, para ello existen dos refinerías, una en Loreto (Iquitos) y otra en Ucayali (Pucallpa) con 3 plantas de distribución.

De acuerdo a la información existente en la región no se produce gas licuado a pesar de las reservas ya descubiertas, en la localidad de Aguaytía, calculadas en 14,703 millones de m<sup>3</sup> que se esperan explotar a corto plazo.

## 2.2 Definición del Área de Influencia del Estudio

### 2.2.1 Centros Poblados Urbanos y Rurales Considerados

El área de influencia del estudio abarca a las seis Provincias que conforman el Departamento de Loreto, sin embargo es necesario tomar en consideración diversos factores que permitan un beneficio general a los centros poblados seleccionados, los cuales serán atendidos a través de un programa de electrificación a nivel rural, motivo fundamental del presente estudio.

En tal sentido, de acuerdo a factores poblacionales socio-económicos, estratégicos, etc. se determinó de una manera primaria que el área de influencia abarcaría a 261 centros poblados tal como se aprecian en los cuadros II-16 y II-17 (sobre una rigurosa selección de Localidades, se detalla en el siguiente capítulo).

Como se observa en el cuadro II-2 existen 1,710 centros poblados urbanos y rurales con poblaciones disímiles; de las localidades seleccionadas prácticamente el 12% son urbanas, ubicándose la mayoría en las Provincias de Maynas, Alto Amazonas y Requena, la gran cantidad de estos centros urbanos son Capitales de Distrito; con respecto al 88% de Localidades, naturalmente están ubicadas en el área rural y en su mayoría son caseríos.

En diversas oportunidades se ha visitado gran cantidad de estas localidades, sobre todo aquellas que cuentan con infraestructura eléctrica, sin embargo debido a las dificultades de transporte existente en la región, no fue posible la visita en gran cantidad de éstas, pero sin lugar a dudas fue productivo ya que se obtuvo valiosa información relacionado principalmente con los siguientes aspectos:

- Socio - económicos
- Infraestructura eléctrica existente
- Disponibilidad de recursos energéticos.

Estos resultados se han utilizado para diversos aspectos del presente estudio (Mercado, Localización, Tamaño, Tecnología etc.). Esta información que bien pudiera llamarse primaria ha sido complementada con información secundaria obtenida en Iquitos:

### 2.3.1 Estudio de la Demanda de Energía Eléctrica en el Área de Influencia

#### 2.3.1.1 Análisis de la Tendencia Histórica del Consumo de Energía Eléctrica en General

Lamentablemente no existen estadísticas sobre los consumos históricos de energía eléctrica en la totalidad de los centros poblados que forman el área de influencia del estudio, y que naturalmente se encuentran enmarcados dentro del ámbito rural. La CORDELOR, como Entidad gestora del programa de electrificación durante los primeros años de esta década, encargó la administración de la infraestructura a los Municipios locales y éstos posteriormente en algunos casos derivaron el encargo a los comités de electrificación o Juntas de Usuarios. En cuanto a las tarifas, éstas no se realizan aún, en función de los niveles de consumo ni son facturadas ya que se trata de un mon

te fijo bastante irrisorio en comparación a los costos de operación - debido fundamentalmente a la pauperrima situación económica en que se encuentran los habitantes de dichas Localidades, por otro lado es imposible conocer directamente los niveles de consumo ya que no existen medidores eléctricos.

En los archivos del Ministerio de Energía y Minas Ex Dirección Regional de Energía y Minas, con sede en Iquitos, se puede encontrar una estadística relativamente real del historial eléctrico en Loreto a nivel rural, en él se puede observar que alrededor del año de 1980 se dió paso al programa de electrificación rural y con el naturalmente, la instalación de los grupos electrógenos, en los cuales se aprecia que el tiempo de operación arande 4 a 5 horas diarias en promedio, de tal manera que pudiera afirmarse que los grupos electrógenos están prácticamente nuevos, asimismo las potencias eléctricas - nominales de las unidades son bastante modestas siendo suficiente para cubrir las demandas diarias de energía eléctrica.

En cuanto a la administración y operación de la infraestructura eléctrica se nota grandes brechas debido a la carencia de personal eficiente y efectivo para ese fin.

Finalmente como una información complementaria se indicará que en el ámbito urbano es ELECTRO-ORIENTE, encargada de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica en Loreto.

#### 2.3.1.1 Tipos de consumo

El consumo de energía eléctrica a nivel rural, no es facturada y que normalmente a nivel general se presentan los siguientes tí

pos: de consumos:

- ☉ Alumbrado Público
- ☉ Consumo Doméstico
- ☉ Usos Generales

#### 2.3.1.1.1 Consumo Industrial

Generalmente el consumo industrial no se presenta en estas localidades, consumo que es facturada solamente en ciudades pobladas y con mayor concentración de infraestructura industrial y de servicios (Normalmente administradas por ELECTRO-ORIENTE) que se explican a continuación:

- ☉ En los poblados muy pequeños no existe realmente este tipo de consumo, ya que la infraestructura industrial es nula.
- ☉ En doce Localidades del cuadro II - 17 la infraestructura industrial ha sido calificada como baja y se refiere básicamente a la existencia de trapiches y/o un molino o algún taller artesanal. En algunos casos existe un aserradero.
- ☉ Las Localidades con infraestructura industrial regular o relativamente alta cuentan con aserraderos, molinos, panadería, trapiches, etc. pero generalmente se autoabastecen de la energía necesaria a través de grupos electrógenos propios. Esto debido a que normalmente el servicio regular, no es continuo y no otorga garantía alguna para la realización de dichas actividades.

#### 2.3.1.1.2 Alumbrado Público

El consumo por concepto de alumbrado público es fundamental en todas las Localidades que cuentan con este servicio. Como referencia es importante indicar que en el Ministerio de Energía y Minas a través del proyecto Electrificación de Localidades Menores ☉

Electrificación de caseríos, definía que en cada poste de alumbrado público debería de acondicionarse un equipo de 100 Watts de consumo.

#### 2.3.1.1.3 Consumo Doméstico

El consumo doméstico de energía eléctrica así como el de alumbrado público, prácticamente han sido la razón de ser de la existencia del Proyecto de la electrificación rural en años anteriores.

La experiencia demostró en su oportunidad, que a cada vivienda se le asignara una demanda máxima de 150 Watts como valor promedio para realizar los cálculos respectivos (Valor de diseño en el Ministerio de Energía y Minas - Proyecto de Electrificación).

Como se indicó, las Localidades a nivel rural tienen acceso a la energía eléctrica en forma diaria, en la mayoría de los casos y por un periodo de 4 a 5 horas que generalmente es nocturno.

#### 2.3.1.1.4 Consumo Comercial

Normalmente el consumo comercial se refiere preferentemente a la tienda o bodega, no se da otro tipo de comercio, y que para efectos de diseño la carga comercial era tratada como carga doméstica (en el Proyecto de Electrificación de Caseríos).

#### 2.3.1.1.5 Usos Generales

Denominadas cargas especiales y dentro de este rubro están consideradas las siguientes cargas eléctricas: Posta médica, Iglesia, Colegios etc. sin embargo para efectos de diseño se asignaba un valor de 250 Watts en cada caso (valor de diseño Ministerio E. y M. Proyecto Elect.)

#### 2.3.2 Análisis de Factores que influyen en la Demanda Independiente

### diente del Comportamiento Histórico

Como se indicó, el ingreso real de los pobladores juega un rol preponderante en la demanda de energía y simultáneamente el ingreso está relacionado con el nivel de actividad productiva de la localidad. La existencia de aparatos eléctricos tiene también relación con el nivel económico y cultural existente.

En las localidades rurales, con carencia de energía eléctrica, generalmente los gobiernos locales gestionan ante el gobierno central el establecimiento del servicio sin considerar las posibilidades económicas y por ende los problemas subsiguientes a que conlleva a la población o localidad.

### 2.3.3 Análisis del comportamiento Histórico del Consumo de Energía Eléctrica Para Actividades Productivas.

Las referencias de consumos históricos analizados anteriormente, para las localidades incluidas en el área de influencia del estudio no muestran consumos de tipo industrial, lo que impide un análisis por actividad productiva. Sin embargo, para tener una idea actual que pudiera servir como base en el futuro, se sabe que este consumo es cubierto por grupos electrógenos privados, para los cuales no existe estadística directa, por ejemplo : Electro Oriente informa de la existencia de dos autoprodutores alejados de la periferia de la ciudad de Iquitos, que son la Base Naval Santa Clotilde y la Refinería Petro-Perú, ambos por cuenta del estado.

### 2.3.4 Proyección Del Consumo De Energía Eléctrica Por Tipo De Consumo

#### 2.3.4.1 Metodología

Para determinar la demanda de energía eléctrica en cada una de las Localidades que conforman el área de influencia del estu



dio, se han utilizado estudios anteriores en los que se trata de poblaciones con características similares. Dado que no existen estadísticas sobre consumos históricos, ha sido necesario utilizar experiencias en zonas similares.

La metodología utilizada por ELECTROPERU S.A. corresponde a la presentada por la firma consultora canadiense Montreal Engineering (OVERSEAS) Ltd. Monenco, 1980 y que aparece en el V Proyecto de Energía Eléctrica del Perú. Estos resultados han sido reajustados para la Selva Baja por la misma empresa en el Proyecto de Electrificación de la Corporación de Desarrollo de Ucayali. Ambos documentos han sido considerados en las proyecciones de consumo del presente estudio.

### 2.3.4.1.1 Pronóstico de Población

Las proyecciones de población hasta el año 2,000 se muestran en el cuadro II-13A. Estas proyecciones se basan en la metodología expuesta en el acápite 2.1.3.2.3, con los reajustes respectivos derivados de las características específicas de cada localidad. Se han considerado también las tasas de crecimiento distrital proyectadas por la oficina Regional de Estadística hasta el año 2,000.

### 2.3.4.1.2 Densidad Familiar

Está determinada por la relación:

$$\text{Densidad Familiar} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{de Habitantes}}{\text{N}^{\circ} \text{de Familias}}$$

Para este cálculo se han utilizado los datos del censo de 1981, valor que se mantiene constante en todo el desarrollo del estudio.

### 2.3.4.1.3 Determinación del Número de Familias

Está dado por la relación:

$$\text{N}^\circ \text{ de Familias} = \frac{\text{Pob}_{87}}{\text{D.F.}}$$

Donde: 's

$\text{Pob}_{87}$  's Población del año 1987 .....2,000

$\text{N}^\circ \text{ de Fam}_{87}$  's Número de familias del año 1987 .....2,000

$\text{D.F.}$  's Densidad familiar

### 2.3.4.1.4 Número de Abonados Domiciliarios

Para determinar el número de abonados domiciliarios se utiliza el coeficiente de electrificación ( $C_e E_e$ ) el cual está definido por la relación 's

$$C_e E_e = \frac{\text{N}^\circ \text{ Abonados Domiciliarios}}{\text{N}^\circ \text{ de Familias}}$$

En su aplicación se distinguen los siguientes casos 's

a. Localidades con Servicio : El valor de este parámetro se obtiene de datos históricos. Este valor es bastante moderado en las localidades de influencia del estudio, varia entre 0.55 a 0.75 como promedio.

b. Localidades sin servicio 's Se considera que para llevar a cabo la electrificación de una localidad, ésta tiene que ser integral, ya sea mediante préstamos con el Banco de la Vivienda, Financiamiento de Organismos Públicos o aporte directo de la población. Sin embargo, si bien las gestiones de financiamientos de las redes de electrificación son integrales, finalmente el proyecto no lo es, abarcando en el momento de su ejecución tan sólo porcentaje de la población que se asume en 68 % para el primer año y que crece con el tiempo de acuerdo al pronóstico del coeficiente del método Monenco y que se muestra en el gráfico II-1 con la diferencia que el año 1 será el año 7 de dicho gráfico.

En el año 2,000 este coeficiente sube a 78 %

Luego el número de abonados domiciliarios está dado por:

$$N^{\circ} \text{AB DI} = CE \times N^{\circ} \text{FAMI}$$

### 2.3.4.1.5 Consumo Unitario Domiciliario (CUD)

Es el consumo promedio de energía doméstica por usuario en un año. Su evolución se obtiene aproximadamente a una curva del tipo:

$$Y = AX^B$$

Donde:

Y : Consumo unitario domiciliario anual por abonado (Kwh/año)

X : Número de Abonados Domiciliarios = N°AB DI

A, B : Parámetros que dependen de la localidad. Para este estudio se tiene en consideración:

Para Poblaciones menores de 3,000 habitantes

$$A = 91.913$$

$$B = 0.2890$$

Para Poblaciones mayores de 3,000 habitantes:

$$A = 93.765$$

$$B = 0.3657$$

Estas curvas han sido elaboradas con datos de localidades con características semejantes, geográficamente cercanas y/o con similares condiciones climatológicas y socio-económicas.

### 2.3.4.1.6 Consumo de Energía en el Sector Domiciliario

$$CUD = N^{\circ} \text{AB DI} \times CUD$$

### 2.3.4.1.7 Número de Abonados del Sector Comercial

Para determinar el número de abonados se hace uso del factor K, que relaciona el número de abonados del sector comercial

con el número de abonados domiciliarios; este valor se considera constante durante todo el periodo en estudio:

$$K = \frac{N^{\circ}AB \text{ Comerciales}}{N^{\circ}AB \text{ Domiciliarios}}$$

Si el número de habitantes:  $< 1,000$        $K = 0.1$

Si el número de habitantes:  $> 1,000 < 3,000$        $K = 0.15$

Si el número de habitantes:  $> 3,000$        $K = 0.20$

Estos valores son de datos estadísticos:

### 2.3.4.1.8 Consumo de Energía en el Sector Comercial (CUC)

Naturalmente que se debe realizar un alcance en el tiempo debido a que las Localidades deben aumentar en cuanto a población y junto a ésta lo relativo al Sector Comercial así como Industrial y otros.

En primer lugar se determina el consumo unitario comercial utilizando el factor  $K_2$  que es la relación del consumo unitario comercial al consumo unitario domiciliario:

$$K_2 = \frac{CUC}{CUB}$$

Si el número de habitantes:  $< 2,000$        $K_2 = 1.15$

Si el número de habitantes:  $> 2,000 < 5,000$        $K_2 = 1.17$

Si el número de habitantes:  $> 5,000$        $K_2 = 1.2$

Luego el consumo de energía en el sector comercial está dado por:

$$CSC = N^{\circ}ABC \times CUC$$

### 2.3.4.1.9 Consumo de Energía en el Sector Industrial (C<sub>2</sub>E<sub>2</sub>S<sub>2</sub>I<sub>2</sub>)

Se tiene en cuenta en este sector a las actividades abastecedoras de productos y servicios para el mercado local, tales como tiendas artesanales, pequeños talleres de carpintería etc.

Se considerará cuando exista una población mayor de 1,000 habitantes. Este consumo se adopta del 5% al 10% del C.E.S.C., será el 5% cuando el poblado esté entre 1,000 y 5,000 habitantes y 10% para mayores a 5,000.

### 2.3.4.1.10 Consumo de Energía en el Sector Alumbrado Público

Para el caso de las localidades en las cuales se tiene el número de lámparas para este servicio, se determina en función de los mismos:

$$CEAP = N^{\circ} \text{ Lámparas} \times CU \times \frac{N^{\circ} \text{ Horas}}{\text{Día}} \times \frac{N^{\circ} \text{ de días}}{\text{Año}}$$

Donde:

CU : Consumo unitario de potencia de lámparas

Las estadísticas de consumo en localidades similares muestran que el consumo del Sector Alumbrado Público representa el 25% del consumo domiciliario (valor muy conservador), en promedio; factor que ha sido utilizado en los cálculos de las proyecciones.

### 2.3.4.1.11 Consumo de Energía en el Sector Usos Generales

El Sector de usos generales está constituido por establecimientos públicos, Colegios, Hospitales o Postas Médicas, Iglesias etc. cuyo uso es de carácter público. De datos históricos se puede asumir el 8% del consumo de energía en el sector domiciliario y que su evolución será similar al crecimiento de la población.

### 2.3.4.1.12 Consumo Neto de Energía (CNE)

Resulta de la suma aritmética de los consumos anteriores:

$$CNE = CESSD + CESSC + CESSI + CEAP + CEUG$$

### 2.3.4.1.13 Pérdidas por Distribución (PD)

Son aquellas que se presentan dentro de la localidad y se

asume el 6% del consumo neto de la energía

$$PD : 0,06 \text{ CNE}$$

#### 2.3.4.1.14 Energía a Generar (EAG)

Resulta de la suma del consumo neto de energía más las pérdidas por distribución

$$EAG : \text{CNE} + 0,06 \text{ CNE}$$

$$EAG : 1,06 \text{ CNE}$$

#### 2.3.4.1.15 Máxima Demanda de Potencia (MDP)

Se obtiene dividiendo la energía a generar entre las horas de utilización para cada año

$$MDP : \frac{EAG}{HU}$$

Horas de utilización (HU) se define como las horas que trabajará la central suministrando una potencia igual a la máxima demanda de la localidad durante un año

Las horas de utilización se determinan de datos estadísticos para una localidad de:

		<u>1987</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>
Nº de habitantes < 300	HU :	1,350	1,425	1,550	1,675
Nº de habitantes > 300 < 1000	HU :	1,550	1,625	1,750	1,875
Nº de habitantes > 1000 < 3000	HU :	1,850	1,925	2,050	2,175

Se estima que HU tendrá un incremento lineal anual de 25 horas

#### 2.3.4.2 Proyecciones

La aplicación de la metodología detallada anteriormente permite calcular la demanda de electricidad en las localidades en es

tudio, cuantificadas en Kw = h. Estas proyecciones se presentan en los cuadros II = 18 al II = 21 para los años 1987, 1990, 1995 y 2000 respectivamente.

En dichos cuadros se presenta la demanda estimada por sectores para cada localidad. Para el año 2,000 excluyendo los 68 centros poblados que ya cuentan con infraestructura eléctrica a la fecha (Diciembre 87), esta demanda es como se indica:

<u>POTENCIA (KW)</u>	<u>N° DE CENTROS POBLADOS</u>
Hasta 20	167
De 25 a 35	20
De 36 a 60	6
	<hr/>
T O T A L	193

El cuadro II = 22 resume las máximas demandas por rangos de potencias para los 193 centros poblados que actualmente no cuentan con servicio eléctrico. Se observa que más del 86% de estos centros poblados tendrán que ser cubiertos con unidades de generación eléctrica de 20 Kw.

### 2.3.0 Análisis de la Oferta Actual en el Área de Influencia

#### 2.3.0.1 Instituciones Generadoras de Energía Eléctrica

Tal como se indicó anteriormente en el Departamento de La Guajira la generación de energía eléctrica a nivel urbano, está a cargo de ELECTRO = ORIENTE, empresa dependiente del Sector Energía y Minas. Esta empresa ha desarrollado proyectos de electrificación preferentemente con recursos provenientes de la CORDELOR, para las principales ciudades del departamento ubicadas primordialmente en las Capitales de Provincias y que administra directamente; como es de suponer estas ciudades no se encuentran dentro del área de influencia del

tudio.

En cuanto a las localidades inmersas dentro del estudio, prácticamente aquellas que cuentan con una unidad generadora de energía eléctrica, tienen la tremenda responsabilidad de ponerla operativa diariamente, para esto, los pobladores como se indicó se agrupan para formar la junta de vecinos o directamente los Municipios. Es decir en cuanto a la entidad de generación de energía eléctrica en el área rural existen igual cantidad de instituciones como unidades generadoras tiene el Departamento.

#### 2.4.1.1 Localización de las Plantas o Centrales

Como información se indicará de manera general la infraestructura de generación eléctrica de ELECTRO-ORIENTE :

■ Central térmica Iquitos; compuesta por dos líneas de generación, una diesel y otra a vapor. La generación a vapor es realizada a través de dos turbinas SKODA de 10 MW cada una; y la generación diesel es canalizada a través de varias unidades conectadas en paralelo que en conjunto desarrollan 17.5 MW; lo que finalmente hacen un total de 37.5 MW. Parte de la energía generada va directamente a la subestación de Santa Rosa ubicada a 5.5 Km. de la central, para lograr esto, un transformador de potencia eleva la tensión a 60 Kv. y mediante una línea de transmisión de potencia (única en Loreto a ese nivel de tensión) llega a su destino, donde otro transformador reduce la tensión a 10 Kv. para su posterior distribución a 220/380 V. Cabe indicar que la generación de energía eléctrica en la ciudad de Iquitos está en emergencia desde algunos años atrás, debido a los sinumeros inconvenientes que existen para garantizar un buen funcionamiento de las unidades generadoras.



- Central Térmica Yurimaguas, en esta ciudad la generación de energía es diesel y se lleva a cabo a través de dos grupos SKODA y uno Caterpillar; en cuanto a la potencia total ésta es de 2,5 MW, sin embargo cuentan con serios problemas similares a los de Iquitos.
- Localidades Menores, normalmente en estos pueblos la generación es diesel, así se tienen : Requena, Jenaro Herrera, Cabalococha, Pebas, Lagunas, Tamshiyacu, Nauta, Contamana e Indiana; cuentan con esas de fuerzas donde están albergados los grupos electrógenos de 100, 200, 220 KW etc. de potencia nominal y que cubren servicios entre 6, 8 y 12 horas diarias.

En cuanto a las localidades inmersas dentro del área de influencia del estudio que cuentan con infraestructura eléctrica, estas son mostradas en el cuadro II = 23 incluyendo asimismo, información como son; potencia eléctrica, estado etc. y que finalmente se cuentan a 68 localidades con este beneficio.

#### 2.4.1.2. Producción Anual, Serie Histórica

Lamentablemente debido a la escasa o nula información estadística respecto a la producción y al consumo de energía eléctrica en las localidades incluidas dentro del área de influencia del estudio, que cuentan con infraestructura eléctrica, resulta imposible confeccionar cuadros comparativos que deriven en valiosa información.

#### 2.4.1.3. Capacidad Instalada y Ampliación de la Cobertura del Servicio

Puede observarse en el cuadro II = 24, la cantidad de 81 grupos electrógenos instalados en las 68 localidades que forman parte del área de influencia del estudio y que obviamente cuentan con infra

estructura eléctrica, así se tiene que el 27.2 % se encuentra en la Provincia de Maynas, el 19.8 % en Alto Amazonas, el 17.3 % en Requena, el 13.6 % en Ucayali, el 12.3 % en Loreto y finalmente el 9.8 % en la Provincia de Ramón Castilla. Mucho más llamativo es que el 40.7 % de los grupos electrógenos instalados se encuentran ubicados entre 25 y 35 KW, el 25.9 % varía entre 36 y 60 KW, mientras que el 21 % lo ubica mos entre 5 y 20 KW, es decir que el 87.6 % de grupos existentes se en cuentran entre 5 y 60 KW de potencia eléctrica instalada, por otro la do el 12.4 % de los grupos están comprendidos entre 61 y 160 KW de po tencia instalada.

En los cuadros II = 23, es importante hacer referencia que estos reflejan el estado exacto de los grupos electrógenos durante - los años de 1985 y 1986, no fue posible una verificación directa de ca da localidad para el año de 1987, sin embargo con un margen de riesgo mínimo basado en informaciones indirectas, es posible afirmar que es tos cuadros pudieran indicar el estado para ese año, como se puede ver existen 19 grupos electrógenos que no se encuentran operativos, esto naturalmente reduce la potencia efectiva en la zona.

#### 2.4.2 Oferta Total en el Área de Influencia del Estudio

En el cuadro II = 23 se muestra la información sobre poten cia instalada, asimismo se puede notar las horas de servicio que estas localidades cuentan con energía eléctrica.

#### 2.4.3 Análisis de Tarifas

##### 2.4.3.1 Tipo de Tarifas

Las tarifas de venta de energía eléctrica para el servicio público de electricidad se dividen en diferentes clases de acuerdo al tipo de consumo y usuario, éstas son aplicadas al consumo mensual co

responsable a lecturas de medidor, naturalmente lo anterior es aplicado en una localidad donde existe una empresa de servicio público de electricidad; pero para nuestro caso de electrificación rural el concepto anterior carece de valor, donde predomina preferentemente una sola tarifa, esto merece importancia capital para tenerse en cuenta posteriormente en una mejor cobertura de organización.

### 2.4.3.2 Niveles Actuales de Tarifas

Para las localidades de influencia del estudio se tiene la siguiente información respecto a las tarifas por consumo de energía eléctrica, cabe indicar que los datos mostrados han sido tomados hasta Diciembre de 1987, y por otro lado en estas localidades no existe medidores de consumo eléctrico.

- En Breteña, por concepto de combustible (petróleo) se gastaba un promedio de I/ 7,000 mensual, recaudándose I/ 2,500 por tarifa, naturalmente la diferencia era cubierto por el Municipio; sin embargo la tarifa era de I/ 30.00/mes/vivienda.
- En Bagazán la tarifa era de I/ 30.00/mes/vivienda en el caso excepcional de un comercio se cobraba I/ 50.00/mes.
- En Providencia cuentan con un grupo electrógeno que funciona en forma eventual, debido a la falta de recursos económicos a nivel general.
- En San Joaquín de Omaguas, el Municipio recauda I/ 20.00/mes/vivienda en algunos casos y en otros, los usuarios realizan trabajos comunales para cubrir sus gastos debido al consumo de energía eléctrica.
- En Chimbote no cuentan con los ingresos suficientes para comprar combustible, motivo por el cual esta localidad tiene energía eléctrica en forma eventual.
- Igualmente en San Francisco de Cochiquinas, los ingresos provienen

tes de los usuarios no cubre los gastos de combustible y lubricantes.

- En Tiruntán, los usuarios abonaban el 30 % del gasto mensual, teniendo el Municipio que cubrir el 70 % restante
- En Puerto Alegre, el alto costo del combustible no es compensado por el aporte de los usuarios.

Tal como se puede apreciar son diferentes los criterios - que se toman en cuenta, en cada localidad con respecto a las tarifas eléctricas a cobrar; éstas son fijadas normalmente en concordancia - con los recursos de sus pobladores y que a la postre significa una - tarifa simbólica.

Asimismo, es importante indicar que hasta el mismo ELÉCTRO - ORIENTE no cubre en ninguna ciudad donde administra los costos de operación; es decir que se trabaja a pérdidas, sin embargo para subsanar ese desnivel presentado, recibe una transferencia del gobierno central basada en la ley del Fondo de Compensaciones

## CAPITULO 3

### TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

#### 3.1 Tamaño

##### 3.1.1 Breve Mirada Retrospectiva

La electrificación en los poblados de la Amazonía ha tenido un auge significativo en los últimos años, incluyendo aquellas localidades administradas por ELECTRO ORIENTE. El principal ente propulsor para este fenómeno ha sido indudablemente CORDELOR. Sin embargo en el ámbito rural, al observar los resultados obtenidos y en la búsqueda de la motivación a esta política, se han encontrado algunas razones que carecen de adecuado sustento técnico y que se expondrán a continuación:

El principal argumento ha sido que el consumo de energía es uno de los indicadores básicos para determinar la situación económica social o de desarrollo de una comunidad. Por lo tanto, un incremento de energía consumida significaría un desarrollo neto. Sin embargo, tal vez no se tuvo en cuenta que esto es verdad en la medida que la demanda crece por generación relativamente espontánea, es decir que los consumidores domésticos tengan mayores ingresos que puedan canalizarse en gasto de energía o que la actividad agropecuaria así como la industrial, por no citar la comercial demande, para fines de desarrollo cada vez más energía eléctrica.

Como se ha mencionado, esto no ha sido así, sino que todas las ciudades de mayor desarrollo relativo de la Amazonía y algunas de las medianas y menores han sido beneficiadas por la inversión neta, y

en la mayoría de los casos sin retorno, que ha hecho la Corporación de Desarrollo de Loreto.

Está probado definitivamente que bajo las actuales condiciones la energía eléctrica en los poblados es una carga excesivamente alta en costos, para que pueda ser sostenida indefinidamente. La situación de las poblaciones es el reflejo de lo que sucede en Iquitos, ciudad ésta que no está bajo estudio, pero que sin embargo sirve de caso para ejemplarizar el fenómeno de la generación y distribución de energía eléctrica, respecto a su costo. En efecto, en Iquitos el servicio es de alto subsidio, basado en el Fondo de Compensación, que es un mecanismo por el cual parte de lo recaudado por consumo en Lima, es enviado al interior del país.

En contraste, para los poblados medianos y pequeños en la urbe rural, este fenómeno que también ocurre en ellos no ha llamado la atención en un grado que posibilite o viabilice tal procedimiento. Una razón para esto es que la mayoría de las centralitas son administradas por los entes municipales o sus equivalentes y no por ELECTRO ORIENTE S.A., que es la que explota los recursos de generación eléctrica en las ciudades y localidades más grandes del Departamento de Loreto.

### 3.1.2 Algunas Consideraciones

En cuanto a la determinación del tamaño de planta para cada caso en particular será necesario fijar previamente algunos conceptos respecto de los actuales servicios instalados.

En los centros poblados materia de estudio, es mínima la existencia de recursos técnicos, humanos y materiales para el manejo adecuado de los grupos de energía existentes, entendiéndose como tal la admi-

nistración, operación, mantenimiento y reparación de toda la infraestructura eléctrica.

Cabe mencionar que anteriormente se hicieron esfuerzos para capacitar al personal que tuviera a su cargo los grupos electrógenos en cada uno de los poblados del ámbito departamental. En efecto, la Dirección Regional de Energía y Minas estableció en su oportunidad, cuando ejecutaba el Proyecto de Electrificación de Caseríos, hasta en dos ocasiones el dictado de cursos de capacitación en Iquitos, a nivel necesario para que los operarios pudieran tener los conocimientos, habilidades en la operación de los grupos; puede observarse en cuadros III-1 y III-2 constancia de convocatoria para el segundo curso de capacitación para operadores de Grupos Electrógenos y un certificado otorgado por la Dirección, donde consta la realización del primer curso respectivamente. Sin embargo, la mínima capacitación recibida sirvió a los beneficiarios directos a postular en Iquitos a otros centros de labores tales como PETROPERU, Servicio Industrial de la Marina, etc. y dejar literalmente abandonados los grupos electrógenos a su cargo, obviamente la intención del dictado de los cursos de capacitación fue muy positiva y elogiable, pero los resultados no tuvieron los frutos esperados.

El pasado período Administrativo (80-85) puso mucho énfasis en la implementación de los servicios eléctricos en las localidades rurales; en cuanto al tamaño de planta o central ésta fue por aproximación de potencias de grupos electrógenos existentes, tomando como base pueblos típicos, de modo de uniformizar estos grupos por rangos de potencias.

Si bien éste fue un esfuerzo coherente de estandarización

de planta instalada, no lo fue tanto en lo que respecta a la uniformización de marcas de fábrica, especialmente por los dispositivos que norman las licitaciones de adquisición que imponen otros criterios de rigurosidad, divorciados de los beneficios, por ejemplo uniformidad en cuanto al fabricante.

### 3.1.3: Definición de Los Factores Influyentes

#### 3.1.3.1 Relación Tamaño - Mercado

Tal como se ha indicado las inversiones efectuadas por CORDELOR han sido sin precedentes en la Amazonía y han elevado sustancialmente la capacidad instalada de plantas de generación eléctrica.

De otro lado, del cuadro II-21 se desprende que para proveer servicio a toda el área de influencia, sería necesaria la adquisición de las siguientes plantas, según los rangos de potencia que se indican a continuación:

<u>Potencia (KW)</u>	<u>Cantidad (Unidades)</u>
Hasta 20	167
De 25 a 35	20
De 36 a 60	<u>6</u>
T O T A L	193

Para llegar a esta cuantificación se ha tenido en cuenta que tal instalación de micro-centrales, naturalmente no podría hacerse sino por etapas. De modo que estas instalaciones escalonadas, agregadas a las existentes cubrirán la demanda proyectada para el año 2,000. Sin embargo, como se verá más adelante, esto supone una inversión cuantiosa, por lo que será necesaria una priorización que se realizará en el sub-capítulo de localización. Queda por hacer dos acotaciones a lo propuesto. La primera es respecto a la vida útil de



los grupos. En las actuales circunstancias en que los costos de operación son elevados, dando lugar a que los grupos existentes estén operando en muchos casos alrededor de 6 horas semanales y menos, se entiende que tal número de horas efectivas está muy por debajo de lo que los fabricantes recomiendan para que sus productos tengan una vida útil prolongada. De modo que razonablemente puede esperarse una vida útil muy superior al promedio con lo cual se podría atender ampliamente, en el tiempo la demanda proyectada con las nuevas instalaciones así como con las existentes.

La segunda acotación que habría que mencionar es el hecho que las microcentrales existentes están preparadas para utilizar el combustible común (petróleo diesel N° 2). Sin embargo, pasar a otra tecnología supone para las actuales existentes, agregar etapas en el proceso productivo de energía que sumarán costos de instalación y cambios en la estructura del costo de producción. Para la cuantificación de las necesidades totales, se tendrá ahora que considerar también las microcentrales existentes.

En realidad, la misma demanda que se debe cubrir determina el tamaño de los equipos a instalar, medidos en términos de potencia ya que por ningún motivo puede pensarse en cubrir dicha demanda en forma parcial, debido a que esto se ha considerado en el coeficiente de electrificación que se incrementara paulatinamente y que operativamente no es viable.

### 3.1.3.3 Relación Tamaño - Inversión

En cuanto a la inversión parámetro sumamente importante en el desarrollo de este estudio, es preciso indicar que se ha tomado como alternativa de costos aquella que corresponde a la variante

energética de la biomasa vía gasógeno - grupo electrógeno, teniendo en cuenta que en el siguiente capítulo se realizará una selección muy rigurosa del indicador en cuestión de las alternativas energéticas, quedando así establecida que la frontera de inversión indicada ahora tiene carácter relativo.

En tal sentido han sido correlacionados los precios de venta de las unidades para diferentes capacidades respecto de fábricas de Europa y Norteamérica. Tal correlación indica que los precios por Kilovatio instalado (KW) de capacidad disminuye a medida que ésta crece hasta un valor de 100 Kilovatios. A partir de 100 Kilovatios hacia arriba, los precios de las unidades tienden a elevarse por el hecho que normalmente el manipuleo de combustible sólido necesita de equipos mecanizados. Además, la disponibilidad de motores de producción masiva y bajo costo, está en razón inversa con el nivel de potencia entregado.

Estimativamente, para el intervalo de 25 a 100 KW, el precio por Kilovatio varia de US\$ 1,500 a US\$ 1,000. Para sistema de mayor capacidad el precio por Kilovatio sube nuevamente. Se ha encontrado que para las unidades fabricadas en los países en desarrollo, los precios son considerablemente menores al extremo de haberse encontrado precios por debajo del 25 % de unidades de tamaños semejantes en relación a los de origen Europeo o Norteamericano.

La relación tamaño - inversión así planteada, se observa como tendencia en el gráfico III-1. Del análisis de los precios de diversos fabricantes se llega a determinar que los más representativos son los que se señalan en el cuadro III-3. A partir de dicho cuadro se obtienen los niveles estimados de inversión que se muestran en el cuadro III-4.

La prioridad y vigencia de la demanda a ser satisfecha será determinada en el subcapítulo relativo a la localización.

### 3.1.3.3 Relación Tamaño - Recurso Energético

Para el desarrollo del presente análisis se tiene en cuenta que dentro del conjunto nacional, la Amazonía ofrece las mejores condiciones para la utilización de la foresta como fuente de energía, junto a la energía solar.

La superficie del Departamento de Loreto es de 380,467,66 Km<sup>2</sup>, equivalente a 38,046,766 Ha. de las cuales del 60 al 70 % lo constituyen bosques, es decir 22,828,059 Ha., con un promedio de 106 m<sup>3</sup> por hectárea de madera semidura y con una densidad de 600 Kg. por m<sup>3</sup>.

Luego entonces, puede asumirse que es posible contar con un total de  $1,451 \times 10^{12}$  Kg. de maderas semiduras que pueden ser utilizadas como combustible. Este resultado se obtiene de la siguiente manera:

$$22,828,059 \text{ Ha} \times 106 \frac{\text{m}^3}{\text{Ha}} \times 600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 1,451 \times 10^{12} \text{ Kg}$$

Tal cantidad de madera puede cuantificarse en términos de energía utilizando las equivalencias de que un Kilovatio hora corresponde a 860 Kilo-caloría y que un Kilogramo de madera con 20 % de humedad (requisito para ser usado en gasógenos) corresponde a un promedio de 2,700 Kilo-calorías por Kilogramo.

Luego tenemos:

$$1,451 \times 10^{12} \text{ Kg} \times 2,700 \frac{\text{K-cal}}{\text{Kg}} \times \frac{1 \text{ Kw-h}}{860 \text{ K-cal}} = 4,56 \times 10^{12} \text{ Kw-h}$$

$$\text{o } 4,56 \times 10^9 \text{ MW-h}$$

Esta última cifra indica la magnitud e importancia de este recurso y demuestra que no constituye de ningún modo una limitante al tamaño de las micro-centrales (0 plantas) en los rangos que maneja el presente estudio. En cuanto a la energía solar, en el siguiente capítulo se detallará lo relativo a esta alternativa no convencional de energía.

### 3.2 Alternativas de Localización

Estas alternativas se analizan considerando los siguientes aspectos.

#### 3.2.1 Recursos Energéticos

##### 3.2.1.1 Hidrocarburos

En la zona existe explotación de petróleo, y la refinaria de Iquitos abastece las necesidades de combustible tanto en el área urbana como rural, referidos a petróleo diesel, gasolina y kerosene doméstico.

Teniendo en cuenta que la ubicación en los centros poblados están en las riberas de los ríos navegables, no existe ninguna restricción referida al acceso, para que puedan ser abastecidos de combustible.

El problema es el alto costo de los fletes, la frecuencia de viajes (Napo, tigre, putumayo) la intermediación y especulación que existe con los combustibles en las áreas rurales, situación que se agrava en las zonas fronterizas por el problema del contrabando hacia los territorios de Colombia y Brasil.

Es necesario anotar que el gas proveniente de la explotación petrolera, no se usa como elemento combustible, probablemente por el

alto costo de envasarlo y transportarlo o debido a motivos de índole técnico que no se conoce con precisión.

### Costo en el lugar de destino.

El costo varía de acuerdo a la lejanía en relación al centro de abastecimiento que para el caso de Loreto son las ciudades de Iquitos y Yurimaguas.

Por ejemplo, se tienen los siguientes precios oficiales:

(A. Diciembre 87)

( I/ Galón )

<u>Z O N A S</u>	<u>Gasolina</u>	<u>Petróleo</u>	<u>Kerosene</u>
Iquitos	26.50	14.00	4.00
Pebas	38.00	16.00	6.50
Caballococha	43.00	18.00	8.50
Requena	40.00	17.00	7.50
El Estrecho	54.00	25.00	21.00
Puerto Amelia	46.00	22.00	11.00
San Lorenzo	46.00	18.00	16.00
Lagunas	30.00	18.00	7.00

### Condición del Transporte.

Como ha sido mencionado el transporte lo realizan en su totalidad por el sistema fluvial, en bidones para la mayoría de los casos, empleándose algunas veces Chatas o Cisternas para llevar petróleo y gasolina. El Kerosene se transporta exclusivamente en bidones.

No existe participación o presencia de la empresa estatal PETROPERU, en lo que respecta a comercialización de combustibles en las áreas rurales, encontrándose atendida por comerciantes privados con inclinaciones especulativas.

La CORDELORE ha realizado un esfuerzo en este sentido estableciendo

tanques surtidores de combustible en diversos centros poblados de importancia como Nauta, San Lorenzo, Requena, Contamana, Caballococha, El Estrecho, habiéndose entregado a concesionarios el de Nauta y Caballococha, pero por diversas razones actualmente se encuentran abandonados la totalidad de tanques desperdiciándose una infraestructura de gran importancia.

### 3.2.1.2 Recursos Forestales

Con respecto a las poblaciones rurales, todas ellas tienen disponibles abundantes recursos forestales para ser usados como leña y carbón los que actualmente emplean en forma generalizada para cocinar y abastecer pequeñas industrias como panaderías, ladrilleras y secadoras de granos.

En lo que concierne a la leña, se emplean todo tipo de especies forestales provenientes en su mayoría del desbosque de las áreas que van a ser sometidas a cultivo o instalación de pastos, estimándose un potencial de  $106 \text{ m}^3$  por Ha. de especies susceptibles de ser empleadas para dicha finalidad, lo que correspondería a un diámetro mínimo de 6 pulgadas, provenientes de dichos desbosques.

Las especies forestales más usadas como leña son las siguientes:

- Capirona
- Espintana
- Bolaina
- Storaque

Además de las fuentes antes mencionadas referidas a la variedad de especies obtenidas del rozo y tumba de la vegetación en huertas y chacras, los desperdicios constituidos por ramas y cortesa o las espe

cies maderables obtenidas en una primera etapa extractiva (40% del árbol) y los desperdicios del aserrío que representan casi el 50 % de la madera rolliza y extraída del campo.

### ■ Costo en el lugar de destino.

En las zonas rurales la leña y el carbón son producidos por los mismos usuarios, solamente en las capitales de provincia o pueblos grandes se comercializa, estimándose para el caso de la leña que un jornal debe producir dos m<sup>3</sup> de leña lo que daría un costo aproximado de I/ 30.00/m<sup>3</sup>.

Respecto al carbón, ésta se fabrica por métodos artesanales en las poblaciones rurales para auto - consumo como para remitir a las ciudades más grandes; a continuación se mencionan precios en algunos poblados importantes : (A Diciembre 1987)

<u>Localidad</u>	<u>Valor por Saco/25 Kg.</u>
Tamshiyacu	I/ 45.00
Pebas	40.00
Raquena	35.00
Nauta	45.00
Lagunas	40.00
San Lorenzo	35.00
Iquitos	50.00

### 3.2.2 Recursos Hídricos

Los recursos hídricos en el Departamento de Loreto son abundantes en volumen, pero no así en caídas debido a la topografía plana o inclinada del llano amazónico, siendo la velocidad de los ríos sumamente baja variando entre 10 - 25 Km/hora, asimismo cabe informar que la densidad de las aguas, en gran cantidad de éstas, tienen un alto valor y se debe a la sedimentación de lodo que arrastran en su re-

corrido, lo cual impide la instalación de centrales hidroeléctricas convencionales. En algunos lugares muy aislados y distantes, que corresponden a las zonas altas o de formación de algunos ríos existen posibilidades hidroeléctricas como por ejemplo la zona de Pongo de Manseriche (Río Marañón), algunos tramos del Río Tigre, la zona del Río Paranapura (Balsapuerto), y algunos tramos del Río Huallaga en el límite departamental que colinda con San Martín. En estas zonas el Ministerio de Energía y Minas, ELECTROPERU y otras instituciones han realizado estudios, no habiéndose continuado por la fuerte inversión requerida, en relación a la escasa demanda actualmente, que representa los centros poblados de la selva.

### 3.2.3 Mano de Obra

En general en los centros poblados del área rural existe disponibilidad de mano de obra, la población económicamente activa en la zona es bastante apreciable, más aún en los centros poblados de mayor dimensión, los cuales al contar con servicios públicos traen a los pobladores rurales del interior en una forma escalonada, tal es así que en las capitales de provincia como Contamana, Requena, Nauta y otros, se observa una fuerte desocupación de los jóvenes de ambos sexos, lo que les obliga a emigrar hacia Iquitos u otras ciudades importantes como Pucallpa, Tarapoto, Trujillo, Lima etc. Por lo que es ingente la necesidad de crear fuentes de trabajo, tanto para mano de obra calificada como no calificada, en especial de carácter permanente, que fije al campesino en las unidades productivas que conduce, creando ingresos adicionales a lo que actualmente recibe, que son de carácter estacionario y temporal.

Actividades en oficios como la mecánica, electricidad, técnicos forestales, tienen mucha aceptación entre los jóvenes, más aún si



La remuneración es atractiva; y para cuya formación existen institutos especializados tanto en Iquitos como en otras ciudades de la región.

### 3.2.4. Disponibilidad y costos de otros Insumos

En relación a un programa de Electrificación Rural, al interior del Departamento de Loreto, la mayoría de los insumos son abastecidos de la Costa, vía Pucallpa o Yurimaguas, siendo también importados del exterior del país, vía Iquitos; en la zona solamente se encuentra madera, postes, arena para construcción y ladrillos.

Respecto a los insumos que vienen de afuera, éstos se encuentran en muchas épocas del año sin problema alguno, sin embargo normalmente a final de los meses del año (básicamente Diciembre) se nota un escaseo relativo; y se puede encontrar en las ciudades como Iquitos, Pucallpa y Yurimaguas, desde allí se trasladan por vía fluvial hasta las zonas del interior, empleando una diversidad de vehículos de transporte como son las motonaves, moto-chatas, chatas, botes, remolcadores, etc., durante cualquier época del año en los ríos mayores.

A continuación se ofrece un ejemplo de los precios de materiales

de construcción en la ciudad de Iquitos : (A. Diciembre 1987)

	I/
≡ Hierro (varilla de 1/2")	300.00
≡ Cemento (Bolsa)	160.00
≡ Arena (m <sup>3</sup> )	200.00
≡ Madera (Lagarto, Copaiba, Tornillo) (pie <sup>2</sup> )	13.00
≡ Postes de Huacapu (25 pies) (unidad)	120.00
≡ Alambre eléctrico N° 8 (m)	20.00
≡ Alambre eléctrico N° 6 (m)	41.70

### 3.2.5. Facilidades Administrativas de Servicios-Vías de Comunicación

Otros de los factores de localización serían las facilidades

administrativas, de servicios y vías de comunicación con que cuentan los centros poblados del área rural.

Al respecto, se puede agrupar los centros poblados en 3 grupos:

- a) Capitales de Distrito o poblados de más de 1,000 habitantes en casi la totalidad tienen servicios de educación, salud y oficinas de agricultura, electricidad y agua potable. Algunos tienen oficinas del Banco Agrario.
- b) Pueblos de 300 a 1,000 habitantes. Todos tienen escuela primaria, una buena proporción cuenta con servicios de electricidad y posta sanitaria, también algunos con agua potable.
- c) Caseríos de 100 a 300 habitantes, carecen de servicios en la mayoría de los casos, algunos tienen escuela primaria y posta. No cuentan con servicio eléctrico.

En lo que respecta a vías de comunicación, como es característica de todos los pueblos de la Amazonía, éstos se encuentran ubicados en las riberas de los ríos navegables, por lo tanto todos cuentan con una comunicación fluvial natural. En cuanto al tráfico del parque fluvial es más intensivo de carácter comunal y con naves mayores en los ríos principales como son el Amazonas, Ucayali, Marañón, Huallaga, Napo, Tigre etc.

### 3.2.6 Selección de Localización

Para la selección de las localidades a ser incluidas en el programa de electrificación rural se tendrá en cuenta varios factores que se detallará más adelante y abarcará a todos los centros poblados referidos en el cuadro II-21 elegidos, en el capítulo anterior, con sus respectivas consideraciones y que ahora serán tomados

como frontera de selección; primeramente se ha realizado un análisis en base a población no habiéndose tenido en cuenta para tal finalidad, aquellos poblados con menos de 300 habitantes, en razón a los niveles de subsistencia que prevalecen en los mismos, en los cuales los habitantes se dedican a una agricultura temporal, pesca artesanal, caza eventual y recolección, principalmente para autoconsumo. Para estas localidades en el capítulo siguiente se plantearán soluciones adecuadas para sus necesidades de energía, probablemente con el empleo de Biogas y tecnificar más el empleo de la leña y carbón vegetal. Se ha considerado además los siguientes factores:

- 1. Relación Tamaño - Inversión, en relación al tamaño del programa global de implementación.
- 2. En todo caso, se considera que para estas poblaciones pequeñas, hay que buscar otras alternativas tecnológicas más económicas en inversión y mantenimiento.
- 3. Desafortunadamente, la población del Departamento de Loreto está demasiado dispersa asentada linealmente en la ribera de los ríos, lo que imposibilita instalar el servicio a todos ellos, por los sistemas convencionales.
- 4. Las poblaciones de menos de 300 habitantes prácticamente no son urbanas, aunque están consideradas en los censos como tales, son parte de población rural que se agrupa para tener acceso a los servicios de educación y salud.
- 5. El servicio de electricidad es demasiado costoso para que pueda llegar a las poblaciones rurales de mínima categoría.

Para el análisis de localización se han tomado en cuenta 7 factores de calificación, habiéndose establecido ciertos puntajes para cada uno de ellos, de acuerdo a su importancia; dichos factores

son los siguientes:

a) Población

Se han analizado los poblados con más de 300 habitantes (Datos censo 1981)

De 1 a 10 puntos

10 mayor población

1 menor población

b) Accesibilidad

De 1 a 4 puntos

4 mayor accesibilidad y cercanía a un poblado más importante y a una distancia máxima de 1/2 hora en deslizadores

1 lejos de la ribera y mayor distancia

c) Infraestructura de servicios y comercial

De 0 a 5 puntos

0 Nada

5 Todos los servicios básicos

d) Ubicación Geo - Política

4 Si es frontera política

2 Si es capital de distrito

0 Si <sup>no</sup> es frontera ni capital de distrito

e) Base Productiva Actual

De 1 a 5 puntos

1 Actividad para autoconsumo

5 Actividad relativamente alta. Entra en circuito comercial

f) Potencialidad de Desarrollo de la Zona. Proyectos Existentes

De 1 a 6

g) Disponibilidad del Recurso Energético

De 0 a 6

6 Abundante y accesible

0 No hay

Rangos :

Máximo	:	40 Puntos
Mínimo	:	4 Puntos
Poblaciones seleccionadas	:	20 ó más Puntos

Después se realizó el análisis correspondiente otorgándole un puntaje a cada localidad de acuerdo a sus características socioeconómicas, de recursos naturales, accesibilidad, etc., tomados de las encuestas de campo, diagnósticos, estadísticas y bibliografía consultada. Esto se detalla en el cuadro III-5, habiéndose seleccionado 61 localidades (cuadro III-6) por haber alcanzado un puntaje mínimo de 20 puntos o ser Capital de Distrito, las cuales serían incluidas en el programa de electrificación, cuya distribución por provincias sería la siguiente :

<u>Provincia</u>	<u>Electrificación a la fecha</u>	<u>Nº de Localidades Priorizadas</u>	<u>Total</u>
Maynas	18	12	30
Alto Amazonas	16	9	25
Loreto	10	9	19
Raquena	9	13	22
Ramón Castilla	7	5	12
Ucayali	8	13	21
<b>TOTAL</b>	<b>68</b>	<b>61</b>	<b>129</b>

Asimismo, se han establecido prioridades que puedan orientar el cronograma de inversiones posteriormente, siendo los resultados los siguientes :

Prioridad A : 26 Localidades

Prioridad	B	:	20	Localidades
Prioridad	C	:	15	Localidades

Esta priorización se ha realizado considerando lo siguiente :

- El mayor o menor puntaje alcanzado en la selección
- El hecho de ser capitales de distrito
- El interés de la población por contar con el servicio eléctrico
- Gestiones iniciadas por las poblaciones (memoriales, oficios, gestiones personales, etc.)
- La necesidad de establecer un programa de implementación en el tiempo (cronograma de ejecución)

Debe tenerse presente, que esta localización no considera los centros poblados que actualmente cuentan con el servicio, cuyo detalle se analiza en el siguiente capítulo.

En cuanto a las localidades que no han sido favorecidos mediante la selección anterior tendrán que ser canalizadas y tratadas tal como se indicó para los centros poblados con menos de 300 habitantes.

## CAPITULO 4

### ASPECTOS DE INGENIERIA Y DE FACTIBILIDAD TECNICA

#### 4.1 Diagnóstico de Planta Física en las Localidades que Cuentan con Grupos Electrógenos Instalados

En los capítulos anteriores se indicó que durante los primeros años de la presente década se puso en marcha el Proyecto Electrificación de Localidades Menores. Electrificación de Caseríos quedando por ahora en suspenso y talvez en vías de regularización considerando a CORDELOR como ente gestora.

En los cuadros IV - 1 y IV - 2 se muestran la totalidad de grupos electrógenos que fueron instalados en virtud al mencionado proyecto, como se observa existen centros poblados que no están incluidos en el área de influencia del estudio pero que gracias al convenio CORDELOR - ELECTROPERU fue posible electrificar estos pueblos los cuales son administradas por ELECTRO - ORIENTE: en un 22.7 %, las Municipalidades tienen a su cargo el 28.2 %, las Juntas de Usuarios 43.6 %, las Comunidades Nativas el 3.7 % y el 1.8 % no tienen información en su mayoría estos grupos se encuentran operativos.

##### 4.1.1 Aspectos Técnico - Administrativos

Si bien es cierto que la electrificación de caseríos tuvo como idea primordial llevar adelante en aquellas localidades que ofrecían posibilidades de desarrollo, era verdad asimismo la instalación de unidades generadoras de electricidad y la operación de éstas para tal cometido, sin embargo no se incidió en esto último ya que un operador

de estas máquinas debe recibir adiestramiento para garantizar una buena puesta en marcha de las unidades.

Por otro lado se tiene referencias que algunas localidades cuentan hasta con dos grupos los cuales han sido adquiridos en razón de haberse malogrado los anteriores, preferentemente por mala operación.

Como ya se indicó durante el periodo 1981 - 1983 se estableció un programa de capacitación para operadores de grupos electrógenos, de safortunadamente el programa se paralizó a pesar de la importancia - fundamental que este representa para la conservación del capital. invertido.

#### 4.1.2 Aspectos Económicos

El problema principal en la electrificación rural lo constituye el alto costo de combustibles y lubricantes en cada localidad, que no puede ser cubierto por los ingresos captados en los usuarios a pesar que las horas con servicio son generalmente mínimas al día, acarreamdo consigo que en varios poblados cuentan con grupos electrógenos en buen estado, solamente tienen atención muy restringida.

#### 4.1.3 Generación Eléctrica

La generación instalada en las áreas rurales del Departamento de Loreto es exclusivamente en base a grupos electrógenos accionados por petróleo diesel, tal como ya se informó siendo empleados principalmente para alumbrado público y doméstico.

Respecto a las marcas de fábricas y procedencia de los grupos electrógenos existe cierta uniformidad, de tal manera que cinco marcas alcanzan el 82 % y son las siguientes :

- LISTER                   : Inglesa
- PERKINS                : USA.



- MWM : Alemana
- VOLVO : Sueca
- CATERPILLAR: USA.

Estas características se pueden observar más detalladamente en cuadro IV - 3. Respecto a la potencia expresada en Kilowatts se tiene que la mayoría son grupos pequeños, ya que el 78 % de los grupos son de menos de 100 Kw. de capacidad nominal, ver cuadro IV - 4.

Los de mayor capacidad se encuentran instalados en las Capitales de Provincia y en algunos Distritos muy poblados, como Lagunas, Tamshiyacu, Pebas, Indiana, Contamana, Orellana, localidades éstas que se encuentran bajo la Administración de ELECTRO-ORIENTE como se indicó.

En lo que se refiere al estado de conservación se tiene que a pesar del deficiente mantenimiento aproximadamente casi un 70 % de los grupos se encuentran operando la mayoría de ellos muy por debajo de su capacidad nominal y en horarios eventuales. Debido a la poca capacidad adquisitiva en algunas localidades para obtener combustible así como por estar malogrados, existe un aproximado de 26 % de grupos no operativos los cuales es posible repararlos a un costo moderado de ponerse en marcha un adecuado programa de mantenimiento, capacitación y reparación ver cuadro IV - 5.

Respecto a las Casas de Fuerza en donde están instalados los grupos predominan los de madera, techo de calaminas y piso de cemento, muchos de ellos no tienen diseño y espacio suficiente para una adecuada operación de los grupos. Recientemente en las ciudades de mayor importancia se están instalando casetas de material noble con un diseño más tecnificado como es el caso de Caballococha, Contamana e Indiana etc., gracias al convenio ELECTRO-PERU - CORDELOR.

#### 4.1.4 Redes de Distribución

En las localidades rurales las redes eléctricas reciben directamente la energía de barras del generador a través del tablero de control, el nivel de tensión es de 220 voltios nominales, trifásico-con neutro. En muchos casos el crecimiento de la población ha originado la ampliación de las redes eléctricas, es decir derivaciones-en extensión a las redes originales lo que ha ido agravando paulatinamente la eficiencia en la distribución y por ende en la generación de energía. Esta distribución se realiza con postiería de madera redonda de la región en cuanto a las líneas de conductores ha significado la utilización en las fases de instalación de los calibres adecuados de éstos, teniendo como mínimo el N° 8 AWG tal como indica el Código Eléctrico del Perú.

#### 4.2 Descripción de los principales aspectos técnicos de las alternativas planteadas

De acuerdo a lo expuesto en los capítulos anteriores la Selva Amazónica presenta disponibilidad abundante de recursos hidráulicos e hidrocarburos. Los primeros son escasamente aprovechados para generación de energía eléctrica en dicha región básicamente por existir caídas muy pequeñas, por la constante variación del curso y riberas de los ríos, y por las costosas inversiones en obras civiles que conlleva su implementación. Por tal motivo, la mayor parte de las centrales eléctricas instaladas actualmente en la región amazónica - de Selva Baja son grupos electrogénos accionados con combustible diésel. Sin embargo, pese a que la selva produce más de la mitad del petróleo nacional, los problemas derivados de la falta de abastecimiento de combustible oportuno, ausencia de mantenimiento y limitados recursos económicos de los pobladores han conducido a que muchos

de estos grupos electrógenos se encuentren fuera de servicio.

A fin de considerar alternativas tecnológicas que permitan - evitar una extrema dependencia sobre un combustible caro y escaso en dicha región, conviene examinar las eficiencias de los distintos sistemas de conversión de la Energía Solar (Ver Cuadro IV-6).

Así, se ha seleccionado las siguientes alternativas que a priori serían apropiadas para la zona del estudio:

- Energía de Biomasa
  - (a) Gas de Gasógenos
  - (b) Biogas
- Energía Solar
- Energía Eólica
- Grupos Electrógenos con combustible tradicional (comparativo)

#### 4.2.1 Energía de Biomasa

##### 4.2.1.1 Descripción general de la Bioenergía

##### 4.2.1.1.1 La Fotosíntesis

Se encuentra en el origen de la constitución de la biomasa. La fotosíntesis es el fenómeno por el cual, bajo la acción de los rayos solares, los vegetales elaboran materia orgánica a partir del agua y del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera. Las reacciones correspondientes se presentan simplificadaamente en los siguientes esquemas:



Ejemplo clásico de una reacción de fotosíntesis :



Glucosa

Representación más moderna :



#### 4.2.1.1.2 Las celulosas y la lignina

La fotosíntesis se manifiesta mediante la formación de moléculas orgánicas complejas y múltiples que evolucionan en el transcurso de la vida. Si se exceptúan las moléculas que pueden servir a la industria química, los constituyentes de la materia vegetal son: la celulosa, la hemicelulosa y la lignina.

La celulosa y la lignina corresponden a moléculas complejas y articuladas con la repetición de los siguientes núcleos :

(  $\text{C}_6 \text{ H}_9 \text{ O}_4$  ) para la celulosa

(  $\text{C}_9 \text{ H}_{10} \text{ O}_3$  (OCH) ) para la lignina  
0.9 a 1.7

Las hemicelulosas contienen moléculas derivadas de la celulosa pero que son algo más complejas.

La celulosa es la sustancia más abundante del reino vegetal. Si se toma el ejemplo de la madera, considerando únicamente la materia seca, además del 7 % de sustancias fáciles de extraer o de cenizas minerales, el 93 % restante se distribuye en el siguiente orden :

- Maderas duras : 43% celulosa, 35% hemicelulosa, 22% lignina
- Maderas blandas: 43% celulosa, 28% hemicelulosa, 29% lignina

Las hemicelulosas se insertan como un verdadero cemento entre las fibras de la celulosa, mientras que la lignina constituye una

especie de esqueleto que otorga a los tallos su rigidez.

Si se designa como holocelulosa al conjunto celulosa + hemicelulosa, se define un material cuyas propiedades en el plano de la combustión son lo suficientemente semejantes como para que valga la pena distinguirlas. La lignina y las celulosas (holocelulosa) tienen propiedades bien diferenciadas, tanto en lo que respecta a la combustión como a la fermentación.

La fabricación de celulosa para papel, se basa esencialmente en la deslignificación de la madera con procedimientos de cocción y la lavado que dan origen al licor negro. Este contiene finalmente una vez evaporado bastante lignina y otras materias orgánicas combustibles, las cuales pueden ser concentradas y calculadas (con recuperación de calor) en calderas especiales. Estas técnicas que restringen el sentido de la bioenergía, pero que tienen implicaciones industriales, no serán examinadas en este estudio por encontrarse fuera de los alcances del mismo.

#### 4.2.1.1.3 La Pirólisis

Quando se calienta la materia orgánica en ausencia de oxígeno para evitar la combustión, se produce una descomposición de la materia, denominada pirólisis. Este fenómeno es acompañado generalmente de un desprendimiento de gases volátiles, mientras que en la materia original sólida, subsiste un esqueleto de carbono, que constituya el carbón vegetal. Las materias volátiles que se desprenden son múltiples y complejas; su naturaleza y cantidad dependen de la temperatura de pirólisis. Esencialmente se trata de hidrocarburos simples, ácido acético, metanol, acetato de metilo, fenol, cresol, acetona, etc. Una parte importante de estos productos junto con vapor de agua se puede con-

densar cuando se enfrían los gases originando el llamado líquido o ácido piroleñoso.

A medida que la temperatura aumenta y a mayor desprendimiento de gases volátiles, la evolución de la madera o de sus componentes esenciales (celulosas, lignina) adquiere mayor importancia (Ver Gráfico IV-1).

Por ejemplo, con la madera a 400° C, sólo queda un promedio de 20 % de residuo sólido, desprendiéndose el resto bajo la forma de gas. El Gráfico IV-2 muestra este fenómeno en el caso de la pirólisis del aserrín de pino. En esta figura se ha separado los gases en : condensables (piroleñosos), agua, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, hidrocarburos (C, C<sub>2</sub>, - C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>).

#### 4.2.1.1.4 Combustión y Gasificación

Las materias volátiles así como el carbono residual de la pirólisis pueden entrar en combustión si hay presencia de oxígeno o de aire. Esta combustión está acompañada de la formación de diferentes óxidos de carbono (CO<sub>2</sub>, CO) y de vapor de agua. Si la temperatura es elevada y el oxígeno insuficiente, se producirán múltiples reacciones y se llega a la formación de un gas combustible cuya composición tipo puede ser :

CO ; 15 % (en volumen)

H<sub>2</sub> ; 18 %

CO<sub>2</sub> ; 15 %

N<sub>2</sub> ; 52 %

En la atmósfera donde tiene lugar esta gasificación, intervienen ecuaciones clásicas :





Lo cual conduce finalmente a mezclas que contienen sobre todo CO y H<sub>2</sub> como combustibles; la presencia de gases incombustibles - (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> O) empobrecen la mezcla. Si se quiere obtener un gas más rico es preciso proceder en ausencia de nitrógeno (es decir con oxígeno y sin aire).

#### 4.2.1.1.5 Los poderes caloríficos

Considerando por un lado, las relaciones existentes entre la bioenergía y los combustibles gaseosos, y por otro lado, el rol que pueden jugar los generadores de condensación, es preferible adoptar el poder calorífico superior ya que su diferencia con el poder calorífico inferior se refiere al agua producida por la combustión. Así, el poder calorífico superior en base seca de los componentes esenciales de la madera es :

- Para las celulosas : 4,182 (Kcal/Kg) ó 17.51 (MJ Kg<sup>-1</sup>)
- Para la lignina : 6,377 (Kcal/Kg) ó 26.70 (MJ Kg<sup>-1</sup>)

Este dato fundamental pone en evidencia el hecho que los productos vegetales serán más eficaces energéticamente si contienen más cantidad de lignina, debido a que la lignina es más rica en carbono que la celulosa.

Numerosas fórmulas desde la de DULONG y PETIT (de comienzos del siglo pasado) han intentado explicar la relación que existe entre la composición de un combustible y su poder calorífico. La mayor parte de las fórmulas está basada sobre todo en la cantidad de

carbono y de hidrógeno, además del contenido de oxígeno o de nitrógeno. Sin embargo, al reagrupar cierto número de resultados de combustibles bioenergéticos (Cuadro IV-7) se obtiene una correlación bastante buena con la cantidad de carbono (base seca).

En el Cuadro IV-7 se ha indicado también el valor del poder calorífico inferior. La relación utilizada para pasar de un poder calorífico a otro es la siguiente :

$$P_{ci, s} = P_{cs, s} - 4,680 H \text{ (Kcal/Kg)} \quad (1)$$

En esta fórmula,  $P_{ci, s}$  y  $P_{cs, s}$  representan respectivamente el poder calorífico inferior y superior, en base seca; H la cantidad de hidrógeno del combustible (H %/100).

#### 4.2.1.1.6 Influencia de la humedad

Entre la gama de humedades habituales de los diferentes bio combustibles se examinará sobre todo el caso particular de la madera.

En presencia de una humedad muy elevada que pueda inhibir los procesos termoquímicos, en particular la combustión es necesario proceder al secado de la madera, generalmente al aire exterior aunque también en túneles de secado (en las instalaciones industriales).

En el caso del secado natural con un tiempo de exposición suficiente, la humedad de la madera puede ser reducida entre 12 a 15 % . El Gráfico IV - 3 indica la humedad de masa alcanzada en estado de equilibrio, según la temperatura y la humedad relativa del ambiente . Esta figura muestra que una vez cortada la madera la circulación del agua que caracteriza la planta viva (savia), es sustituida por un equilibrio físico de absorción que hace que la planta no pierda toda su humedad.



En el secado artificial la humedad específica alcanzada es generalmente del orden del 5 al 8 %. Pero este secado artificial implica un cierto consumo de energía :

$$Q^* = 540 (X_0 - X) \quad (\text{Kcal/Kg})$$

$$Q^* = 2.26 (X_0 - X) \quad (\text{MJ/Kg})$$

$Q^*$  representa la energía necesaria para el secado, por kilogramo de materia original (húmeda),  $X$  es la humedad relativa antes del secado y  $X$  luego del secado.

En relación a la materia seca, las fórmulas son :

$$Q^s = 540 \frac{X_0 - X}{1 - X_0} \quad (\text{Kcal/Kg})$$

#### 4.2.1.1.7 Las fermentaciones

La fermentación es un proceso de descomposición de las materias orgánicas, que se produce debido a la acción de micro-organismos. La mayor parte de los fenómenos celulares son catalizados por proteínas complejas y especializadas : las enzimas. El metabolismo bacteriano que tiene un rol importante en la mayor parte de las fermentaciones, depende de enzimas apropiadas. La reacción catalizada tiene el siguiente esquema :



Siendo el sustrato la materia vegetal o el desecho que sirve de apoyo para la fermentación. Los micro-organismos se encuentran a veces presentes en el sustrato, como en el caso de la fermentación metabólica de los desechos animales donde la microflora natural ya se encuentra presente en el estiercol o basura y ya está adaptada al proceso. En otros casos hay que proceder a una siembra por ejemplo de levaduras, en ciertas fermentaciones alcohólicas.

En el campo de la bioenergía, existen dos cadenas de gran importancia :

- a. La cadena alcohólica que permite obtener etanol ( $C_2H_5OH$ )
- b. La cadena metanogénica que permite producir metano ( $CH_4$ )

Ambas cadenas son anaerobias.

#### 4.2.1.1.8 La Fermentación alcohólica (producción de etanol).

Por acción de levaduras específicas los azúcares simples se transforman a etanol siendo la reacción :



El ataque de las levaduras de alcohol, que son hongos unicelulares, es más o menos eficaz según el producto de origen (sustrato):

- Las materias primas azucaradas se transforman fácilmente
- Las materias primas amiláceas (constituidas en gran parte por almidón) exigen un tratamiento un poco más complejo
- Las materias primas celulósicas o ligno-celulósicas que existen más abundantemente en la atmósfera, deben ser previamente hidrolizadas para convertir la celulosa en azúcar fermentescible

Analizando los diferentes diagramas de flujo, se observa que exceptuando la etapa inicial del proceso global, las restantes (fermentación y destilación) son comunes a todas las materias primas. En la etapa inicial, sin embargo, las diferencias son notorias. Por ejemplo, la caña de azúcar sólo requiere de un tratamiento físico; la yuca (amiláceo) requiere además un tratamiento térmico y enzimático; mientras que la madera (celulósico) requiere un tratamiento termoácido y neutralización de hidrolizado.

El alcohol de yuca ha sido investigado en varias plantas pilo

to en Brasil, existiendo actualmente proyectos industriales en marcha. En el Cuadro IV-8 se muestran los rendimientos obtenidos.

Con relación al uso de etanol en automotores, actualmente - han sido superados los problemas tecnológicos de bajo rendimiento, co rrosión y emisión de aldehidos tóxicos. El rendimiento del etanol es solamente inferior en 25% - 30 % al de la gasolina, con la ventaja de provocar un menor índice de detonación. Por otro lado, existen otras ventajas del etanol tales como :

- Tecnología de producción y utilización comprobada
- Costos de producción bastante cercanos al de la gasolina
- Producción de gases de combustión poco contaminantes

Sin embargo, el uso del etanol como sustituto del diesel es poco alentador en virtud de las significativas diferencias en sus pro piedades físicas y químicas. La utilización del etanol para generación de electricidad queda así limitada a los grupos electrógenos de ciclo otto (a gasolina) que por lo general son de pequeñas potencias (comparado con los grupos diesel).

#### - Etanol a partir de materiales celulósicos

Aunque la producción de etanol a partir de madera y residuos-celulósicos es todavía un proceso no rentable, es conveniente describir su tecnología porque ésta representa una de las alternativas más promisoras en fuentes energéticas renovables ya que el recurso es abundante en los trópicos húmedos, su aplicación conlleva un elevado índice de mano de obra y lo que es más importante, el tiempo juega a favor de esta tecnología por los adelantos que se vienen logrando en hidrólisis enzimática de madera.

Asimismo, proporciona entre otros un subproducto de alto va

lor para el desarrollo industrial; la lignina, material no hidrolizable que convenientemente briqueteado y pirolizado produce un coque metalúrgico de excelente calidad siderúrgica.

En el Gráfico IV - 5 se presenta un esquema de los principales productos de la hidrólisis ácida de la madera.

El proceso de hidrólisis de la madera puede ser ácido o enzimático. El primero es de mayor difusión, aunque los rendimientos no son espectaculares. El segundo combinado con un pretratamiento térmico costoso es objeto de gran atención mundial, se considera que con los avances de la biotecnología y la microbiología, el proceso enzimático se impondrá en el futuro a condición de entrar el costoso pretratamiento y de acelerar la velocidad de la hidrólisis.

Con relación al proceso de hidrólisis ácida, en el Brasil se han aprovechado las ventajas de los diversos procesos con ácido sulfúrico diluido, existiendo en Lorena, Sao Paulo, una planta que trata 3 t/día de madera con el proceso llamado SCHOLLER-MADISON-SOVIETICO, y que cuenta con una unidad de coquización de lignina de 1 t/día a 800°C. Esta planta ha sido objeto de numerosos ensayos y evaluaciones técnico-económicas. (Ver Cuadro IV-9).

Una comparación entre los diversos estudios sobre inversiones, compilados por CETEC (Belo Horizonte, MG-Brasil), demuestra que a pesar de la inclusión de unidades auxiliares para recuperación de subproductos (furfural o coque a partir de lignina), la inversión necesaria para la instalación de una planta de producción de 100,000 - 1/día de etanol, a partir de madera es bastante elevada situándose entre 20 a 30 millones de dólares.

Comparándola con la inversión necesaria para la instalación

de una planta de alcohol de caña de azúcar con la misma capacidad diaria, se observa que en el caso de la madera el valor es de 2 a 3 veces mayor.

Asimismo, el costo de producción de etanol de madera, según estudios del CETEC del INT (Instituto Nacional de Tecnología, Brasil) y de Villares y Bardella, se sitúa entre 0.33 y 0.40 US\$/litro, ( sin considerar la devaluación del dólar desde 1980, año de los estudios).

Se puede concluir que, si bien técnicamente es factible obtener etanol de madera, la viabilidad económica del proceso no ha sido aún alcanzada. En el planeamiento del desarrollo energético de los países con trópico húmedo deberá tomarse en cuenta sin embargo, esta alternativa tecnológica pues a mediano plazo la rentabilidad puede ser favorable y así aprovechar la madera, un recurso renovable abundante y resistente a los cambios climáticos o biológicos.

Finalmente, es necesario precisar que el uso energético más adecuado del etanol es en la sustitución de gasolina en vehículos ligeros; grupos electrógenos con motores de ciclo otto serían, pues fácilmente accionados con etanol.

#### 4.2.1.1.9 Fermentación metanogénica o anaerobia

La fermentación metanogénica, denominada frecuentemente digestión para diferenciarla de la anterior, es un fenómeno natural que provee a partir de la degradación de desechos orgánicos (animales, agrícolas, urbanos, agroindustriales, etc), un gas llamado Biogas (o biometano) el cual está compuesto esencialmente de metano.

La fermentación tiene lugar en un reactor o digester donde se trata de reproducir el fenómeno natural en condiciones óptimas de temperatura, humedad, pH, contenido de O<sub>2</sub>, nutrientes e inoculación,-

a través de un proceso bioquímico en 3 etapas. (Ver Gráfico IV-6).

En la primera etapa se produce la hidrólisis de las complejas moléculas orgánicas por la acción enzimática de bacterias facultativas hasta la solubilización.

En la segunda etapa llamada la acidogénesis, los compuestos simples solubles formados son transformados por un mecanismo de óxido-reducción catalizado por bacterias facultativas, en ácidos simples de cadena corta (ácido fórmico, acético, propiónico, etc). En la última etapa, los ácidos orgánicos simples son descompuestos en metano y CO<sub>2</sub> por acción de bacterias metanogénicas estrictamente anaerobias.

Esta formación de metano sólo degrada muy débilmente la energía, tal como se muestra en el esquema siguiente, para el caso típico de la glucosa como sustrato de fermentación:



$$\frac{\text{Energía liberable por la combustión de metano}}{\text{Energía liberable por la combustión de glucosa}} = \frac{630}{686} = 0.92$$

El caso de la glucosa muestra la eficiencia de la fermentación metanogénica, la cual usa poca energía (8%) y restituye casi la totalidad (92%) de la energía contenida en el sustrato (ésto es el límite de un proceso llevado a cabo hasta el final).

El proceso global depende de diversos factores tales como pH (entre 7 y 7.2), la temperatura (rango mesofílico: 15 - 40°C y rango termofílico: 40 - 60°C), la ausencia de O<sub>2</sub> (o hermeticidad del digestor, la relación C/N en la materia prima, así como parámetros de

operación tales como flujo, % sólidos totales, tiempo de residencia y otros.

En el rango mesofílico no es necesario un aporte externo de calor, siendo óptima la producción de biogas en climas cálidos como los de la Selva Baja (26 - 30°C de promedio anual).

La actividad de las metanobacterias es óptima cuando la proporción de nutrientes es adecuada (relación C/N entre 25 - 30), siendo en algunos casos necesario realizar mezclas ponderadas de materiales orgánicos disponibles o más raramente adicionar compuestos químicos a fin de ajustar el valor C/N de la materia prima (Cuadro IV - 10).

El tiempo requerido para completar el proceso de fermentación anaerobia fluctúa mucho con los parámetros operacionales y puede optimizarse trabajando :

- Con temperaturas más elevadas (límite de supervivencia de metanobacterias : 65°C)
- Elevando la concentración de biomasa bacteriana mediante sedimentación, floculación o fijación sobre soportes inertes dentro del reactor

En el rango mesofílico (30°C) y en procesos de operación continua, se han logrado tiempos de residencia hasta de 10 días para sustratos de origen animal. Sin embargo, en procesos continuos con retención de lodo bacteriano (por ejemplo, los reactores VASB o de Flujo Ascendente en Lecho de Lodos), se ha logrado recientemente reducir el tiempo de residencia hasta 7 horas con una reducción de carga orgánica del 90 %, para sustratos diluidos; estos procesos están gozando actualmente de una gran acogida industrial.

La composición del biogas es la siguiente :

- Metano ( $\text{CH}_4$ ) : 55-56 % (en volumen)
- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) : 34-45 %
- Nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) : 0-3 %
- Sulfuro de Hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) : 0-1 %

Asumiendo un poder calorífico promedio del biogas de 4,767 - Kcal/m<sup>3</sup> (dato conservador de OLADE), se presenta en el Cuadro IV- 11 la producción unitaria de biogas y energía según diferentes recursos:

Según ITINTEC, el potencial nacional de producción de biogas a partir de los principales desechos de origen rural (datos de 1976), sería de  $23.4 \times 10^{12}$  Kcal/año, equivalente a unos 22 millones de barriles de petróleo/año, siendo los departamentos de Cajamarca, Puno y Junín los más importantes. (Ver Cuadro IV-12 y Gráfico IV-7)

En los departamentos correspondientes a la Selva sólo se consideró la producción agropecuaria registrada en las estadísticas del Ministerio de Agricultura, sin embargo, el potencial de dicha zona - es evidentemente superior debido al gran número de recursos existentes para el proceso de fermentación anaerobia que no han sido evaluados, tales como tallos y hojas de plantas, pastos, desechos de arroz, café y madera, rastrojo de yuca, plantas acuáticas diversas (gramalote, huama, putu-putu, etc); ésto sumado al hecho que las condiciones ambientales son óptimas, permite asegurar un éxito importante en la introducción del biogas en la Selva Peruana.

En cuanto a su utilización, el biogas puede ser una fuente económica de energía doméstica y semi-industrial : cocción de alimentos, iluminación, calefacción de polluelos, refrigeración, acciona - miento de motores y bombas, generación de electricidad, etc (Ver Cuadro IV - 13).



A nivel nacional, el ITINTEC y la Universidad Nacional Técnica de Cajamarca, vienen difundiendo esta tecnología desde 1980, principalmente en las zonas de sierra, utilizando biodigestores de tamaño familiar de diseños Chino, CLADE-Guatemala (Batch) e Hindú, los cuales producen de 2 a 6 m<sup>3</sup> de biogas por día, aproximadamente. El ITINTEC, a través de 2 cursos de Capacitación en Biogas (1983-1985) ha entrenado técnicos de diversos departamentos e instituciones de la selva donde ya existe experiencia práctica a la fecha (4 de San Martín, 4 Agraria de la Selva, Proyecto Especial Madre de Dios, etc., Fundo Ganadero Amazonas, etc).

Es necesario enfatizar la importancia que tiene el lodo residual llamado bioabono el cual, ha demostrado poseer (gracias a las investigaciones del ITINTEC, la Universidad de Cajamarca y la Empresa Gloria S.A.) excelentes cualidades como nutriente de animales menores y peces, como fertilizante, y como regulador fito-hormonal del crecimiento de plantas. En Cajamarca, se ha logrado elevar notoriamente el rendimiento de cultivos de papa, lechuga, ~~maíz~~, cebolla, coliflor, trigo, etc, con relación a la fertilización con estiércol fresco, no habiéndose detectado diferencias con el rendimiento obtenido vía fertilización química. En ningún caso se detectaron parásitos patógenos en el bioabono.

Con relación al equipamiento, éste será descrito más adelante.

#### 4.2.1.1.10 Otras alternativas Bioenergéticas

En primer lugar se ubican los aceites vegetales cuya explotación puede permitir la sustitución del diesel en motores y así complementar la sustitución de gasolina por etanol en programas integrales de reducción de petróleo por biocombustibles. Así, hace varias

décadas se ha venido ensayando la sustitución del diesel por aceites - vegetales provenientes de plantas oleaginosas (girasol, algodón, marrí, etc) con relativo éxito pues hay importantes diferencias físico-químicas (corrosión en motores por presencia de ácidos grasos, congelamiento a bajas temperaturas).

A fin de mejorar esta situación, se ha experimentado recientemente con la esterificación del aceite vegetal (utilizando etanol o metanol obtenidos de la biomasa) con excelentes resultados en cuanto a viscosidad, mínima formación de coque en los motores diesel, elevada eficiencia de combustión y reducido índice de corrosión. Así, el Programa PROCELO del Brasil considera aumentar la producción de aceites - vegetales tradicionales en 1'000,000 de litros a corto plazo (colza, girasol, almendra) y al mismo tiempo estimular la implantación de cultivo del DENDE o palma aceitera (*Elalis guineensis*) para que hacia el - bienio 1986 - 1987 contribuyera significativamente en la producción de aceites vegetales combustibles, toda vez que se ha comprobado que es una de las especies de mayor densidad energética por unidad de área - plantada (hasta 6 t/ha de aceite). Potencialmente, la selva amazónica del Perú puede contribuir en el futuro a la obtención de aceites vegetales combustibles a partir de la palma aceitera cultivada y los agua jales naturales, siempre y cuando el Perú establezca un Programa integral de sustitución de consumo de petróleo por biocombustibles. En la medida en que las reservas petroleras vayan disminuyendo, esta alternativa se perfilará como promisoría.

Finalmente, se debe mencionar algunas investigaciones en ingeniería genética, que se están desarrollando con la finalidad de modificar las características físico-químicas del latex natural de algunas - especies forestales como el árbol de caucho (*hevea brasiliensis*), el cual

contiene una mezcla de hidrocarburos de alto peso molecular y no puede utilizarse directamente en motores de combustión interna por su alta viscosidad. La idea es poder extraer en forma líquida el latex como combustible sustituto de la gasolina. Probablemente, esto puede ser una realidad a largo plazo, pero actualmente no representa una alternativa tecnológica viable.

#### 4.2.1.2 Estudio del Recurso Forestal con Fines Energéticos

Los principales recursos forestales comerciales en el Departamento de Loreto son :

- Cedro
- Caoba
- Lagarto
- Copaiba
- Moena
- Lupuna
- Ishpingo
- Capiróna
- Quinilla
- Tamamore
- Tornillo
- Cumala
- Catahua
- Marupa
- Capinuri

Estas especies forestales del Departamento de Loreto, se encuentran también en el Departamento de Ucayali y Madre de Dios; es decir en toda la zona Selva Baja. Y por lo tanto las características físico - mecánicas, químicas y poderes caloríficos son semejantes en

toda esta Región.

#### 4.2.1.2.1 Clasificación de las Especies Forestales

En el año 1970, la Universidad Nacional Agraria, Programa Académico de Ciencias Forestales, Departamento de Industrias Forestales, realizó un Estudio de las Especies Forestales de la Zona de Yurimaguas (Jorge Malleux, Rafael Leo Maquín). En dicho informe se elaboró una lista de las especies forestales de acuerdo a sus usos, en la cual se consideran cinco grupos:

- a. Aserrío (Los desechos que quedan en el bosque y los residuos de aserraderos de estas especies madereras, constituyen un potencial para uso energético).
  - b. Pulpa y Papel (Sólo los desechos de campo son útiles para el aprovechamiento energético; su potencial es muy limitado actualmente).
  - c. Otros Usos; Se considera las especies aptas para postes, tableros, láminas, madera prensada y productores de resinas.
  - d. Valor Potencial; Que se pueden usar en un futuro, de acuerdo a los estudios de identificación y ensayos físico-mecánicos que se están realizando actualmente.
  - e. No Identificados; ( En este grupo se incluyen las especies no identificadas, los sin uso conocido y los no estudiados hasta el momento.
- Se encuentra el mejor potencial de especies madereras energéticas: leña, carbón).

#### 4.2.1.2.2 Características Físico-Mecánicas

Las características físico-mecánicas que interesa conocer en relación al uso de la madera como combustible son :

- a. Peso específico o gravedad específica

## b. Densidad

En el Cuadro IV-14 se presenta una relación de especies forestales, extraída del Inventario Forestal del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt, elaborado por el Forestal International Limited para el Proyecto N° F 806 de la FAO en Convenio con el Gobierno Peruano y que corresponden a especies de madera de la zona de Pucallpa - Región Selva Baja - éstas son diez especies forestales comerciales y numerosas especies de uso reducido.

En cuanto a la densidad de las especies tropicales comerciales, en el Cuadro IV-15 se presentan los valores de las diez principales especies. Además de la densidad básica, en el cuadro se aprecia la densidad saturada, seca al aire y anhidra de las siguientes especies: Tornillo, Copaiba, Catahua y Moena. Asimismo, en el Cuadro IV-16 se presenta las clases de densidad correspondientes a las diversas especies forestales de la zona de Pucallpa-Región Selva Baja.

A continuación se presenta una descripción sucinta de las demás características de las diez principales especies comerciales forestales:

a. CAOBA (SWIETHENIA MACROPHYLIA)

Densidad media, alta resistencia a la pudrición, secado natural moderado, buen comportamiento al secado artificial, difícil de tratar, contenido de humedad: 53 %.

b. CATAHUA (HURA CREPITANS)

Densidad media, comportamiento regular, secado artificial, fácil de tratar, contenido de humedad: 76%.

c. GEDRO (CEDREKA sp)

Densidad media, rápido secado al aire, buen comportamiento al se

- cado artificial, contenido de humedad : 70 % .
- d. COPAIBA (COPAIFERA sp)  
Densidad alta, resistente al ataque de hongos, secado natural. -  
lento, fácil de tratar, contenido de humedad: 54 %
- e. CUMALA (VIROLA sp)  
Densidad media, rápido secado al aire y buen comportamiento al  
secado artificial, contenido de humedad : 89 % .
- f. ISHPINGO (AMBURANA CEARENSIS)  
Densidad media, buena resistencia al ataque de hongos e insectos,  
buen comportamiento al secado, contenido de humedad: 14 % .
- g. LAGARTO CASPI (CALO PHYLLIUM BRASILENSIS)  
Densidad media, gran resistencia al ataque de insectos, secado -  
lento al aire y artificial, contenido de humedad : 50 % .
- h. LUPUNA (CHORISIA INTEGRIFOLIA)  
Densidad baja, susceptible de pudrición, secado natural rápido,-  
buen secado al horno, contenido de humedad : 133 % .
- j. TORNILLO (CEDRELINGA CATAENIFORMIS)  
Densidad media, resistente al ataque de hongos e insectos, secado  
natural rápido, buen secado artificial, contenido de humedad : -  
82 % .

Es necesario indicar que este conjunto de características se refieren a la porción central de la madera con mayor contenido de lignina. En el caso de los desechos de aserrío, los valores indicados por lo general son significativamente menores.

#### 4.2.1.2.3 Características Químicas

En el uso de la madera (leña y/o carbón vegetal) como combustible, la composición química es el factor determinante de la capacidad calorífica, y en este sentido las características químicas son

muy importantes para los propósitos del Estudio.

La madera como la mayoría de los productos de origen vegetal, está formada por los siguientes compuestos :

- Celulosa
- Lignina
- Agua
- Otros

En el Cuadro IV-17 se presenta una relación comparativa de la composición de algunos materiales de biomasa, en el que se aprecia que las maderas poseen mayor contenido de lignina y alta proporción de celulosa. Sin embargo, otros productos vegetales como la paja de trigo y bagazo de caña de azúcar pueden alcanzar contenidos similares de celulosa y hemicelulosa al de la madera.

Se ha realizado una investigación sobre la composición química, de 20 especies forestales de la Amazonía Peruana, de las cuales 2 son comerciales en la zona (Tornillo y Cumala), y que representa una porción importante del volumen de madera en troza que ingresa a Pucallpa. El Cuadro IV-18 presenta los resultados de la investigación realizada por el Ing. Manuel Uceda en 1984 (UNA), observándose que el Tornillo posee un mayor contenido de lignina que el pino radiata, abedul y eucalipto. Sin embargo entre las 20 especies tropicales, la sacha-caoba es la que tiene mayor proporción de lignina y el jarabe huayo la menor proporción, con 32.74 % y 22.41 % respectivamente.

En cuanto al contenido de celulosa las 20 especies forestales de la zona amazónica presentan mayor contenido que el pino radiata, abedul y eucalipto, siendo más alto en el tornillo con 54.07 %.

El Cuadro IV-19 presenta una comparación entre diversos materi

riales en cuanto a la composición de materias volátiles y carbonizadas, en el que se observa que la madera presenta alta composición en materias volátiles, característica indicativa de su capacidad de combustión.

Con respecto a la composición de elementos químicos en la madera, en el Cuadro IV-20 se presentan algunas pequeñas variaciones dentro de las proporciones más o menos cerca para cada elemento; estas variaciones provienen de la diversidad de madera de las cuales se extrae el respectivo promedio.

En este sentido, en el Cuadro IV-21 se presenta la composición de elementos químicos básicos de 7 especies de madera, observándose que la madera ocupa una posición intermedia entre el lignito, turba y carbón vegetal, y los residuos agrícolas en cuanto al contenido de carbono (c); peso en oxígeno ( $O_2$ ) muestra mayor proporción con respecto al hidrógeno ( $H_2$ ), la madera muestra una composición similar a los residuos agrícolas y ligeramente mayor al carbón vegetal, turba y lignito. Y, en cuanto al contenido de azufre (s), la madera presenta una baja proporción con respecto a los otros materiales.

Con respecto a la composición del gas de madera, ésta presenta importante diferencia entre las proporciones de los diversos componentes químicos del gas, las cuales se deben a las diferencias en la composición química de las especies de madera y a factores de diseños de los gasificadores usados. En el Cuadro IV-22 se presenta a modo de comparación la composición química del gas de madera producido en diversos equipos de gasificación, apreciándose que en conjunto ésta presenta los siguientes máximos y mínimos :

H2

12 %

45 %



CO	17 %	49 %
CH <sub>4</sub>	0.9 %	5 %
CxHy	0.2 %	4 %
CO <sub>2</sub>	6.6 %	30 %
O <sub>2</sub>	0.4 %	1 %
N <sub>2</sub>	1 %	55 %

Hasta el momento, en el país no se han efectuado investigaciones sobre la composición química del gas de madera y ésta se desconoce en las especies de la Amazonía; sin embargo es posible obtener referencias sobre estas especies del Brasil, donde existe especies de madera similares a las Peruanas.

#### 4.2.1.2.4 Propiedades Caloríficas de la Madera

Las maderas como los diferentes materiales orgánicos tienen la propiedad de emitir calor en el proceso de combustión como consecuencia de reacciones químicas de oxidación y reducción, generados por la acción de la temperatura y la presencia de oxígeno.

Las propiedades calóricas de la madera que interesa conocer, son las siguientes :

- Punto de inflamación
- Poder calorífico
- Temperatura de combustión
- Rendimiento térmico
- PUNTO DE INFLAMACION : Es la temperatura a la cual el calor generado por la combustión es mayor al perdido por radiación en el medio ambiente y menor al gastado al continuar la combustión. En el Cuadro IV-23, se presentan datos sobre el punto de inflamación de diversos materiales, en el que se observa que la madera tiene un pun

to de inflamación relativamente bajo de 300° C con respecto a otros -- combustibles sólidos y gaseosos.

- PODER CALORIFICO : Es la cantidad de calor producido durante el proceso de combustión. Entre los poderes caloríficos de la madera, a continuación se indican diferentes valores referenciales:

KOLIMAN	:	4,500	cal/gr	(Latifoliadas)
BROWN	:	4,700	cal/gr	(Latifoliadas)
DOAT	:	4,770	cal/gr	(Tropicales)
UCEDA	:	4,751	cal/gr	(Peruanas)
VYNCKE	:	3,600-5,000	cal/gr	

Las diferencias provienen principalmente de las diversas composiciones químicas de las especies forestales empleadas.

Sobre el particular, la presencia de la lignina y de extractivos totales, como : Taninos, grasas y aceites esenciales, tienen una fuerte influencia en el valor calorífico. DOAT, determinó que el poder calorífico de la lignina es de 6,100 cal/gr; en cambio otros autores le asignan un valor de 8,000 a 10,000 cal/gr, asimismo DOAT determinó que el valor calorífico de los extractivos en alcohol, benceno es de 6,250-6,800 cal/gr; mientras que la celulosa y pentosanos tienen un poder calorífico de 4,070 a 4,130 cal/gr. De esto se desprende que las maderas con alto contenido de lignina y extractivos tienen mayor poder calorífico que las especies ricas en celulosa y pentosanos.

En base a esta información UCEDA determinó al poder calorífico superior de 20 especies forestales de la Amazonía Peruana y de 16 especies de Madre de Dios, 3 de las cuales (Tornillo, Cumala y Moena) están entre las 10 principales especies comerciales de Pucallpa. Estos resultados se presentan en el Cuadro IV-24, en donde se observa que el poder

calorífico de las tres especies comerciales es superior al promedio de las 33 especies de la Amazonía Peruana (4,649 cal/gr); aunque - las especies con poder calorífico más elevado : Shimbillo (4,916 cal/gr) - cua ( 894 cal/gr), Requía Blanca (4 885 cal/gr), Marupa - ( 883 cal/gr) también son especies comerciales en el área de Pucallpa.

Asimismo, Uceda ha determinado el poder calorífico inferior de 16 especies forestales de Madre de Dios, una de las cuales (Moena) está en la lista de las 10 principales especies forestales de Pucallpa ( IV-25)

De otra parte, Uceda ha determinado que existe una clara correlación entre la densidad de la madera y el poder calorífico superior, cuyos resultados se presentan en el Gráfico IV-8 y Cuadro IV-26 para las 36 especies estudiadas.

En base a ésta información OTERO en el Estudio sobre Disponibilidades Sobrantes de Madera en Pucallpa para el uso de la Generación Eléctrica ha establecido rangos de valor calorífico superior correspondientes a clases de densidad para las especies tropicales de la Amazonía Peruana. Del Cuadro IV-26 se desprende que a excepción de la lupuna y la catahua, especies comerciales con baja densidad, las principales especies de Pucallpa deben tener un poder calorífico superior entre 2 300 - 3 500 cal/cm<sup>3</sup> es decir entre 4,700 y 5 000 cal/gr; mientras la lupuna cuya densidad es menor a 320 Kg / m<sup>3</sup> debe tener un poder calorífico menor a 1,500 cal/cm<sup>3</sup>, es decir - menor a 4 700 cal/gr

En Pucallpa, sólo se ha podido obtener datos acerca del P C I de la Moena (entre las 10 principales especies) y sobre P.C.S.-

del Tornillo, Moena y Cumala; disponiéndose además de datos del P.C.I. y P.C.S. de alrededor de 20 especies forestales de la Amazonía Peruana, en su mayoría no comerciales. En base a esta información, estimaron - el P.C.I. correspondiente a las 10 principales especies forestales de la zona de Pucallpa considerando que existe una relación entre el po der calorífico expresado en  $\text{cal/cm}^3$  y la densidad de la madera y que - P.C.I. y P.C.S. están relacionados con el contenido de hidrógeno en la composición química de la madera y con el contenido de humedad.

En el Cuadro IV-27, se presenta la estimación del P.C.I. y P.C.S. para las 10 principales especies de madera comerciales en la zo na de Pucallpa y un promedio general para las demás especies en base a la referencia de DOAT sobre el poder calorífico de las especies tropicales. El P.C.I., ha sido calculado a 40 % de humedad y observamos - que del Cuadro se desprende que el P.C.I. varía entre 2,646 Kcal/kg - (lupuna) y 2,908 cal/gr (caoba e ishpingo).

El poder calorífico superior se refiere a la cantidad total - de calor producido en la combustión, mientras el valor calorífico infe rior se refiere a la cantidad de calor producido menos el calor gasta do en evaporar la humedad del combustible; lo cual depende en el caso de la madera del contenido de hidrógeno y de la proporción de humedad.

De otra parte, en el Cuadro IV-28 se presenta una comparación entre el poder calorífico de las maderas y los diferentes combustibles sólidos, observándose que la madera tiene un valor calorífico intermedio dentro del conjunto, superior al de la mayoría de residuos agro pecuarios, pero inferior al carbón y productos sintéticos del petróleo; y en segundo término que las maderas tropicales tienen un mayor poder calorífico inferior de los bosques templados.

En el Cuadro IV 29 se presenta una comparación entre valores caloríficos inferiores de diferentes combustibles expresados en unidades de energía comerciales, observándose que la madera posee un poder calorífico menor a los derivados del petróleo, carbón mineral y combustibles orgánicos (metanol y etanol). Asimismo, se observa que el poder calorífico de la madera varía en relación a su procesamiento: la madera seca rolliza posee mayor poder calorífico por unidad de peso que las astillas y/o madera pulverizada y que las astillas pelletizadas, briquetas; sin embargo, el poder calorífico en función del volumen es similar para la madera rolliza y la pelletizada e inferior para las astillas. Además, se observa que el carbón vegetal tiene un poder calorífico en función del peso más elevado que la madera (28.4 frente a 19 MJ/Kg) sin embargo, en función al volumen la madera tiene un poder calorífico superior (10.93 frente a 5.4 GJ/m<sup>3</sup>).

Del mismo cuadro se desprende que la relación de equivalencia entre la madera seca y los derivados del petróleo es la siguiente:

- 1 Kg de madera seca es igual a :

0.44 Kg Diesel

0.45 Kg Aceite pesado

0.70 Kg Carbón Mineral

0.44 Kg Gasolina

1 m<sup>3</sup> de madera seca es igual a :

0.32 m<sup>3</sup> gas natural

0.30 m<sup>3</sup> diesel

0.26 m<sup>3</sup> aceite pesado

0.52 m<sup>3</sup> carbón mineral

0.35 m<sup>3</sup> gasolina

El estudio de OTERO, según el Cuadro IV-30, presenta la variación del poder calorífico en función al contenido de humedad de la madera, observándose el P.C.S. desciende proporcionalmente mientras que el P.C.I. desciende en una mayor proporción, conforme se eleva el contenido de humedad.

- TEMPERATURA DE COMBUSTION : Es el valor teórico de temperatura que alcanzan los gases de la combustión, al quemarse un combustible perfectamente aislado, es decir cuando la totalidad del poder calorífico inferior del combustible es cedido a los gases de la combustión.

En la madera, la temperatura de combustión varía en función del contenido de humedad y de la relación entre Kg de gas por kilo de combustible (WG). En el Cuadro IV-31 se presenta las variaciones del calor de combustión para maderas tropicales con P.C.S. de 5,083 Kcal/Kg y P.C.I. de 4,756 Kcal/Kg; con diversos contenidos de humedad y un 40 % de exceso de aire.

- RENDIMIENTO TERMICO: Se obtiene un estimado calculando las pérdidas de calor por la chimenea y asignando valores a las pérdidas de calor por cenizas, etc. En el Cuadro IV-32, se presenta los rendimientos térmicos en porcentaje del P.C.S. de la madera, con diversos contenidos de humedad y a diversas temperaturas de salida de los gases; observándose que el porcentaje varía desde un máximo de 81.4 % hasta un mínimo de 16.7 % del P.C.S.

El rendimiento térmico real, se obtiene de mediciones de consumo de combustible y el calor producido. En el Cuadro IV-33, se presenta una tabla de rendimientos obtenidos para una presión de 8 Kg/cm<sup>2</sup>, agua a 60° C, madera con poder calorífico de 5,083 -

Kcal/Kg, con un gasto de agua de 6,000 Kg/l y un consumo de combustible de 1 700 K. Se observa que el rendimiento en vapor de la madera varía desde 6 82 Kg de vapor a 1 02 Kg de vapor por Kg de madera.

#### 4.2.1.2.5 Propiedades Caloríficas del Gas de Madera

Con respecto a las propiedades caloríficas del gas de madera sólo se dispone de información de carácter general sobre especies forestales de otros países. Sobre el parti, en el Cuadro IV-34, se presenta información sobre la composición química, y el poder calorífico del gas de madera según 4 fuentes distintas en el que se observa que el poder calorífico presenta un margen entre 4,605 a 5,900-Kj/Nm<sup>3</sup> pero como se emplea mezclado con aire, el poder calorífico se reduce a 2,450-2,600 Kj/Nm<sup>3</sup>.

El poder calorífico del gas de madera está influenciado por diversas variables, éstas son :

- Tamaño del combustible
- Contenido de piro-leñosos
- Contenido de aire
- Humedad del combustible

En cuanto a la influencia de la humedad, en el Cuadro IV-35 se presenta una comparación del poder calorífico del gas de una misma especie con 4 niveles de humedad distintos; en el que se observa que la composición de los gases y su poder calorífico varían significativamente presentándose una relación inversamente proporcional de CO y el contenido de humedad y directamente proporcional entre el vapor de agua y el CO<sub>2</sub>; lo que genera un descenso del poder calorífico conforme se eleva el contenido de humedad.

En el Cuadro IV-36, se presenta un análisis comparativo sobre la influencia del pre-calentamiento de la madera con 30 % de humedad, observándose que la madera pre-calentada alcanza una alta proporción de CO, mientras ~~se~~ reduce la proporción de CO<sub>2</sub>, lo que genera un significativo incremento del poder calorífico del gas.

Con respecto al tamaño del combustible madera, el Cuadro IV-37 presenta datos comparativos de tres tamaños de madera, observándose que los de mayor tamaño obtienen un mayor poder calorífico.

En cuanto al contenido de piroleñosos en el gas de madera, el Cuadro IV-38 se presenta una comparación entre el poder calorífico con piroleñosos y sin ellos (filtrados), en dos situaciones de aire saturado en 25 % de humedad a temperaturas diferentes; observándose que ambos casos los piroleñosos elevan el poder calorífico del gas, debido a que estos aceites esenciales tienen un mayor valor calorífico que la madera; sin embargo las maderas con piroleñosos ofrecen dificultades posteriores debido al mayor contenido de alquitrán.

Asimismo, se observa en el Cuadro IV-39, el grado de saturación de la humedad del aire influye en la composición del gas de madera y en su poder calorífico.

#### 4.2.1.2.6 Disponibilidad de madera en el área de influencia

Las localidades dentro del área de influencia del Estudio se encuentran inmersas en la floresta tropical húmeda de la amazonía peruana, con un área adyacente más o menos desbocada según la actividad forestal existente.

Considerando dicha situación general y las similares condi



ciones geográficas y climáticas existentes en toda el área del Estudio; así como los datos obtenidos en sitio; se puede mencionar lo siguiente:

- Las especies comerciales más explotadas son:

- Cedro
- Caoba
- Moena
- Lupuna
- Catahua
- Capinurí
- Tornillo
- Quinilla
- Huayracaapi
- Lagarto Caspi
- Cumala
- Capirona
- Marupa
- Copaiba
- Huamansamana

- Las especies madereras con mayor valor energético y abundantes (leña y carbón) son:

- Espintana
- Capirona
- Capinurí
- Huamansamana
- Rifari
- Bolaina
- Huacapurano
- Copaiba
- Wito

- La explotación forestal no realiza una tala integral, sino selectiva, dejándose en pie muchas especies de vocación energética; los bosques tropicales tiene aproximadamente una densidad de 2,000 árboles/ha.
- Las zonas de explotación florestal se encuentran situadas a distancias comprendidas entre 1 y 10 Km de distancia del centro de la población, donde abundan los desechos de tala (ramas, diámetros menores) útiles para generación de energía.
- Es factible establecer un área colindante a la población como reserva energética forestal, calculada según la potencia eléctrica requerida, los datos de consumo de combustible del generador (gas de leña o de carbón vegetal) y la edad de corte de la especie seleccionada para reforestación.

A título de ilustración se presenta en el Cuadro IV-40 la disponibilidad del recurso madera en nueve poblaciones entre Requena y el límite Sur del Departamento de Loreto. Allí se puede observar que sólo la explotación de especies comerciales es considerable, permitiendo la obtención tanto de residuos de campo (ramas, diámetros menores) como de aserradero que representan generalmente un volumen dos veces mayor a la madera aserrada producida.

#### 4.2.1.3 Energía Eléctrica por Gasificación de Biomasa

Para satisfacer la demanda de energía eléctrica en las localidades de la zona del estudio utilizando la biomasa forestal y vegetal, se plantearán como alternativas a los grupos electrógenos Diesel, las centrales dendrotérmicas de dos tipos:

- a. La biomasa (leña, carbón vegetal, residuos de madera y cultivos) es quemada directamente en el hogar de un caldero para producir vapor y accionar una turbina o un motor a vapor, conectado a un

generador eléctrico.

- b. La biomasa sufre una combustión incompleta y se transforma en un gas pobre en un gasificador el cual acciona un grupo electrógeno con motor a encendido por compresión (ciclo Diesel) o por chispa (ciclo OTTO).

El equipamiento de la central dendrotérmica (a) es complejo y pesado, por lo cual sólo se fabrican comercialmente unidades potenciales superiores a los 500 ó 1,000 Kw, generalmente. Además, su uso exige requerimientos de disponibilidad de agua clara y blanda a fin de no perturbar el funcionamiento del caldero por la formación de depósitos calcáreos. Todo ello hace prácticamente imposible la adopción de este tipo de centrales dendrotérmicas en la zona del Estudio, donde la mayor parte de las poblaciones demandan potencias eléctricas por debajo de los 100 Kw, y carecen de los elementales servicios. Por estos motivos, en este capítulo sólo se ha considerado la generación de electricidad a partir de la gasificación de la biomasa.

#### 4.2.1.3.1 Descripción de los equipos de gasificación de biomasa

Los combustibles que pueden ser gasificados son muy diversos: leña, desechos de aserradero, carbón vegetal, cascarilla de arroz, cáscara de coco, corontas de maíz, etc. En el presente estudio sólo se ha considerado aquellos que se encuentran disponibles en abundancia en la zona como son: leña, carbón de leña y cascarilla de arroz. El esquema general de los gasificadores es similar para los 3 casos, sin embargo se presentan algunas variaciones importantes en los materiales y en los equipos de limpieza y refrigeración.

En general, los procesos de gasificación pueden ser clasificados de acuerdo al poder calorífico de los gases producidos:

- Gas Pobre : 0 Low BTV Gas ( $\pm$  1,000 - 1,250 Kcal/m<sup>3</sup>) obtenido por gasificación con aire y vapor (oxidación parcial)
- Gas Medio : 0 Medium BTV Gas ( $\pm$  2,500 Kcal/m<sup>3</sup>) obtenido por gasificación con oxígeno y vapor (oxidación parcial)
- Gas Rico : 0 High BTV Gas ( $\pm$  10,000 Kcal/m<sup>3</sup>) obtenido por gasificación con hidrógeno (hidrogenación).

Para los alcances del estudio y considerando que es imposible rentabilizar los procesos de gasificación con oxígeno puro e hidrógeno para las pequeñas capacidades determinadas en el estudio de mercado, solamente describiremos los equipos de gasificación con aire que producen el llamado Gas Pobre.

Así, los gasificadores para gas pobre pueden clasificarse según el tipo de lecho y flujo gaseoso en :

a. Gasificadores de lecho fijo y flujo ascendente

El combustible es apilado verticalmente en el horno, soportado por una parrilla; pueden ser de flujo gaseoso ascendente o descendente. La alimentación de combustible es discontinua.

En los de flujo hacia arriba (ver Gráfico IV-9), el aire necesario para el proceso ingresa inmediatamente en la parte inferior de la parrilla creando una zona de combustión interna. El gas producido atraviesa la masa leñosa reduciéndose y pirolizando los estratos intermedios. El calor sensible del gas resultante sirve para secar el combustible de los estratos superiores. Las ventajas de este sistema son la simplicidad de su construcción y su adaptabilidad a diversos tamaños del combustible leñoso (o biomasa) con humedad variable.

La mayor desventaja es la de arrastrar junto con el gas a los hidrocarburos de cadena larga producidos en la fase de pirólisis -

que fácilmente pueden ser condensados; en segundo lugar cuando el reactor tiene un diámetro mayor de 3 m, la uniformidad de distribución del combustible en el lecho puede alterarse con la formación de canalizaciones preferenciales del gas y la congruente pérdida en el rendimiento de las reacciones. Los alquitranes que se producen son nocivos por su acción corrosiva además de provocar obstrucciones en los ductos de gas.

#### b Gasificadores de lecho fijo y flujo hacia abajo

Este tipo de reactor se diferencia del anterior porque el aire entra en la zona de combustión o ligeramente por encima de ésta, mientras que los gases producidos atraviesan la masa reactiva para salir después de haber pasado por una cavidad anular, por la parte superior del reactor (ver Gráfico IV-9)

La ventaja principal de estos gasificadores es la del bajo contenido en alquitranes del gas producido, debido a que el gas antes de la salida del reactor atraviesa la zona de combustión a alta temperatura. Este hecho hace que los productos de cadena larga sean eliminados por el cracking producido a alta temperatura. Por otra parte, se debe señalar un sensible aumento del costo de fabricación de este reactor por la mayor complejidad de la construcción del reactor.

#### c Gasificador de lecho fluidizado

En este reactor es necesario mantener el combustible en forma de partículas de pequeñas dimensiones para realizar la combustión del mismo mantenido en suspensión mediante un ventilador. De este modo el autoconsumo de energía es mayor con respecto a los otros reactores a lecho fijo de iguales dimensiones.

Estos reactores necesitan de un quemador a petróleo para dar inicio a la reacción; asimismo el costo de preparación del combustible es mayor. Las ventajas residen en una mayor flexibilidad para la ali

mentación y en la posibilidad de construir plantas de dimensiones con-  
siderables sin problemas de fabricación. Este tipo de gasificadores -  
si bien tienen una mayor eficiencia que los anteriores, están todavía  
en fase de desarrollo. (Gráfico IV-10).

Considerando lo anteriormente expuesto, parece conveniente-  
adoptar la tecnología de los gasificadores de lecho fijo una alterna-  
tiva apropiada a las condiciones de la zona del estudio. En efecto,  
la tecnología de lecho fijo presenta una mayor confiabilidad por el  
hecho de necesitar un mantenimiento más sencillo y menos frecuente.

#### 4.2.1.3.2 Breve descripción de los grupos electrógenos a gas de bio- masa

Una central térmica de este tipo, utilizando un gasificador  
de lecho fijo, normalmente consta de :

- Un depósito de combustible
- Un horno o reactor de gasificación
- Una cámara de expansión (para la separación de partículas gruesas-  
del gas)
- Un sistema de filtración (puede ser por vía húmeda o seca por ci-  
ciones)
- Un sistema de intercambiadores de calor (para enfriar el gas y para  
condensar el vapor de agua)
- Un sistema de encendido (soplador o ventilador)
- Un mezclador gas-aire
- Una unidad motor-generador
- Un tablero eléctrico de control.

Generalmente se comercializan en paquete, con característi -  
cas técnicas diversas según los fabricantes. A título ilustrativo se

presenta en los Cuadros IV-41 y IV-42, los datos técnicos y costos de algunos fabricantes europeos, canadienses y neo-zelandeses. En el Gráfico IV-11 se muestra el esquema de planta eléctrica a gas de madera, correspondientes a las firmas Alsthom-Atlantique.

Asimismo, se debe considerar el modelo de Gasificador Ruso de Mampostería que la Empresa EMBRATER (Empresa Brasileira de Tecnología y Extensión Rural) viene difundiendo en Brasil como un ejemplo de tecnología apropiada para las zonas rurales-tropicales. En efecto, este gasificador que usa carbón vegetal se construye in situ con ladrillos y planchas de zinc, utiliza un filtro seco de franela, el sistema de encendido del horno es simple y se utiliza asociado a un motor en buen estado tipo chevrolet de 140 HP, tipo Rural Willys o Jeep para el accionamiento de bombas (existen más de 150 instalaciones operando en el estado de Ceará). Por comunicación de Embrater, se conoce que estos gasógenos pueden accionar grupos electrógenos y generar 9 KW a costos reducidos.

Finalmente, se debe mencionar el desarrollo de diseños específicos de gasificadores para convertir la cascarilla de arroz, recurso abundante (aunque estacional) en toda la zona del estudio. Los diseños más apropiados y eficientes son el gasificador italiano de lecho fijo y flujo ascendente, tipo Balestra (ver Gráfico IV-12) y el gasificador chino (ver Gráfico IV-13).

#### 4.2.1.3.3 Datos de conversión de biomasa a energía

En el caso de la leña secada al aire, ésta adquiere un contenido de humedad de aproximadamente 15 %. En esas condiciones 1 Kg de leña tiene un poder calorífico de unos 3,700 Kcal (15,490 KJ).

Luego del proceso de gasificación en hornos de lecho fijo

1 Kg de leña producirá 2.185 m<sup>3</sup> normales de gas. A su vez, estos 2.185 m<sup>3</sup> de gas frío tendrán un poder calorífico de 2,628 Kcal (11,000 KJ) ya que 1 m<sup>3</sup> de gas pobre frío tiene un poder calorífico de 1,200 Kcal (5,030 KJ).

Ahora, el gas pobre obtenido a partir de leña secada al aire puede usarse como combustible en motores de combustión interna para producir potencia; 1 Kg de leña rinde suficiente gas para producir 0.838 Kw de torque, aproximadamente. Si esta potencia se utilizara para generar electricidad se tendría que 1 Kg de leña rendirá suficiente gas para generar alrededor de 0.75 Kw/h de electricidad.

Un gasificador que tiene una capacidad de 50 Kg/h de leña puede entonces producir 37.5 Kw/h. En este caso, trabajando a plena capacidad durante 5 horas/día (estimado de operación de grupos electrógenos en la selva) podrá producir 187.5 KW.h y en un año de operación a ese régimen 68,438 KW.h de electricidad. Esa producción puede lograrse con un grupo electrógeno diesel de 48 KW funcionando con combustible dual (80 % gas pobre - 20 % diesel).

Para ilustrar esto se muestra en el Cuadro IV-43 los requerimientos de leña y gas pobre para accionar motores y grupos electrógenos indicando las potencias de torque y eléctricas (valores tabulados están por cada litro de volumen de cilindrada barrido en ciclo de 4 tiempos).

Asimismo, en los Gráficos IV-14 y IV-15 se puede observar como disminuye la potencia mecánica de un motor diesel y de uno a gasolina cuando se sustituye el combustible por Dual Fuel (80 % gas pobre - 20 % Diesel) y por gas pobre respectivamente, según la velocidad de rotación del motor. Las pérdidas de potencia se maximizan



a. RPM elevadas (más de 1,600 RPM). Estas curvas fueron obtenidas en una evaluación experimental realizada por investigadores del Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Sao Paulo, Brasil.

#### 4.2.1.4 Electrificación a base de Biogas

Debido a la abundancia de biomasa animal y vegetal existente en la Selva Amazónica es factible prever un aprovechamiento energético del biogas, producto de la fermentación anaerobia descrita antes. En efecto, en el Departamento de Loreto se han identificado los siguientes recursos para biogas :

##### a. Recursos Animales

- Estiercol vacuno (muy poco ganado, no asegura la operación de biodigestores rurales, salvo en Jenaro Herrera donde hay búfalos)
- Estiercol porcino (insignificante cantidad)
- Estiercol equino (puede ser interesante en el futuro)

##### b. Recursos Vegetales

- Pajas y cascarilla de arroz (recurso sin uso actual y abundante en todo lugar)
- Rastrajo de yuca (igualmente abundante y sin uso)
- Hojas y desechos de plátano (igualmente abundante y sin uso)
- Chala de maíz
- Rastrajo de frijoles
- Maleza, yerbas, hojas, etc.
- Mudillo
- Pasto elefante

##### c. Recursos Acuáticos

- Huama
- Gramalote
- Piri-piri

- Toro-urco
- Putu-putu
- Pajaro bobo
- Huambel
- Grama
- Cueso

Estas plantas acuáticas abundan de modo natural en los ríos, caños y cochas cercanos a las poblaciones. Se estima que puede ser un recurso renovable inagotable, salvo catástrofes ecológicas.

#### d. Recursos Urbanos

- Excreta humana (un biodigestor comunitario debe promover el saneamiento e higiene de la localidad, si se lo conecta a una letrina comunal)
- Basura doméstica

El gas producido en un biodigestor comunitario podría servir para electrificar la población, aunque también puede sustituir fácilmente al kerosene en los refrigeradores de absorción, artefacto cuya difusión en dichas zonas tropicales puede ser multiplicada.

#### 4.2.1.4.1 Clasificación de los tipos de biodigestores

Debido a la variedad de biodigestores para el medio rural, conviene clasificarlos por el modo de operación:

##### a. Biodigestores Batch o de llenado intermitente

Se cargan de una sola vez y se descarga cuando concluye el proceso de fermentación (ciclo biológico) operan con baja dilución (35 % de sólidos totales). Para asegurar una producción continua de biogas y bioabono es necesario utilizar una batería de ellos - con programas de carga y descarga desfasados, a fin de que nunca-

cese la producción de biogas : Asimismo, debe contar con un ga  
sómetro. Operan con baja dilución (30-35 % SI) y son adecua -  
dos para zonas donde no se dispone de un suministro regular de  
materia prima y en zonas donde los recursos de biomasa pueden  
acumularse por mucho tiempo (caso de rastrojos de cosecha y re  
síduos de biomasa). En el Gráfico IV-16 se muestra el esque-  
ma del modelo más difundido en Latino-América: el OLADE-GUATE-  
MAIA; es una planta modular que permite su crecimiento por adi  
ción de más digestores en la batería (además cada módulo pue  
de tener capacidad variable).

b. Biodigestores semi-contínuos

Son alimentados diariamente o periódicamente, a fin de resti -  
tuir los sustratos convertidos a biogas, con pequeñas cantida -  
des de material orgánico fresco; al mismo tiempo se debe des  
cargar un volumen igual de lodos digeridos por el lado opuesto  
a la alimentación. La formación de natas y espumas es uno de  
los principales problemas que ocurren frecuentemente en este -  
tipo de biodigestores, debido a la flotación de pajas y mate -  
rial celulósico no degradado y de baja densidad. Si se man -  
tiene una regularidad en la frecuencia de alimentación, la pro  
ducción de biogas es contínua decayendo al cabo de un año más  
o menos debido a la acumulación de sedimentos en el fondo del-  
digestor. En ese momento se procede a la descarga, limpieza y  
nueva carga del biodigestor.

Los modelos más representativos son los Biodigestores Hindú y  
Chino cuyos esquemas se presentan en los Gráficos IV-17 y IV  
-18; ambos modelos pueden constituirse en tamaños variables -  
que van desde los 4 m<sup>3</sup> hasta 200 m<sup>3</sup> de volumen interno ( equi  
valente a producciones de biogas de 2 m<sup>3</sup>/día para temperatu -

ras ambientales de 24° C). El modelo Chino ha sido popularizado en las áreas rurales de China donde existen más de 7 millones de unidades, construidas en diversos tamaños de manera artesanal. El modelo hindú produce gas a presión constante y es muy confiable.

#### c. Biodigestores de desplazamiento horizontal

La carga alimentada periódicamente se desplaza horizontalmente a lo largo de toda la cámara de fermentación, evitando así el reciclamiento y el corto circuito (salida de materiales no digeridos). Los digestores horizontales se prestan bien a su uso en Comunidades o Granjas que cuenten con producción regular de estiércol. La curva de producción de gas de estos digestores es similar a la de los sistemas semi-contínuos pero con mayor productividad. El digestor se construye semi-enterrado con mampostería y acero, se recomienda la construcción de un gasómetro auxiliar para regular la presión y el suministro. En el Gráfico IV-19 se aprecia modelo mejicano de biodigestor horizontal.

#### 4.2.1.4.2 Criterios de diseño de un Biodigestor Rural

A continuación se señalan los criterios secuenciales para la determinación de los parámetros de diseño de un biodigestor rural para generación de electricidad:

- Determinación de la cantidad requerida de electricidad
- Determinación de la cantidad requerida de biogas
- Determinación de la cantidad requerida de materia prima
- Determinación del tiempo de retención o residencia
- Determinación del tamaño o volumen del biodigestor
- Determinación del tamaño del gasómetro
- Determinación de las dimensiones del biodigestor

Seguidamente se muestra un ejemplo de diseño de una planta típica de biogas concebida para alimentar un grupo electrógeno (Ciclo Otto) en sustitución de gasolina, para la electrificación de un caserío o granja. Supondremos que el biogas será producido a partir de estiércol de vacuno exclusivamente, y que todo el sistema será operado por personal calificado.

Asimismo, tomaremos las siguientes suposiciones de diseño:

- El grupo electrógeno es accionado exclusivamente con biogas y producirá 100 Kwh de electricidad cada día (demanda del caserío o granja).
- La eficiencia térmica del motor es del 25 %
- La eficiencia electromecánica del generador es del 80 %
- 1 m<sup>3</sup> de biogas con 60 % de metano provee 4,780 Kcal
- El 50 % de la energía del combustible se transfiere al agua de enfriamiento del motor.
- 1 Kg de estiércol ocupa un volumen de 1.8 litros

#### a. Requerimientos de biogas (B)

$$B = \text{Kcal requeridas} = 860.45 \frac{\text{Kcal}}{\text{KWh}} \times 100 \frac{\text{KWh}}{\text{día}} = 86,045 \text{ Kcal/día}$$

Como la eficiencia térmica del motor es del 25 %, el calor real requerido será  $86,045 \times 0.25 = 344,180 \text{ Kcal/día}$  con una eficiencia del generador del 80 %, esto representa un requerimiento diario global de  $344,180 \div 0.80 = 430,225 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}}$  a razón de 4,780 Kcal/m<sup>3</sup> de biogas, el requerimiento diario de biogas será :

$$B = 430,225 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}} \times \frac{1}{4,780 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3}} = 90 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### b. Cantidad de estiércol de vaca requerido (A)

Si se supone que 1 Kg de estiércol vacuno (20-25 % de sólidos totales, 75-80 % de agua) rinde 0.064 m<sup>3</sup> de biogas, de acuerdo a las-

estadísticas de rendimiento indicadas anteriormente. Por consiguiente se necesita:

$$B = 90 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot 0.064 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} = 1,406 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \text{ de estiercol}$$

Si se asume luego que la producción diaria de estiercol es de 11-Kg/animal (dato variable según condiciones climáticas y de nutrición). Por consiguiente, el número de vacas requerido para producir esta cantidad de estiercol es:  $1,406 \div 11 = 128$  vacas o en cierta manera, 1.28 vacas son equivalentes a 1.0 KWh de electricidad.

Debe mencionarse que en la selva baja no ocurre dicha abundancia de ganado vacuno, pero el método de cálculo es válido si se aplica a los datos de los recursos más abundantes y sin uso en dichas localidades por ejemplo, rastrojos o paja de arroz.

### c. Volumen del biodigestor y dimensiones

El biodigestor debe recibir 1,406 Kg de estiercol diariamente y retener su carga por 50 días (tiempo de residencia asumido, en la selva puede reducirse hasta 25 días) a fin de generar la cantidad requerida de biogas. Ya que 1 Kg de estiercol cuando se diluye ocupa 1.8 litros los 1,406 Kg de estiercol alimentados diariamente al digestor ocuparán:

$$V = 1.8 \frac{\text{l}}{\text{Kg}} \times 1,406 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 2,530 \text{ l}$$

$$V = 2.53 \text{ m}^3$$

Para un tiempo de residencia de 50 días, el volumen requerido es de  $2.53 \times 50$  días, o sea  $V_1 = 126.5 \text{ m}^3$ .

Si se selecciona un digestor cilíndrico con una relación diámetro  $\frac{\text{diámetro}}{\text{altura}} = 1.1$  (modelo hindú), las dimensiones aproximadas serán:

- Profundidad = 5 5 metros

- Diámetro = 5 5 metros

d Volumen del gasómetro y dimensiones

Ya que el gas será consumido regularmente a flujo constante, el gasómetro sólo necesita un volumen igual a la mitad del biogas producido diariamente. Así para una producción diaria de 90 m<sup>3</sup>- de biogas, el gasómetro tendrá :  $v_2 = 45 \text{ m}^3$  Para un gasómetro cilíndrico externo (tipo hindú), colocado encima del digestor (campana flotante) un diámetro adecuado sería 5.3 m y una altura de 2m.

En el caso de seleccionar el diseño hindú, todas las dimensiones se encuentran determinadas en la colección de planos publicada por la KHADI & VILLAGE INDUSTRIES COMMISSION (Directorate of Gobar Gas Scheme) en 1978.

4.2.1.4.3 Consideraciones finales

a. La producción de biogas necesaria para alimentar un grupo eléctrico comunal es generalmente grande, y por consiguiente el tamaño y costo del biodigestor serán elevados. Entonces, se debe tener cuidado de rentabilizar la planta adecuadamente mediante el óptimo uso de los lodos fertilizantes conocidos como bioabono. En estudios realizados en varias plantas familiares en el Perú, se ha demostrado que el producto principal de una planta de biogas es el bioabono, en términos económicos; la energía obtenida del biogas debe considerarse como un valioso sub-producto. Más acertadamente, toda planta de biogas debe ser concebida y diseñada con un objetivo múltiple de contribuir al desarrollo integral de la comunidad mediante:

- Provisión de biofertilizantes para la elevación de la produc-

tividad agrícola;

- Provisión de energía para la comunidad
- Disminución de la contaminación ambiental

b. En Brasil se ha desarrollado una importante industria que s  
tra:

- Biodigestores de plástico y fibra de vidrio transportables
- Válvulas de regulación de presión de gas (para su uso en biodi  
gestores chicos)
- Artefactos domésticos a biogas: (cocinas lámparas, refrigerado  
ras, campanas de calentamiento de polluelos etc)
- Motores de ciclo otto adaptados a biogas
- Grupos electrógenos pequeños a biogas (la firma YANMAR Do Bra  
sil comercializa motores y grupos electrógenos MONTGOMERY has  
ta de 10 Kw accionados exclusivamente a biogas)

#### 4.2 2 Energía Solar

##### 4.2.2.1 Evaluación de la Radiación Solar

Los datos existentes a la fecha sobre radiación solar posi  
bilitan el uso de tecnologías energéticas apropiadas con recurso re  
novable en el Perú.

Así, de acuerdo al Reporte Final de la Misión Cooperativa Pe  
rú-Estados Unidos sobre energía (1), hay 16 estaciones peruanas que  
toman datos de radiación solar y 78 que registran la duración de ho  
ras de sol radiante. Las estaciones de radiación solar, sin embargo  
no están bien distribuidas y sus actinógrafos fueron calibrados de ma  
nera tan irregular que los datos registrados no son muy confiables.  
Las mediciones de horas de sol, por otro lado se realizaron con apar  
tos menos sensibles y más confiables. A fin de convertirlos a inso  
lación solar Eldon Boes (Sandia Laboratories) estimó que la intensi  
dad de la energía radiante de las horas de sol radiante del Perú oran



aproximadamente  $900 \text{ W/m}^2$ ; por consiguiente, 1 hora de sol radiante tiene una insolación solar de  $0.9 \text{ KWh/m}^2$ . Aunque estos datos toman en cuenta sólo de manera aproximada las variaciones de radiación solar día a día, y año a año, pueden servir para indicar el tiempo que un colector puede operar y por consiguiente el potencial de aprovechamiento de la energía solar en el Perú.

El Cuadro IV-44 muestra el número promedio diario de horas de sol radiante por estaciones en el Perú. A partir de estos datos puede calcularse que la insolación promedio para las 78 estaciones peruanas es de  $1,900 \text{ KWh/m}^2$  - año aproximadamente, con máximos de unos  $2,500 \text{ KW/m}^2$ -año para las zonas de Piura y Arequipa.

En los gráficos IV-20 al IV-23 se muestran mapas de radiación solar recibida en el Perú y Sudamérica, según ITINTEC, observándose que la Selva Peruana y en general el Trópico Húmedo Amazónico recibe altas tasas de radiación solar que puede ser aprovechada energéticamente.

#### 4.2.2.2 Generación Térmica de Potencia

Son tecnologías que concentran, por reflexión, la radiación solar en un punto (o línea) focal, donde la energía puede transformarse en calor latente de vaporización de líquidos que participan en un circuito cerrado primario. El calor absorbido es transferido a otro circuito secundario, el cual está en serie con un trabajo mecánico (turbina), generándose eventualmente energía eléctrica.

Actualmente hay importantes programas de investigación y desarrollo en la tecnología de la generación térmica de potencia, en los Estados Unidos, Europa y Japón. Como resultado de estos programas, se han instalado varias unidades a pequeña escala para aplica -

ciones en bombeo de agua de irrigación, acondicionamiento de aire y generación de electricidad. Estas instalaciones incluyen aquellas - desarrolladas por SOFRETES en Francia, DORNIER en Alemania y un número de firmas en Estados Unidos. Todas estas unidades han utilizado motores de ciclo rankine orgánico para convertir el calor suministrado por los colectores solares a potencia mecánica. SOFRETES utiliza placas colectoras planas sin rastreo solar, a fin de simplificar el sistema operativo para su uso por personal no calificado en áreas remotas. La mayoría de los otros sistemas instalados usan colectores parabólicos, a fin de generar temperaturas más elevadas que conduzcan a una operación más eficiente.

En términos generales, existen varias líneas de investigación en la generación térmica de potencia con energía solar. Estas incluyen los sistemas de baja y media temperatura ( $100^{\circ} - 300^{\circ} \text{C}$ ) - los cuales aprovechan bajos niveles de concentración solar; y los sistemas de alta temperatura ( $300^{\circ} - 1,000^{\circ} \text{C}$ ) que requieren altos niveles de concentración solar. Estos sistemas comprenden:

- Para Bajos niveles de Concentración ( $1X - 10 X$ )
  - Colector plano con motor de ciclo Rankine
  - Concentrador Parabólico Compuesto (CPC) con motor de ciclo Rankine
  - Colector plano utilizando reflector planar con motor de ciclo Rankine
- Para niveles medios de Concentración Solar ( $10X - 400X$ )
  - Colector Parabólico lineal con motor de ciclo Rankine
  - Lente Fresnel lineal con motor de ciclo Rankine
- Para altos niveles de Concentración Solar ( $400X - 1,500X$ )
  - Disco Parabólico con motor de ciclo Brayton abierto

- Disco Parabólico con motor Stirling
- Sistema Receptor Central con turbina de vapor
- Sistema Receptor Central con ciclo Brayton abierto

Los concentradores de bajo nivel pueden alcanzar niveles de eficiencia anual del 35 % al 55 % a temperaturas de 120°C - 220°C, las cuales son coherentes con los sistemas del ciclo Rankine.

Los sistemas de alta concentración que están actualmente en experimentación son de tres tipos:

- Receptor Central
- Colector Distribuido
- Concentradores de disco parabólicos

El sistema de receptor central, también conocido como el Concepto de Torre de Potencia, utiliza un gran número de espejos - guiados individualmente (heliostatos) colocados con un determinado arreglo en la base de una alta torre (ver Gráfico IV-24). La energía solar incidente es reflejada desde los espejos a un receptor - montado en la parte superior de la torre, donde es absorbida por un medio de transferencia de calor (generalmente vapor). El vapor así generado puede emplearse para operar una planta eléctrica convencional a vapor. El mayor componente del costo de tal sistema deben ser los heliostatos, quienes requieren un rastreo preciso en dos ejes, contornos de superficie altamente reflectivos y precisos geométricamente, y una rigidez estructural a prueba de vientos. Varios conceptos de heliostatos en desarrollo se muestran en el Gráfico IV -25. El sistema de Torre de Energía se diseña generalmente para niveles elevados de potencia ( 50 MW) en zonas con alto porcentaje de insolación directa.

En el sistema de concentradores parabólicos de disco (ver - Gráfico IV-26) la energía solar concentrada se usa para operar un mo tor de ciclo Brayton abierto, el cual requiere de temperaturas supe riores a  $600^{\circ}\text{C}$  para una eficiente operación.

El tipo de sistema que a la fecha tiene el desarrollo expe rimental más avanzado es el de los colectores parabólicos con moto - res de ciclo orgánico Rankine. Para este tipo se presenta en el Grá - fico IV-27 la eficiencia proyectada anual del sistema en función de la temperatura de operación del fluido. Para el diseño indicado, la eficiencia del sistema bajo condiciones de flujo solar de un día cla ro promedio en las regiones soleadas del Perú es alrededor de 14% - (a  $300^{\circ}\text{C}$ ). Por comparación, la eficiencia de un sistema que usa co - letores planos sería sólo de 4-5%.

En lo relativo al costo de los sistemas térmicos de poten - cia, para el año de 1985 existía mucha variedad de datos debido a su carácter ain experimental. Para el caso de concentradores parabóli - cos con motor ciclo Rankine los costos pudieron ser más representati - vos; los fabricantes proyectaron un costo de US \$ 100/m<sup>2</sup> para una - producción en serie además del costo del motor e (entre US \$ - 500 a 1 000/KW dependiendo de la capacidad). El costo resultante - del sistema sería entonces de unos US \$ 2,000/KW pico (sin incluir - almacenaje de en gía ni costos de instalación)

Con relación al costo de los sistemas tipo Torre de Energía y Concentrador Parabólico de Disco éstos están aún en fase experi - mental y no pueden competir por los elevadísimos costos de inversión.

El costo de la electricidad producida por el sistema de co - lector parabólico con motor Rankine, considerando el costo de inver -

sión señalado, una tasa de interés del 8 %, una vida útil de 25 años y un costo anual de operación y mantenimiento del 4%, estuvieron en el rango de 25 centavos de dólar/KW-h costo todavía elevado con relación a los sistemas convencionales y grupos electrógenos diesel pequeños. Hay que notar que estos costos no incluyen el necesario almacenamiento de electricidad cuando el consumo no coincide con la generación (alumbrado domiciliario y público).

#### 4.2.2.3 Generación Fotovoltaica

Esta tecnología consistente en la conversión directa de la energía radiante del sol en energía eléctrica se presenta muy promisorio a corto plazo para la satisfacción de demandas limitadas de electricidad en lugares remotos o en zonas rurales (Gráfico IV-28). En efecto, los avances tecnológicos que se vienen realizando día a día - en los principales países desarrollados están abaratando el costo del vatio-pico (w.p.) de electricidad producida por paneles fotovoltaicos, habiéndose reducido más de 5 veces con relación al costo del año 1976; la producción se ha incrementado, los productos son de mejor calidad y los procesos de fabricación son automatizados incluyen materiales más económicos.

##### 4.2.2.3.1 Ventajas de la generación fotovoltaica

- Opera sin consumo de combustible
- Produce electricidad sin producir contaminación ambiental
- No tiene partes mecánicas móviles sujetas a desgaste
- No contiene flúidos o gases
- Tiene una rápida respuesta
- Es sensible a la luz difusa (no necesita concentración)
- Requiere un mínimo mantenimiento
- Puede fabricarse las celdas con silicio (Si), el segundo elemento

más abundante en la tierra.

Es modular permitiendo un amplio rango de aplicaciones con rangos de potencia desde menos de 1 W hasta varios KWs.

Tiene una eficiencia de conversión global relativamente alta.

#### 4.2.2.3.2 Aplicaciones fotovoltaicas típicas

Potencias menores de 1 Wp: relojes, calculadoras de bolsillo, juguetes, dispositivos diversos para entretenimiento, etc.

Potencias menores de 100 Wp: monitoreo meteorológico, sistemas de emergencia, boyas, sets de radioteléfono simples, monitores sísmicos, receptores de Radio y TV, pequeñas refrigeradoras, equipo portátil de comunicaciones, controles y monitoreo de oleoductos, controles de tráfico, repetidoras de TV, etc.

Potencias entre 100 y 1,000 Wp: estaciones de radio relay, estaciones de intercambio telefónico, transmisores de TV, enlace por micro-ondas, pequeñas bombas, refrigeradores, unidades de protección catódica, servicio doméstico para casas individuales etc.

Potencias entre 1,000 y 10,000 Wp: estaciones de radio relay, estaciones de intercambio telefónico, enlace por micro-ondas, sistemas de bombeo, casas y haciendas, pequeñas poblaciones, unidades de desalinación, etc.

- Potencias mayores de 10,000 Wp: grandes sistemas de bombeo para irrigación, pueblos, asentamientos rurales, plantas de desalinación de agua de mar, etc.

#### 4.2.2.3.3 Desventajas y problemas de la generación fotovoltaica

En primer lugar, la energía solar es impredecible (clima nuboso) y no es continua. En este caso, el dimensionamiento adecuado de un sistema de almacenamiento y de un set de recuperación de

energía permiten obtener un suministro autónomo y confiable. En segundo lugar, los sistemas fotovoltaicos son costosos

Para esto existe un masivo y acelerado trabajo de investigación de desarrollo por parte de las compañías fabricantes de celdas y de sistemas fotovoltaicos, tendientes a una producción en gran escala, una optimización de diseños de celdas, subsistemas y componentes, y una adopción de materiales y tecnologías alternativas.

Sin embargo, la generación fotovoltaica tiene ciertos problemas de aceptación derivados de :

- Falta de una normalización técnica y certificación de calidad de módulos y sistemas fotovoltaicos
- Falta de servicios de mantenimiento disponibles
- Falta de criterios adecuados para un diseño óptimo
- Falta de criterios de estandarización.

#### 4.2.2.3.4 Descripción del sistema fotovoltaico

Las celdas solares son dispositivos semiconductores generalmente de silicio de alta pureza (cristalino y amorfo) convertidamente tratados en sus caras, a fin de que un foton incidente en la cara N provoque el desplazamiento de un electrón hacia la cara p. En el Gráfico IV-29 se muestra el principio de operación de una celda fotovoltaica de silicio.

La salida de la celda solar es en forma de corriente eléctrica directa o continua. En el caso de la Selva del Perú, muchas aplicaciones locales interesantes (bombeo para irrigación, refrigeradores etc) pueden usar corriente continua; sin embargo, para que la electricidad fotovoltaica pueda utilizarse en usos convencionales se debe convertirla a corriente alterna (AC) de voltaje y frecuencia -

adecuados En el Gráfico IV-30 se muestra el esquema de un sistema fotovoltaico de potencia que entrega corriente alterna Este sistema consiste de :

- Módulos eléctricos de celdas solares que constituyen el arreglo - del colector (mostrado como una placa chata)
- Un soporte estructural de montaje para una adecuada orientación - de los módulos de celdas solares
- Un inversor DC-AC para convertir la salida en corriente continua - de la celda solar y de la batería, a corriente alterna
- Un conmutador AC para asegurar una adecuación de fases de la elec - tricidad suministrada por la unidad de fotovoltaica y la electrici - dad de la red externa.
- Un controlador (consistente de un conmutador DC y circuitos cen - trales) el cual controla la selección de alternativas de carga en - tre el uso directo y el almacenamiento.
- Un subsistema de almacenamiento para almacenar el exceso de elec - tricidad producida durante los períodos de flujo solar máximo pa - ra su uso posterior (baterías)
- Cableado para conectar los paneles de celdas solares en arreglos - apropiados serie/paralelo

#### 4 2 2 3 5 Aspectos económicos de la generación fotovoltaica

La mayor parte del costo de los sistemas eléctricos de cel - das solares es debido a los propios módulos de celdas, debido al costo elevado de las celdas solares Sin embargo, el costo de dichas cel - das ha tenido una espectacular evolución decreciente : en 1979 era de 12 - 30 US\$ por watio pico (Wp)\*, en 1983 era de 5 - 10 US\$/Wp, y según las estimaciones del Departamento de Energía de los Estados - Unidos, para el año de 1986 debió situarse en 0,7 US\$/Wp y en 1990



sólo costaría entre 0,2 a 0,4 US\$/Whp (Ver Cuadro IV-45) Dichas previsiones tienen actualmente un significativo retraso, sin embargo la tendencia a disminuir los costos de celdas solares se mantiene.

En el Cuadro IV-46 se muestra un desagregado de costos para una planta fotovoltaica de 10 Kw que genera corriente alterna; allí se puede apreciar que el costo de los subsistemas auxiliares no es despreciable y alcanza a cerca del 50 % del costo total.

En el informe final de la Misión Cooperativa Perú-Estados Unidos realizado en 1979, se incluye una proyección de costos de electricidad fotovoltaica calculados para dos flujos de radiación solar en el Perú: promedio y máximo, tanto para generación de corriente continua como alterna (ver Gráfico IV-30). Cada banda representa un sistema diferente correspondiendo el tope de la banda (costo mayor) al flujo promedio, y la parte inferior (costo menor) al flujo máximo.

El mismo estudio menciona que la velocidad de implementación de unidades fotovoltaicas en el Perú recién será significativa después de 1990, ya que el costo de los sistemas fotovoltaicos serán lo suficientemente reducidos como para reemplazar o complementar la electricidad generada por motores diesel tanto en aplicaciones de bombeo de agua como en generación de electricidad.

El costo total del equipamiento de la planta fotovoltaica de 10 Kw llega a 155,000 US\$, lo cual significa un costo por Kw de US\$ 15,500; siendo una de las alternativas tecnológicas más costosas en el momento actual, a pesar de las tendencias decrecientes (notar que no incluye costos de instalación ni líneas de transmisión).

En lo referente a las celdas solares de silicio monocristalino y semi - cristalino (las de mayor desarrollo comercial en este momento), se puede señalar los siguientes avances asimilados en la producción.

- Se fabrican celdas circulares o cuadradas de 4" de diámetro (o la do)
- Buen diseño térmico del módulo para reducir la temperatura nominal de operación de la celda y así mejorar la confiabilidad
- \*  $W_p$  : Una unidad de celdas con 1  $KW_p$  de capacidad suministra 1  $KW$  de energía eléctrica en condiciones estandar ( $1KW/m^2$  - de radiación solar  $T = 25^\circ C$ )
- Uso de vidrio templado de alta transmitancia en la cubierta superior
- Uso de vidrio templado o resina en la cubierta inferior
- Armazón auto-soportante de aluminio anodizado o acero inoxidable
- Los terminales eléctricos están encerrados en una caja de unión-sellada, completada con diodos by-pass
- Las celdas voltaicas son paralelizables a fin de mejorar la con fiabilidad

En lo concerniente a las celdas de silicio policristalino, las tendencias del desarrollo actual están orientadas a optimizar los procesos de fabricación:

- Por colada : ya está en producción industrial
- Por crecimiento de cintas: en fase experimental
- Por crecimiento de láminas: en fase experimental

Finalmente, en cuanto al desarrollo de celdas de silicio amorfo se han estudiado 3 métodos de deposición:

- Descarga incandescente
- Roclado

- Deposición química de vapores.

Las compañías más activas en esta área son las japonesas (Mitsubishi, Sanyo, Fuji, Matsushita, RCA) que aplican los resultados para la energización de relojes, calculadoras de bolsillo, etc. La fabricación extensiva de celdas de silicio amorfo está limitada por la dificultad de obtener superficies grandes y de obtener con fiabilidades a largo plazo.

Por otro lado, se puede mencionar que hasta la fecha no se comercializan plantas fotovoltaicas de generación para electrificación de poblaciones medianas (potencias mayores de 10 Kw aproximadamente); las existentes, como la de Mt. Laguna Air Force Station (California) de 60 KW, ha sido objeto de estudios de investigación específicos y aún se encuentran en las fases de evaluación experimental o de demostración.

#### 4.2.3 Energía Eólica

##### 4.2.3.1 Evaluación del Recurso Eólico

En el Gráfico V-36 se muestra la distribución de la potencia generada por el viento en Sudamérica según recopilación de ELECTROPERU, la cual está relacionada directamente con la velocidad de viento promedio. En términos generales se observa que nuestro país no está ubicado favorablemente con relación a los países del Cono Sur, donde las elevadas latitudes están al origen de los movimientos de masas aéreas por la gradiente de temperatura y presión, con relación a las zonas tropicales. La potencia eólica de la Costa Peruana representa la quinta parte del valor encontrado en la Costa Central y Sur de Chile y Argentina, pero en el caso de la Selva Amazónica esta potencia es mínima (sólo 3 w/m<sup>2</sup>).

La evaluación del recurso viento en la selva del Perú, puede ser deducida a partir del estudio de OLADE Atlas Eólico Preliminar de América Latina y el Caribe, publicado en Quito en 1984. En el Volumen IV, referente al Perú, se presentan datos de velocidad de viento obtenidos para SENAMHI: Anuario Meteorológico, año 1976; fuerza me dia del viento (nudos), de 43 estaciones sinópticas y por ITINTEC; da tos de 5 estaciones. El período cubierto por los datos con excepción de una estación, que cubre el período 1965-1968, y de cuatro cuyo pe ríodo de observaciones se desconoce, las demás se refieren sólo a un año de datos, 1976 como consta en la tabla correspondiente de este Atlas. La altura de instalación del equipo de medición del viento se desconoce. En todas las estaciones cuyos datos corresponden a 1976, se realizaron cinco observaciones diarias de velocidad del viento, a las 07, 10, 13, 16 y 18 horas (oficial del Perú).

Los procedimientos de cálculo de los valores promedios de ve locidad media del viento de las estaciones retenidas, es el promedio de las cinco observaciones diarias ya indicadas.

La información disponible cubre en su mayor parte, un solo año de observaciones y los datos están procesados según un solo crit erio. El único aspecto que podría introducir determinada heterogeneidad es la altura del sensor, que se desconoce, ya que los valores de la tabla correspondiente se refieren al nivel de medición.

Con la limitación impuesta por la escasa información disponi ble resulta evidente que el mayor potencial eólico se presenta en la línea de costa del país. Los datos que hay en la zona andina pueden no ser representativos ya que se han tomado en localidades resguarda das del viento. En la zona de selva no se observan vientos de fuer-

za significativa como para planear un aprovechamiento energético. En los Cuadros IV-47 y IV-48 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación eólica de las estaciones localizadas en la selva peruana.

En general, de acuerdo a los datos presentados, se observa - que las velocidades medias anuales del viento para localidades de selva no sobrepasan el valor de  $1.7 \text{ m/s}$  (excepto Puerto Maldonado con  $2.7 \text{ m/s}$ ), siendo ellos valores optimistas pues no se cuenta con un análisis de frecuencia de vientos.

Si comparamos estos valores con las curvas que relacionan la potencia anual específica por unidad de superficie de aerogeneradores para diversas velocidades medias anuales (Gráfico IV-32), se observa que cualquiera que sea la potencia de diseño del aerogenerador ( $\text{w/m}^2$ , dato del fabricante), las potencias producidas en un año serán menores a  $50 \text{ KW/m}^2\text{-año}$ , insuficiente para asegurar un programa de electrificación rural por los elevados costos que se derivarían del sobredimensionamiento y mayor número de unidades de aerogeneración.

Esto mismo se puede observar en el Gráfico IV-33 donde se presenta el costo de la electricidad para aerogeneradores de diversa potencia según la velocidad de viento. Si intersectamos el valor  $1.7 \text{ m/s}$ , equivalente a  $3 \text{ mph}$ , se observa que el costo resulta prohibitivo dada la forma asintótica de la curva

De acuerdo a los datos presentados, se puede concluir que no es factible técnicamente considerar la electrificación rural en la selva baja del Perú, utilizando la energía eólica debido a la virtual inexistencia del recurso eólico en dicha región. Sin embargo, a título ilustrativo se presenta en los Gráficos IV-34 y IV-35 los diseños más comunes para aerogeneradores de eje vertical y horizontal, así co

mo un esquema del sistema de generación eólica de electricidad.

#### 4.2.4 Energía Convencional

De manera tradicional en el Perú, cuando existe la necesidad de generar electricidad en pequeña escala, se utiliza un pequeño grupo electrógeno accionado por combustible líquido, generalmente un motor Diesel. Es contra esta tecnología de motores avanzada y conocida que los sistemas renovables de generación de potencia (gasificación de biomasa, fotovoltaica, aerogeneración, etc) deben competir en la presente década, en un marco de escasez y costo elevado de los hidrocarburos y por otro lado en un marco de reducción constante de los costos de generadores con energía renovable.

En el caso de la selva peruana, ésta ha sido la solución prácticamente universal y así se han electrificado ciudades y decenas de pueblos y caseríos con potencias desde 10 KW hasta miles de KW, según se ha podido determinar en el Estudio de Mercado, creándose graves problemas de desabastecimiento de combustible o precio de éste fuera del alcance de los pobladores rurales de la Amazonía.

De otro lado, la producción de petróleo en el Perú, si bien ha significado importantes ingresos al país por divisas de exportación, no ha significado un menor costo interno antes bien, las políticas fiscales de recaudación privilegian a los derivados del petróleo como fuentes principales, sofocando así las posibilidades de electrificación rural con grupos diesel en la Selva Baja dadas las extremas condiciones de depresión económica en que viven los pobladores. Esta situación de dependencia de un combustible escaso y caro, tiende a agravarse en el futuro, de acuerdo a las proyecciones de producción de petróleo crudo hechas por el Banco Mundial en 1983.

Por estos motivos, es conveniente examinar los costos de energía eléctrica asociados con los generadores a motor Diesel, a fin de compararlo con los costos de los generadores a energía renovable.

El costo de un sistema de generación accionado por un motor es una función de la ubicación, uso y tamaño del sistema. Un generador eléctrico Diesel a instalarse en un área muy remota, como los caseríos de la Selva Amazónica Baja por ejemplo, requiere un almacén de combustible, circuitería, relays y una casa de fuerza que bien puede doblar el costo del sistema instalado con relación al costo del generador.

El costo de energía eléctrica producida por unidades de generación Diesel es una función de muchas otras variables, tales como eficiencia de combustible, costo de combustible, aprovisionamiento del combustible, vida útil y costo de mantenimiento. Para fines de este análisis, preparado por Peter Teagan de Arthur D. Little Inc, para la Misión Cooperativa en Energía Perú-USA, en el año de 1979 se asumió que:

- Los costos del grupo electrógeno varía entre US\$ 700/KWe para muy pequeños sistemas hasta menos de US\$ 300/KWe para sistemas muy grandes (precios comunes en USA)
- Los costos de los grupos electrógenos han sido multiplicados por un factor de 1.5 a fin de tener en cuenta la instalación y los equipos auxiliares subordinados
- El grupo electrógeno opera con un factor de capacidad del 33% (equivalente a una operación al 100 % de capacidad por 8 horas/día)
- Se necesita un mantenimiento y reparación mayor cada 5,000 horas-

- con un costo del 30 % del costo original del grupo
- La vida útil del grupo es de 10 años
  - La eficiencia del grupo es del 25 % para unidades pequeñas y del 30 % para unidades muy grandes
  - El combustible diesel tiene un contenido de 140,000 BTU/galón
  - La tasa de interés de los préstamos de dinero es del 8 % (en US - dólares.)

El Gráfico IV-36 muestra el costo de electricidad vs el tamaño del generador Diesel para tres costos de combustible diesel. El valor de US\$ 0.50/galón es consistente con el costo del diesel en el mercado mundial, y el valor US\$ 1.20/galón es apropiado actualmente para áreas rurales de nuestra selva, donde los costos de transporte llegan a ser significativos.

Para muchas áreas remotas del Perú, el costo del combustible expendido es del orden de 0.80 a 1.00 US\$/galón; sin embargo, específicamente en el área del estudio el costo del combustible diesel en promedio es de US\$ 1.20/galón, según las observaciones realizadas en varias localidades. Así, para un sistema pequeño de generación de electricidad (10 KW) en la selva, el costo correspondiente de electricidad está en alrededor de US\$ 0.18/KWh. Para generadores Diesel más grandes en la selva, el costo de la electricidad estará de acuerdo a la figura, en alrededor de US\$ 0.14/KWh con los precios actuales del combustible, pero puede elevarse según suba el precio de los combustibles fósiles en el país. La posibilidad que dicho costo de electricidad por grupos Diesel se reduzca en el futuro, es poco probable debido a las proyecciones de la producción nacional y a las necesidades del fisco, a pesar de la coyuntura actual de baja mundial de los precios del petróleo. Para sistemas muy grandes en el



rango de los megawatts (grandes poblaciones, complejos industriales, minas) el costo de electricidad se reduce hasta US\$ 0.11-0.12/KWh. Otras consideraciones asociadas con los grupos electrógenos accionados con motores de combustión interna tienen que ver principalmente con los elevados requerimientos de mantenimiento

Debe remarcarse que los costos de electricidad del Gráfico-IV-36 son relativamente optimistas. Costos significativamente mayores que los indicados se encuentran en la práctica, en localidades tan remotas como las de la zona del estudio, donde el mantenimiento de los sistemas es pobre y no existe disponibilidad de personal de reparaciones debidamente calificados.

Finalmente, se debe comentar brevemente la alternativa de la hidroelectricidad. Existe de hecho un enorme potencial de generación en los ríos de la Selva tal como se muestra en el Cuadro IV-49, donde se aprecia que la vertiente atlántica representa con sus 163 617 MW, el 85 % del potencial de generación hidroeléctrica del Perú. Sin embargo no se han construido centrales hidroeléctricas en la Selva Baja hasta la fecha, y tampoco existen proyectos de electrificación rural en dicha región, donde sólo están proyectadas las centrales térmicas de Iquitos (20 MW) y de Pucallpa (20 MW), según el Banco Mundial. Esto refleja las enormes dificultades de planificación de la electrificación rural en Selva Baja derivadas de :

- Gran dispersión de poblaciones en un escenario geográfico inmenso
- Poblaciones con muy reducido número de habitantes
- Ausencia de grandes caídas, apropiadas para pequeñas centrales con turbinas Pelton y Michell
- Grandes variaciones estacionales en el caudal de ríos, quebradas y caños lo que obliga al represamiento de aguas

- Geografía variable de las márgenes de ríos y quebradas por la erosión pluvial y fluvial
- Enormes costos de construcción de obras civiles para mercado in - significantes
- Enormes costos de mano de obra e instalaciones
- Plazos muy largos para los estudios, construcción y puesta en marcha de centrales hidroeléctricas
- Imposibilidad de estandarizar soluciones de electrificación; cada lugar exige un estudio específico

#### 4.2.5 Perspectivas para una electrificación en localidades no consideradas

En el capítulo II se mostró el panorama de localidades a tomarse en cuenta para ser incluidas en el programa de electrificación rural en virtud a consideraciones ya explicadas, pero es en el capítulo siguiente merced a una selección muy cuidadosa que se definió la cantidad de centros poblados para consolidar el programa indicado. Sin embargo, queda el vacío por cubrir en aquellas localidades que no fueron seleccionadas y en general para cualquier caserío excluido, incluso ni mencionado en el capítulo II

De acuerdo, a lo explicado hasta ahora en este capítulo es posible dar inicio a un programa piloto de electrificación exclusiva mente en aquellas localidades no favorecidas tomando como referencia a centros poblados o zonas vírgenes de nuestra amazonía, que presentan grandes perspectivas para desarrollar alguna alternativa energética no convencional en concordancia preferentemente con el medio geográfico naturalmente para el caso de zonas vírgenes tendrá que considerarse un centro poblado con miras a convertirlo en un polo de desarrollo integral. De tal manera, que en base a los resultados ob

tenidos y el avance tecnológico de las variantes de generación de energía no convencional expuesta, se tome una decisión para proponer un futuro programa de electrificación a ese nivel

Es importante propiciar el inicio de programas ~~inter-ins-~~titucionales de investigación y difusión tecnológica asociados con el diseño, construcción, instalación, evaluación y seguimiento en - las posibles localidades o centros poblados propuestos (CORDELOR, IIA P, ITINTEC, Ministerio de Energía y Minas, UNIAP, UIMA, UNI, CONCYTEC, etc)

Por último, la responsabilidad de la puesta en marcha del plan piloto de electrificación debería recaer también, en un organismo conductor del Programa de Electrificación Rural que se detalla en este estudio.

#### 4.2.6 Sistemas Eléctricos

##### 4.2.6 1 Bases consideradas para la elaboración de futuros diseños Eléctricos

Con la finalidad de establecer una uniformidad en cuanto a los sistemas eléctricos para ser incluidos en futuros diseños, es que se indicará lo siguiente:

Los sistemas eléctricos comprenden; el sistema de generación y el sistema de distribución. El sistema de generación implica al generador y al tablero de control, el generador será síncrono, trifásico con una tensión de generación de 220 V y 60 Hz de frecuencia, igual a los existentes en las localidades que cuentan con infraestructura eléctrica. En el tablero de control se ubicarán los instru - mentos de medición y dispositivos de maniobra y protección.

En cuanto al sistema de distribución está formado por las redes de distribución secundaria, esto en virtud al nivel de potencia eléctrica determinada en los capítulos anteriores (máximo 60 KW), y que será cubierto en el futuro para cada localidad en cuestión, así mismo constará del sistema trifásico aéreo a tres hilos; para casos especiales se puede adoptar otras configuraciones. En el Gráfico IV -37 se muestra el esquema unifilar para una línea de baja tensión.

#### 4.2.6 1.1 Niveles de Tensión

Tensión nominal del sistema 220 V.

Este nivel de tensión está clasificado como baja tensión.

#### 4.2.6 1.2 Máxima caída de tensión

Comprende la caída de tensión desde la salida de las barras en el tablero hasta el punto del empalme de la acometida domiciliar más lejana eléctricamente, con la red.

Máxima caída de tensión 5 %

#### 4.2.6 1.3 Potencias transmitidas

La potencia eléctrica de distribución quedó definida por el estudio de mercado eléctrico de cada localidad correspondiente y expuesta en el Capítulo II

#### 4.2.6.1.4 Pérdidas de energía

Las pérdidas de energía se analizarán en cada caso particular teniendo en cuenta la fuente primaria de energía. Así por ejemplo para el caso de gasificadores de madera se tendrá en cuenta que los KW h/año perdidos se traducirán en toneladas/año de madera desperdiciada, lo que redundará en mayores costos y en un consumo más rápido del recurso. En tal sentido puede resultar económicamente ventajoso sobredimensionar algunos conductores, a fin de disminuir las pérdi

das de energía.

#### 4.2.6 2 Elementos utilizados en las Redes Eléctricas

##### 4.2.6.2.1 Conductores

Serán de cobre con un mínimo de 99.9 % de pureza, de aluminio puro o de aleación de aluminio con silicio y magnesio. Las secciones de los conductores serán las que resulten de los cálculos, pero en ningún caso serán menores a las señaladas con el código Nacional de electricidad (CNE) en el que estable para conductores de cobre la sección mínima es de  $10 \text{ mm}^2$  y para aluminio o oleación de aluminio la sección mínima es de  $16 \text{ mm}^2$

##### 4.2.6.2.2 Postes

Los postes serán de madera de las especies existentes en la región. Serán de talla recta con una conicidad no menor de  $4 \text{ mm/m}$ . No tendrán codos ni curvaturas y torceduras. A estos se les administrará un tratamiento preservativo in situ mucho antes de ser instalados; el secado de los troncos se efectuará acomodándolos en rumbas bajo sombra para evitar que el sol les produzca rajaduras o deformaciones.

Los postes serán cimentados de manera que queden garantizada su estabilidad. No se cimentarán directamente en concreto sino que se colocará y compactará alrededor del poste una capa de relleno de cascajo (si hubiera) y tierra en concordancia con la zona, en aquellos lugares donde no hubiera cascajo que es prácticamente en la mayoría de las localidades se compactará la tierra alrededor del poste en capas de 30 cm. la profundidad que irá enterrado será aproximadamente de 1.20 m

##### 4.2.6.2.3 Aisladores

La selva es una zona de intensas lluvias on la cual ocu-

rren con frecuencia tormentas eléctricas, por esta razón se debe considerar que las condiciones de operación de los aisladores serán severas. El material de los aisladores será de porcalana, vidrio u otro de características mecánicas y eléctricas similares. Se utilizarán aisladores tipo carrete para baja tensión, fabricados según la norma NEMA STANDARD CLASE 53-1. Estos aisladores se pueden ubicar separadamente en los postes de distribución, fijados a ellos mediante tirafones o ubicarlos juntos en un portalíneas apto para contener tres aisladores de este tipo.

#### 4.2.6.2.4 Retenidas

Estarán conformadas por elementos de acero galvanizado u otro material resistente a la corrosión. Los tipos de retenidas se definirán en cada caso específico. Un extremo de la retenida se fijará al poste mediante una abrazadera de fierro galvanizado comercial, y el otro extremo se fijará a una zapata de anclaje de madera tratada que se enterrará a una profundidad que en ningún caso será menor a 1.3 m.

#### 4.2.6.3 Características principales de las redes eléctricas

Las redes de distribución serán aéreas, con las características generales que se detallan a continuación.

#### 4. 1 Armado

Para la red de distribución ésta será vertical a tres conductores.

#### 4.2.6.3.2 Longitud total de los postes

En la red de distribución se utilizarán postes de madera de 8 ó 9 m. de longitud de 100 ó 200 Kg. de esfuerzos nominales de trabajo.

Merece comentario respecto a la determinación del esfuerzo nominal de trabajo y es que en las localidades que cuentan con infraestructura eléctrica no se han realizado prueba alguna para determinar tal magnitud considerada, sin embargo hasta ahora no se ha reportado el fallo de algún poste por rotura, este resultado es alentador y se puede asumir que los postes de madera superan ampliamente el doble de los valores de esfuerzo nominales indicados.

#### 4.2.6.3.3 Vanos

Los vanos estarán considerados dentro del marco del Código Nacional de electricidad en donde se manifiesta que para redes de distribución secundaria pueden llegar a medir de 30 á 35 m. como promedio

#### 4.2.6.3.4 Separación mínima entre conductores

Para baja tensión la separación mínima es de 10 cm. sin embargo para nuestro caso medirá de 15 á 20 cm.

#### 4.2.6.3.5 Configuración de las redes de distribución

Los sistemas eléctricos tendrán un sólo centro de generación por lo que la red de distribución tendrá una configuración radial Para el caso de que existan dos centros de generación interconectados formando un pequeño sistema eléctrico la red tendrá una configuración radial con dos centros en anillo.

#### 4.2.6.4 Medidas específicas para contrarrestar los efectos de depósitos o sedimentos en los aisladores

Dado que las poblaciones materia de este estudio están ubicadas en la selva se puede considerar que los aisladores están en un ambiente no contaminado Las lluvias son abundantes lo que ocasionará un lavado permanente de los aisladores.

4.2.6.5 Metodo para proteger el sistema y evitar los efectos de la radiofrecuencia

El sistema será protegido contra:

Sobrecorrientes mediante un interruptor termomagnético ubicado en el tablero

- Sobrecorriente de origen atmosférico ocasionados por rayos. Los rayos actúan de tres formas:

**Rayo directo** : cuando el rayo hace impacto sobre los hilos de la línea. La protección contra este fenómeno consiste en colocar pararrayos en los postes junto a la casa de fuerza.

**Rayo indirecto** Cuando el rayo hace impacto sobre una parte metálica o sobre un conductor puesto a tierra. En este caso se puede inducir una tensión que produzca un arco de retorno hacia la línea, a través de los aisladores. La protección consiste en tener una buena tierra.

**Inducción electrostática o electromagnética**: la presencia de -nubes cargadas eléctricamente sobre las líneas puede inducir -una carga eléctrica en la línea. Si por alguna razón desapareciera la nube que indujo la carga eléctrica, la línea que queda cargada descarga provocando una sobretensión en la línea. La protección consiste en instalar pararrayos insertos entre fase y tierra

4.2.6.6 Coordinación de aislamientos de instalaciones y equipos

El sistema eléctrico debe tener tres niveles de aislamiento.

- Nivel 1

Es igual a tres veces la tensión nominal y se utiliza en los pararrayos



- Nivel 2

La tensión es un 15 % mayor que la del nivel 1 y se utiliza en -  
aisladores, portabarras y pasamuros

- Nivel 3

La tensión es un 30 % mayor que la del nivel 1 y se utiliza en  
aparatos y máquinas.

#### 4.3 Factibilidad técnica integral

##### 4.3.1 Selección de alternativa - pautas

Seguidamente se dará paso a seleccionar la alternativa tecnológica para la generación de energía eléctrica más adecuada a ser incluida en el programa de electrificación rural en la selva baja. En tal sentido, la sustitución del combustible diesel por gas pobre proveniente de un gasógeno como consecuencia de la combustión de materiales orgánicos, esencialmente madera o carbón de madera, ofrece grandes perspectivas en esta zona; en cuanto a la generación fotovoltaica de electricidad, ésta brinda un horizonte promisorio debido fundamentalmente que en el área del estudio constantemente existen cuadros de radiación solar favorables para el desarrollo de esta alternativa; por otro lado no menos importante se presenta la formación de biogas que tiene su origen en los biodigestores vía fermentación anaerobia de residuos orgánicos.

El análisis de las características operativas, costos ventajas y desventajas de estas tres alternativas tecnológicas priorizadas comparadas con la alternativa tradicional de grupos eléctricos diesel, han conducido a una selección.

##### 4.3.1.1 Justificación de selección de alternativa

Para la justificación de la selección de la alternativa con

veniente que se ajuste a las condiciones existentes en la zona del estudio se considerarán los siguientes criterios:

- Disponibilidad del recurso energético
- Simplicidad de operación
- Disponibilidad y facilidad en el mantenimiento
- Inversión y costo de operación.

#### 4.3.1.1.1 Disponibilidad del recurso energético

La leña o biomasa forestal es abundante y disponible, con técnicas conocidas y tradicionales de extracción, transporte y corte puede alimentar regularmente los gasificadores en su respectiva alternativa.

Los recursos orgánicos animales no son abundantes en las localidades consideradas en el estudio; por otro lado se podría disponer de residuos agrícolas sólo por temporadas aunque el uso de plantas acuáticas podría solucionar el problema a condición de implementar un sistema periódico y eficaz de captura y transporte a la planta de biogas. En todo caso, como se ha dado a conocer acerca de esta posibilidad energética, la baja eficiencia del proceso de biogas requiere de digestores de grandes volúmenes para las potencias eléctricas en consideración lo cual la hace impráctica por la necesidad de acopiar diariamente grandes cantidades de desechos orgánicos.

En el caso de la generación fotovoltaica la radiación solar es elevada en la zona del estudio no requiriéndose de ninguna medida, excepto de acciones de seguridad física en favor de las celdas fotovoltaicas para su aprovisionamiento a la central.

Finalmente, en el caso de los grupos electrógenos conven-

cionales la disponibilidad del combustible diesel es precaria, básicamente por el escaso o nulo aprovisionamiento en la localidad ( se comercializa con el combustible cada vez que ocurre una visita de alguna embarcación relativamente grande o se compra en la ciudad más proxima), el escaso poder adquisitivo de la población para cubrir los costos del combustible y finalmente, lo más importante el elevado valor monetario que tienen éstos en aquellas localidades que tienen que pagar tributo por flete hacen que el combustible líquido (petróleo y/o gasolina) sea tratado como un problema de consideración.

Para cuantificar el valor que tiene este criterio se asignarán los siguientes puntajes sobre una escala de 1 á 9

Alternativa Tecnológica	Puntaje por disponibilidad de <u>recurso</u>
<del>Gasificador-Grupo</del> Electrónico	7
<del>Biodigestor-Grupo</del> Electrónico	3
Central Fotovoltaica	9
<del>Grupo</del> Electrónico Diesel	2

#### 4.3.1.1.2 Simplicidad de operación

Bajo este criterio la alternativa fotovoltaica es la de más simple operación pues no requiere movimientos mecánicos aprovisionamiento de recurso solar (combustible) ni de mano de obra directa pero si calificada.

Seguidamente ubicamos a la alternativa grupo electrónico diesel, ésta exige más cuidado sin embargo, debido al tiempo de permanencia y como unidad generadora de la infraestructura eléctrica

trica en el área de influencia del estudio se puede concluir que no implica dificultad para su funcionamiento, pero es importante indicar la imposición de un adiestramiento previo a la puesta en marcha inicial, así como de una eficiente selección del operario.

Continúa la variante no convencional gasificador-grupo electrógeno que resulta más dificultoso ya que se presentan dos frentes de atención una que corresponde al grupo electrógeno y la otra al gasificador, en tal sentido el operario requiere un adiestramiento más íntegro y minucioso

Finalmente, está la variante biodigestor - grupo electrógeno en este caso la operación también requiere de dos frentes, pero se diferencia con el caso anterior, ya que el combustible se forma a partir de desechos orgánicos (animales agrícolas, urbanos, etc) y cuyo trato difiere sustancialmente

Alternativa Tecnológica	Puntaje por Simplicidad de <u>Operación</u>
Gasificador-Grupo Electrógeno	3
Bio Digestor Grupo Electrógeno	2
Central Fotovoltaica	5
Grupo Electrógeno Diesel	4

#### 4.3 1 1.3 Disponibilidad y facilidad en el mantenimiento

Respecto al mantenimiento su facilidad y disponibilidad los grupos electrógenos convencionales debido al tiempo de permanencia en la zona rural llevan una ventaja; ya que en Iquitos se encuentran casas comerciales que se dedican a la venta de repuestos y /o reparación de los mismos para un gran número de marcas iguales a

los grupos electrógenos existentes en el área de influencia del estudio, sin embargo se debe indicar que el problema de la facilidad en el mantenimiento en estos poblados es consecuencia directa de la carencia de conocimientos y habilidades de parte de los encargados de los grupos electrógenos, esto se tendrá en cuenta de manera muy especial para implementar el programa de electrificación rural.

Detras del caso anterior se ubica la alternativa no convencional gasógeno - grupo electrógeno, que va de la mano con el grupo electrógeno ya que las partes constitutivas del gasificador son atendidas prácticamente con las mismas herramientas, líquidos y grasas que se usan en los grupos convencionales.

Por otro lado, realizar un mantenimiento a un biodigestor - grupo electrógeno es ya más complicado que en los casos anteriores debido a que se deben desarrollar dos acciones completamente diferentes saber Se tendrá que atender al grupo eléctrico en su integridad que dicho sea de paso no resultaría dificultoso, en lo que se refiere al biodigestor esta acción no compatibiliza con el anterior ya que mantenerlo traería consigo la limpieza y evacuación de desechos orgánicos en su etapa ulterior de fermentación en gran cantidad ya que el volumen resulta importante para cubrir la potencia eléctrica de una localidad (más de 100 m<sup>3</sup>).

Finalmente la central fotovoltaica debido a la evolución actual, por ahora en nuestro país no existen garantías para un mantenimiento correctivo por cualquier posible avería y para la operación de esta central se necesita que el juego de baterías sean adaptadas a un sistema convertidor AC/DC que naturalmente supone una mano de obra calificada para un buen funcionamiento y/o manteni

miento relativo.

Tomando una escala de puntuación del 1 al 8 se cuantifica este criterio

Alternativa Tecnológica	Puntaje por disponibilidad y facilidad en el mantenimiento
Gasificador-Grupo Electrónico	6
Biodigestor-Grupo Electrónico	4
Central Fotovoltaica	1
Grupo Electrónico Diesel	7

#### 4.3.1.1.4 Inversión y Costo de Operación

El costo de inversión (incluyendo obras civiles) unitario expresado en US\$/KW instalado y su correspondiente puntuación ponderada sobre una base de 10 puntos es como sigue : (tomando como referencia una microcentral de 25 KW)

Alternativa Tecnológica	Costo Inversión Unitario (US\$/KW)	Puntaje por Costo de Inversión
Gasificador-Grupo Electrónico	2,407 10	7
Biodigestor-Grupo Electrónico	1,386 24	8
Central Fotovoltaica	20,350.00	1
Grupo Electrónico-Diesel	1,167 46	10

En cuanto al costo de operación unitario indicado en \$/KW-h y su correspondiente evaluación considerada sobre una base de puntos es como se indica: (tomando una micro central de 25 KW)

Alternativa Tecnológica	Costo Operación \$/KW - h	Puntaje por Costo Operación
Gasificador-Grupo Electróg.	0 077	8
Biodigestor-Grupo Electróg.	0 115	5
Central Fotovoltaica	0 014	10
Grupo Electrógeno-Diesel	0 145	3

Considerando la importancia de cada factor de evaluación les será asignado los siguientes factores de ponderación :

<u>Factor de Evaluación</u>	<u>Ponderación</u>
Disponibilidad del Recurso	0 21
Simplicidad de Operación	12
Disponib y Facilidad Mant	0 19
Inversión	0 24
Costo de Operación	<u>0.24</u> 1.00

Por lo tanto, el resumen de puntuación de cada alternativa de generación, utilizando estos factores de ponderación son los siguientes:

	<u>Factores de Evaluación</u>					<u>Total</u>
	<u>Recurso</u>	<u>Simplcd.</u>	<u>Mant.</u>	<u>Inv.</u>	<u>Oprac.</u>	
Gasifc.-G.E.	1.47	0 36	1.14	1 68	1.92	6 57
Biodgt.-G.E.	0 63	0 24	0 76	1.92	1.20	4.75
Cntrl. Fotv.	1.89	0 60	0 38	0 24	2.	5 51
G.E. Diesel	0 42	0 48	1.33	2.4	0.72	5 35

Como se observa el mayor puntaje es obtenido por la alternativa gasificador-Grupo Electrógeno. Como consecuencia de la

selección de la alternativa a emplearse en el programa de electrificación rural se detallará lo relativo a su puesta on marcha integral.

#### 4. 1.1.5 Análisis del Costo Equivalente

Teniendo en cuenta los montos de inversión (incluyendo o bras civiles) y operación unitaria por alternativa, y la vida útil - estimada de la maquinaria y equipo principal, se ha calculado el - costo equivalente de operación de cada una (en \$/año) para un año típico de operación. Para esto, se considera una capacidad instalada de 25 KW y la utilización de dicha capacidad instalada en 5 horas/d es decir 365 días/año o la generación de 45,625 KW-h/año.

En el cuadro IV. 50, se resume el costo de operación por alternativa que incluye depreciación de la inversión; el ranking por alternativa es:

	<u>US\$/Año</u>
Gasificador-Grupo Electrónico	7,524.96
Biodigestor-Grupo Electrónico	8,412.17
Grupo Electrónico Diesel	8,56 41
Central Fotovoltaica	17,597 05

#### 4.3.1.2 Proceso de Producción

La generación de electricidad para la electrificación rural en el área de influencia del estudio a partir de la sustitución del combustible diesel por gas de leña (o biomasa) en grupos eléctricos, comprende el desarrollo de las siguientes actividades - productivas en orden secuencial:

- Tala de bosque
- Transporte a planta
- Trozado y corte de troncos y ramas.



- Chipeado de trozos o formación de carbón
- Almacén de Chips/secado o de carbón
- Acarreo de Chips o carbón al gasificador
- Gasificación de Chips o carbón
- Generación de electricidad
- Distribución de electricidad

A continuación se describirá brevemente cada una de las actividades productivas:

#### 4.3.1.2.1 Tala de bosque

Se debe considerar una explotación forestal en el bosque primario natural de la zona circundante a las localidades a electrificar. Se aprovechará la madera de todas las especies forestales, con excepción de:

- Especies comerciales
- Especies demasiado resinosas
- Especies demasiado blandas (madera balsa, por ejemplo)

Se dará preferente atención a la tala de las especies que producen buena leña (tal como se lee en 4.2, de este capítulo). El bosque energético deberá ser adyacente a la población y accesible por vía fluvial o terrestre adecuada, a una distancia no mayor de 5 Km. de la casa de fuerza ya que en sus cercanías se ubicará, así mismo el almacén para madera combustible. En cuanto al aprovisionamiento, se debe realizar con la máxima eficiencia para aprovechar el mayor beneficio de la biomasa forestal original. Se puede considerar dos alternativas:

- Utilizar la biomasa forestal que cada año es abatida por la población para nuevas áreas de cultivo.
- Utilizar la biomasa forestal con extracción directa de la flo-

resta siguiendo un plan de gestión adecuado

En lo que se refiere a la superficie boscosa necesaria, asignando una disponibilidad de biomasa útil equivalente a 100 - 120 m<sup>3</sup> de leña (50-60 t) por hectárea de superficie (bosque primario) y efectuando un corte a fajas que utilice solamente el 25 % de la superficie boscosa, se podrán utilizar unos 25-30 m<sup>3</sup> de leña (12,5-15-t) por cada hectárea de bosque. Por lo tanto, para obtener una tonelada de leña abatida y desemboscada, es necesario cada año una superficie de bosque de aproximadamente 670-800 m<sup>2</sup>.

La operación se repite durante 10 años sobre nuevas superficies boscosas. Al terminar el ciclo decenal se volverá a cortar el bosque utilizado en el primer año en una faja de 5 metros situada junto a la anterior. El ciclo será repetido con las mismas modalidades en los años sucesivos para un turno de renovación de 40 años.

La superficie boscosa que es necesario tener a disposición de la planta para producción 1 t de leña abatida y desemboscada es, por lo tanto de 6,700-8,000 m<sup>2</sup>.

La tala será efectuada con hacha y machete para la vegetación que tenga un diámetro inferior a 15 cm, para los árboles de mayores dimensiones se recurrirá a la motosierra. No se talarán árboles que tengan unas dimensiones mayores que los 60 cm de diámetro a la altura del pecho de un hombre, a no ser por motivos comerciales. Los árboles abatidos serán dejados secar en el campo y después serán transportados a la planta

En el caso de explotar directamente el bosque, para las operaciones de abatimiento será utilizada una unidad operativa compuesta por 1 motosierrista y por 2 ayudantes (macheteros). Por lo

que se refiere al empeño de trabajo, se estima que la unidad tenga una eficiencia de 0,8 t de leña abatida/h/hombre

En ambos casos considerados, los árboles serán privados de las ramas y toda la leña (troncos y ramas) será reducida en troncos de 1-2 metros de longitud, en caso que los árboles tengan un diámetro comprendido entre los 7 y los 40 cm

#### 4.3.1.2.2 Transporte de troncos a planta

El transporte a planta será realizada por vía terrestre cuando el bosque energético no esté muy distante a la casa de fuerza, caso contrario se hará por vía fluvial para esto se usará el cauce de aguas existentes, debido las siguientes razones:

- Existen muchísimos cursos de agua (ríos, quebradas, caños), por toda la selva baja.
- Los bosques son explotados tradicionalmente en las cercanías de un curso de agua.
- Las poblaciones rurales se encuentran ubicadas en las riberas de los ríos que normalmente cuentan con embarcaderos.
- La actividad forestal es tradicional en la zona del estudio, siendo el transporte fluvial de troncos ampliamente utilizado.

En ambos casos el transporte será realizada por los miembros de la comunidad para lo cual se organizarán en brigadas teniendo en cuenta que esta labor no se ejecutará diariamente, es que a carácter rotativo.

#### 4.3 1.2.3 Trozado y corte de troncos y ramas

Esta operación se llevará a cabo en la planta y consiste en el trozado de los troncos hasta un tamaño de 1m en el caso de ramas delgadas la longitud puede ser mayor, para luego trozarlos en -

dirección al eje longitudinal que traerá como consecuencia disminuir el tiempo de secado.

#### 4.3.1.2.4 Chipeado de trozos o formación de carbón

Labor de importancia capital, ya que la madera para que sea utilizado como combustible en los gasógenos es preciso pasarlos a la forma de chips que son trozos de madera de 2 á 8 cm., pudiendo también emplearse el carbón; de otra manera el proceso de gasificación de madera sería ineficiente. El chispeo de madera se realizará utilizando mano de obra proporcionada por los miembros de la comunidad, luego de una breve práctica un leñador estará capacitado para producir chips de tamaño adecuado y uniforme utilizando el machete y/o acha.

En el anexo A se describe la manera de producir carbón.

#### 4.3.1.2.5 Almacén de chips/secado o carbón

Los chips o carbón se acumularán en el patio de almacenamiento formando pilas de altura no mayor de 1m., en el caso de carbón se usarán sacos de yute o plástico para evitar su quebrado, en cuanto a los chips el almacén significará también, una fase final de secado ambiental. El patio debe ser techado y tener una capacidad de almacenamiento para 1 mes de operación, además debe estar convenientemente ventilado.

#### 4.3.1.2.6 Acarreo de chips o carbón al gasificador

Esta labor así como la anterior puede ser realizada por medio de un operario no calificado. El combustible, chip o carbón serán transportados hasta la tolva del gasificador, descargándose directamente o utilizando sacos de yute o malla plástica. No se ha considerado la alimentación automática de los gasógenos (faja trans-

portadora esclusa dosificadora y controles) debido a la reducida-capacidad de los gasógenos y a la elevada inversión.

#### 4.3 7 Gasificación de Chips o Carbón

En el gasógeno (O gasificador) la combustión de la biomasa se realiza en presencia parcial del aire a una temperatura promedio de 1,000 - 1,100 °C

Por otro lado, se recomienda de preferencia el uso de dos o más unidades modulares de gasificación para cada unidad generadora de electricidad, a fin de optimizar la eficiencia del proceso de gasificación (en régimen de cargas eléctricas variables) y facilitar labores de mantenimiento y reparación de los gasificadores.

Las cenizas sub-producto del proceso son eliminadas manualmente con una periodicidad semanal; mientras que el gas atraviesa - la zona de combustión y la parrilla de cenizas, y luego sube por - una cámara anular enfriándose hasta 250 °C aproximadamente. Los gases del gasógeno por la parte superior y pasan al sistema de filtración y enfriando final con intercambiador de calor, antes de ingresar al motor de combustión interna.

El encendido en frío del gasificador toma entre 10 y 15 minutos por medio de un ventilador y mechero. Básicamente puede seleccionarse cualquier modelo de gasógeno pero en concordancia con las características de la zona del estudio, el gasógeno elegido debe ser discontinuo de lecho fijo vertical, flujo gaseoso hacia abajo.

#### 4.3.1.2.8 Generación de Electricidad

Se ha seleccionado para este estudio el grupo electrógeno diesel, cuyo motor trabajará con el sistema dual - fuel, es decir,

con la sustitución de combustible diesel por gas de madera (gas pobre) en una proporción variable que va de desde 75 % a 90 % de poder calorífico generado. Esta alternativa, si bien no elimina totalmente el consumo de combustible diesel, representa la solución más versátil y económica para la zona pues :

- En caso de mantenimiento o reparaciones del (o los) gasógeno (o) en caso de escasez de madera seca chipeada o carbón (hecho poco probable), el grupo puede operar utilizando únicamente combustible diesel
- Si bien un grupo con motor de ciclo otto (gasoliner) es capaz de operar con 100 % de gas pobre, la alternativa resulta más costosa debido a la menor potencia de estos últimos, además introduce necesidades de repuestos y regulaciones mayores (bujías, baterías, distribuidor ect) que en los motores diesel
- Los grupos existentes en la zona del estudio son diesel y pueden ser adaptados fácilmente para operar con gas pobre proveniente de gasógenos a leña, en el sistema dual - fuel.

Respecto al generador estos ya están incluidos en los grupos electrógenos existentes en las localidades de la zona del estudio. En el caso de centros poblados a electrificarse se tendrá que considerar una unidad de generación en paquete, es decir motor y generador incluidos preferentemente

#### 4.3 1.3 Criterios de Certeza y Confiabilidad del Sistema Propuesto

El sistema propuesto se basa esencialmente en la sustitución del combustible diesel por gas pobre generado en gasógenos a partir de la madera. Es entonces la performance del gasógeno la clave del sistema, pues en la medida en que el sistema produzca de manera regular un gas pobre de calidad adecuada, tanto en poder calorí

fico como en limpieza, se podrá realizar la sustitución energética en el motor diesel del grupo.

#### 4.3 1.3 1 Generación de gas pobre

Diversos fabricantes europeos principalmente, han venido realizando investigaciones tecnológicas desde la segunda guerra mundial, época en que circulaban aproximadamente 170,000 vehículos en Europa usando gasógenos para la producción de gas pobre y sustitución del combustible diesel en motores de camiones, tractores, omnibuses, camionetas, etc (sistema dual - fuel) Los países que más sufrieron por la escasez de petróleo fueron Francia, Bélgica, Holanda, Alemania e Italia; justamente en esos países es donde más éxito tuvieron los gasógenos. Sin embargo, a pesar de su popularidad no se habían solucionado problemas de diseño que permitiera obtener un gas pobre lo más limpio posible. Más de 40 años de investigaciones en dichos países han permitido a varias compañías diseñar gasógenos a alta temperatura de generación con flujo descendiente y/o reciclamiento del gas, lo que permite el craqueo y gasificación de cualquier residuo de quitrán, compuesto contaminante que disminuye el rendimiento y la vida útil del motor. Esta experiencia sumada a las innovaciones más recientes en metalurgia y en la fabricación de motores, ha permitido que hoy día se fabriquen gasógenos de alta eficiencia comprobada por ejemplo:

- Gasificadores Ev. A (Willy Evrard - Bélgica) con experiencia comercial en generación eléctrica en Zaire, Luxemburgo, Bélgica, Costa de Marfil, Ruanda, etc , a partir de madera, cáscaras de coco, papiro etc.
- Gasificadores/Grupos Electrógenos Agrameau (Alsthom-Francia) con experiencia comercial en generación eléctrica en Francia, Para -

guay, Perú (2 grupos electrógenos de 15 y 22 KW en Pucallpa), Nigeria, India, Singapur, Costa de Marfil a partir de biomasa forestal-diversa.

Considerando que la capacidad de carga de leña o carbón - de un gasógeno alcanza en general para 4 á 5 horas de funcionamiento, actualmente los gasificadores comerciales cuentan con Kits de seguridad (Alarmas - electrónicas), que ayudan al operador en el caso de olvido de las tareas de vigilancia del nivel de la carga. Es decir cuando el nivel de la carga está por debajo del recomendado - para un funcionamiento normal, el Kit puede sonar y eventualmente - desconectar el motor automáticamente evitándose así que la gasificación sea deficiente y el gas esté muy contaminado.

En cualquier caso es recomendable que el equipo sea puesto a punto utilizando un determinado combustible que deberá ser el mismo permanentemente, es decir no es muy conveniente cambiar de combustible de una semana a otra (pasar de madera tropical a carbón vegetal o viceversa), por cuanto los parámetros de operación deberán ser modificados. En el caso del estudio, se trata de un sólo combustible : madera dura tropical con humedad relativa constante (secada ambiental), o carbón vegetal, por lo cual la certeza y confiabilidad en la producción de gas están garantizadas

#### 4.3.1.3 2 Limpieza de gas pobre

Las impurezas que pueden ser perjudiciales en los motores son : Vapores de alquitrán, ácido acético, fenoles, polvo. Los gasificadores modernos de diseño a flujo descendente, producen cantidades muy limitadas de alquitrán, por lo que la principal función - del equipo de purificación es la remoción de partículas sólidas -



(polvo). Normalmente se emplea una serie de 2 ó más ciclones donde el gas libre de partículas sale por la parte inferior mientras que - el 80 % de las partículas sólidas salen a un depósito anular donde - pueden ser removidas.

La cantidad tolerable de polvo para motores estacionarios es de  $0.005 \text{ gr/m}^3$ , mientras que el gas pobre a la salida del gasóge no tiene cerca de  $5 \text{ gr/m}^3$  de materia sólida fina; luego de atravesar el ciclón, el gas sólo tiene  $1.5 \text{ gr/m}^3$  de hollín y polvo por lo que se hace necesario el uso de filtros secos o purificadores húmedos (cortina de agua). Los filtros de bolsa de paño o de lana de vidrio son los más empleados por su eficiencia, observándose en esos - casos que el servicio de limpieza y mantenimiento de filtros se realiza cada 100 - 150 horas de operación. En esas condiciones, el gas pobre centrifugado (ciclón) y filtrado puede ser alimentado a un motor, previo enfriamiento por intercambiador a aire o agua, en condiciones de seguridad y confiabilidad garantizadas.

#### 4.3.1.3.3 Utilización del gas pobre en motores de combustión interna

Cualquier motor de ignición (bujías) puede convertirse a motor operando con 100 % de gas pobre, pero existen dificultades en los motores de poca cilindrada y de altas rpm (automoviles) por lo cual no son recomendados. Además, estos motores gasolineros no pueden funcionar con una combinación de gas y combustible líquido. Por otro lado los motores diesel no funcionan completamente con gas pobre y deben operar con el sistema dual - fuel, pues para garantizar la ignición en cada ciclo del motor se debe inyectar una cantidad mínima de combustible. El gas pobre puede sustituir de 75 % hasta un 90 % del petróleo diesel (base de generación de poder calorífico), - aunque es preferible tomar un 85 % de sustitución como criterio mínimo

nimo de diseño.

Un motor diesel podría ser convertido a gas 100 % cambiando el sistema de inyección de petróleo por equipo de ignición por chispa, sin embargo dicha modificación vuelve muy caro al motor y no es competitivo con uno similar a gasolina; además la modificación realizada ya no permite el uso del motor con petróleo diesel solamente

Al contrario, para adaptar un motor diesel al sistema dual - fuel, las modificaciones necesarias son relativamente simples. Se hace una entrada para el gas pobre en el múltiple de admisión del motor, provisto de una válvula de control tipo mariposa. También es necesario un regulador de la mezcla gas pobre - aire. El arranque del motor se hace como siempre, es decir a petróleo diesel 100 %. La aspiración del motor a través del gasógeno inicia la producción de gas enriqueciéndose el aire de admisión y permitiéndose así una paulatina reducción de la dosis de diesel hasta el mínimo necesario para asegurar la ignición. Los fabricantes de conjuntos gasificador - grupo electrógeno diesel, proveen en general de dispositivos automatizados para el arranque. La pérdida de potencia en el sistema dual - fuel es del 20 % cuando funciona con una sustitución de diesel por gas máxima (90 %). Por lo general debe considerarse una pérdida del 30% para condiciones de operación normal.

Si bien el sistema no es independiente del combustible líquido, tiene la gran ventaja de que cualquier interrupción en la operación del gasógeno no afecta la continuidad en la provisión de energía ya que el motor puede funcionar con petróleo diesel solamente.

La operación del sistema dual - fuel será anti-económica -

en instalaciones muy pequeñas. En esos casos (potencias menores de 20 KW) se recomienda el uso de motores gasolineros con 100 % de sustitución por gas pobre.

Para las instalaciones más grandes (mayores o iguales a 20 KW) y sobre todo en situaciones donde ya existen en operación grupos electrógenos con motores diesel, el sistema dual - fuel será la opción más natural, segura y confiable.

#### 4.3.2 Maquinaria y Equipos Requeridos

En las actividades del proceso de producción descritas anteriormente se consideran equipos y maquinarias para el caso de plantas nuevas, sin embargo para las localidades que cuentan con grupos electrógenos las necesidades disminuyen considerablement. A continuación se presenta una descripción general de los equipos seleccionados, así como los criterios de operación de los mismos.

##### 4.3.2.1 Descripción

###### 4.3.2.1.1 Equipo de Transporte

Lo forma el peque - peque, que es un bote alargado tipo canoa con motor gasolinero de 9 HP que acciona una hélice fuera de borda. Es ampliamente utilizado en la selva peruana para el transporte personal y familiar así como para pequeñas cargas en distancias medias (promedio máximo de 50 Km). Se comercializa en Iquitos, principales ciudades y localidades, en cuanto al bote este es confeccionado artesanalmente.

###### 4.3.2.1.2 Equipo de tala y corte de madera

El equipo está formado por 1 motosierra, hachas, machetes - ( la cantidad está definida en función de la capacidad de la central

que se detallará más adelante), son comerciales en la selva, muy confiables, seguros y de mínimo mantenimiento.

#### 4.3.2.1.3 Equipo de Gasificación de Biomasa

Se consideran dos grupos de equipos, de acuerdo a la generación de potencia eléctrica a saber:

- Para potencias hasta 20 Kw: el gasógeno de biomasa Martezo B850, producido por Establissements Touillet de Poitiers Francia.
- Para potencias comprendidas entre 25 y 120 Kw: el generador de gas Ev. A Multicombustible (en arreglos de 1,2,3 y 4 módulos en paralelo para diferentes rangos de potencia considerados) fabricados por la firma Willy Evrard Trade & Industry de Anderne, Bélgica.

##### 4.3.2.1.3.1 Gasógeno de Biomasa Martezo B850

Tiene las siguientes características:

- Combustible : leña, carbón de leña, cascara de coco, etc
- Capacidad del sistema de alimentación : 600 litros (0.6 m<sup>3</sup>)
- Dimensiones de chips : 50 mm X 50 mm.
- Humedad relativa de chips : 20 % máximo
- Tipo de gasógeno : lecho fijo, contracorriente, flujo de gas descendente, con colector de breas y alquitranos antes de la gasificación.
- Filtros : sistema de purificación en seco, en dos etapas.

#### 4.3 3 2 Generador de Gas Ev. A Multicombustible (Módulo básico)

El generador de gas Ev. A. Multicombustible tiene las características siguientes:

- Combustible : leña, carbón de leña, antracita, carbón mineral, de sechos vegetales compactados
- Dimensiones de los chips: 20 a 80 mm

- Humedad relativa de chips : 20 % máximo
  - Tipo de gasógeno: lecho fijo, contracorriente, flujo ascendente, precalentador de aire
  - Filtros : ciclón seco, un filtro húmedo que usa agua como único agente de filtración, un filtro final para remover gotas de agua.
- Control de niveles de combustibles : visual, luminoso y alarma sonora.

Las características detalladas del equipo son: (ver gráfico IV-38)

- Generador (parte I)

Compuesto por tres elementos principales:

La tolva : Por su forma especial impide que el combustible que de suspendido

Capacidad : 420 litros de combustible sólido, equipada con una puerta de alimentación provista de un resorte, lo que permite evacuar la sobre-presión eventual a nivel del generador cons- truida de acero soldado, no se desgasta.

El hogar : Por su forma y diseño, es capaz de resistir a las temperaturas indispensables para un buen funcionamiento de la gasificación. Construida de chapa refractaria de alta calidad, tiene toberas que llevan aire precalentado a la zona de combustión en la que el combustible se transforma, en presencia de oxígeno en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O Estas toberas están protegidas por regillas para llamas provistas de válvulas que permiten un encendido fácil del combustible.

Debajo de esta zona de oxidación se encuentra la zona de reducción que transforma el CO<sub>2</sub> producido en CO y H<sub>2</sub>O o H<sub>2</sub>, gases combustibles utilizables entre otros en un motor

El hogar y las toberas son los únicos elementos del gasógeno -

que deben ser adoptados a la potencia del motor utilizado.

Las temperaturas a nivel del hogar pueden alcanzar, con madera, valores de más o menos 1,300 °C

**El Cenizal :** Destinado a recuperar las cenizas, se compone de una regilla que impide su arrastre con el gas y de una puerta de acceso que permite la limpieza o la descarga total del generador

**El conjunto tolva - hogar - cenizal,** conforma el generador de gas, base del gasógeno. Estos tres elementos están unidos entre sí por lados derechos apernados. Cada elemento se puede por lo tanto desarmar y entregar separadamente. El conjunto es protegido por una carrocería apernada lo que impide que el usuario esté en contacto directo con las zonas calientes o que precalienten el aire de combustión.

- Filtro seco (parte II)

Basado en el principio del filtro tipo ciclón, permite hacer una primera separación de grandes partículas arrastradas con el gas.

Igualmente es de acero soldado, no tiene ninguna pieza en movimiento y por lo tanto no se desgasta.

- Enfriador (parte III)

Basado en el principio del intercambiador, permite reducir la temperatura del gas producido de más o menos 600 °C al mínimo permitido. Este accesorio es indispensable ya que el poder calorífico del m<sup>3</sup> de gas disminuye cuando la temperatura aumenta.

Puede entregar según las necesidades, aire caliente, agua caliente o aceite caliente

Su construcción modular permite optimizar para toda aplicación el enfriamiento del gas.

- Filtro Ev. A (parte IV)

Ventaja principal del gasógeno Ev. A, esta sola parte comprende 5

etapas de filtración que son : laminación del gas, lavado, centrífugo, proyección a alta velocidad y decantación.

Estas 5 etapas están ubicadas en un orden bien preciso que optimiza la filtración e impide que sea obstructora.

Dato importante : la materia filtrante es, excluyendo cualquier otra agua; esto significa que en cualquier parte es posible reemplazar esta materia filtrante

#### - Separador (parte V)

Como en toda filtración a base de agua, de tiempo a otra y particularmente en vehículos, partículas de agua pueden ser arrastradas con el gas. El separador basado en un principio mecánico, permite evitar la entrada de esas partículas de agua al motor. Asegura además, una última filtración del gas, garantizando así bajo cualquier condición una filtración absolutamente perfecta, condición indispensable para la longevidad de los motores.

#### - Mezclador (parte VI)

Destinado a optimizar la mezcla gas - aire necesaria para una buena combustión, se compone de dos sistemas de regulación:

Regulación manual que permite llegar a una mezcla gas - aire sensiblemente cerca de la regulación ideal

Regulación automática trabajando en función de los parámetros propios del gasógeno tales como : tipo de combustible, pérdidas de carga etc.

Composición del gas pobre producido por el Gasógeno Ev. A

Monóxido de carbono (Co)	:	26.92 %
Hidrógeno (H <sub>2</sub> )	:	13.97 %
Metano (CH <sub>4</sub> )	:	0.91 %

Nitrógeno ( $N_2$ ) : 48.65 %

Dióxido de carbono ( $CO_2$ ) : 9.53 %

Poder calorífico inferior del gas pobre : 1,252 Kcal/m<sup>3</sup>

Observaciones : Se incluye en cada equipo los accesorios para la operación dual - fuel del motor diesel, así como también - los accesorios para las conexiones y herramientas de mantenimiento.

#### 4.3.2.1.3 Equipo de Generación y Distribución de Electricidad

En general se recomienda la adquisición de los grupos - electrógenos ofertados por los fabricantes de gasógenos, debido a que la compatibilidad entre la producción de gas y la potencia del motor y generador han sido optimizadas en fábrica.

Naturalmente en el caso de localidades que ya cuentan - con grupos electrógenos sólo será necesario considerar gastos minimos de adaptación para el uso de gas pobre. Normalmente junto al generador va incluido el equipo de control de distribución de energía eléctrica.

#### 4.3.2.2 Seguridad Comprobada

Todos los equipos descritos del sistema de producción propuesto son fabricados por reconocidas firmas internacionales quienes garantizan la seguridad y confiabilidad de sus productos mediante

- Experiencia comprobada de instalaciones similares en otros países
- Garantía de funcionamiento en condiciones normales de operación - (generalmente 1 año)
- Instalación, pruebas de operación y capacitación del personal - previo a la entrega de los equipos.

Instrucciones de mantenimiento y provisión de repuestos para 2 -



años de funcionamiento.

- Servicio técnico cada vez que exista una solicitud expresa.

En el último punto, los eventuales costos de servicio técnico especializado pueden ser elevados en el caso de gasificadores y óptimo uso acoplados a grupos electrógenos, debido a que sólo existen en el país representantes comerciales, debiéndose cargar al cliente los gastos de viaje y viáticos.

Es pertinente señalar que actualmente no existe experiencia tecnológica propia en el país, que permita garantizar la fabricación de gasificadores de biomasa para uso de generación eléctrica, en condiciones confiables y seguras; sin embargo dado lo poco complejo de la tecnología a mediano plazo es posible contar con ella en la medida, que el Estado (talvez) apoye los esfuerzos de investigación tecnológica que viene realizando el ITINTEC en este campo desde el año de 1984.

#### 4.3.2.3 Requerimientos totales de equipos para módulos de diferentes potencias

##### 4.3.2.3.1 Para plantas completas (nuevas)

En el cuadro que a continuación se muestra se incluye la lista de equipamiento total que se requiere para instalar plantas eléctricas rurales a generación no convencional de energía de capacidades reducidas de acuerdo con las recomendaciones presentadas en los acápites anteriores. Se aprecian los diferentes tipos de gasógenos necesarios para capacidades iguales o menores de 20 Kw., así como para 25 á 60 Kw. Igualmente no se incluyen capacidades mayores de 60 Kw. pues no se plantean instalar plantas existentes (el tamaño de planta por capacidad de potencia, se definió en el capítu

1o II)

<u>Requerimientos de Equipos Por Capacidades de Plantas Nuevas</u>			
EQUIPOS	<u>RANGOS DE POTENCIAS (KW)</u>		
	20	25 - 35	36 - 60
<b>A. Transporte</b>			
-Peque - peque	1	1	1
<b>B. Tala y corte de madera</b>			
-Motosierra de 30"	1	1	1
<b>C. Gasificación</b>			
-Gasógeno Martezo B 850	1	-	-
-Gasógeno Ev. A Multicombustible	-	1	1
<b>D Generación de Electricidad</b>			
-Motor gasolinero de 4 cilindros	1 de 20 KW	-	-
-Motor diesel de 6 cilindros	-	1 de 6.2/6.61	1 de 11.63 l
-Alternador 220 v, 3 ø	1 de 30 Kva	1 de 44 Kva	1 de 75 Kva

#### 4.3.2.3.2 Para plantas existentes

El requerimiento de equipos para modificar el sistema de combustión de plantas existentes (operadas con petróleo diesel) se presenta en el cuadro mostrado líneas abajo, de acuerdo a los rangos de capacidades que se han establecido. Igualmente el cuadro - IV - 51 resume las características y precios de los equipos seleccionados para todas las potencias.

Requerimientos de Equipos Por Capacidades de Plantas Existentes

EQUIPOS	RANGOS DE POTENCIAS KW				
	20	25-35	36-60	65-80	85-120
- Peque - peque	1	1	1	1	1
- Motosierra 30 "	1	1	1	1	1
- Gasógeno Martezo B 850	1	-	-	-	-
- Gasógeno Ev.A Multicomb.	-	1	1	1	1

4.3.3 Requerimientos de Materiales e Insumos

4.3.3.1 Plantas nuevas (Potencias hasta 60 Kw)

Las necesidades de materiales e insumos se muestran en el cuadro IV - 52 incluyendo el volumen anual de madera en troncos al 30 % de humedad, necesaria para la generación de energía a máxima capacidad operativa para cada potencia. Esto es, por ejemplo para las plantas de potencias iguales o menores a 20 Kw se recomiendan los volúmenes de madera para generar energía durante 5 horas al día trabajando a 80 % de su máxima capacidad en 365 días al año, que representa la utilización promedio de la capacidad instalada para el año 2,000 considerando esa potencia.

4.3.3.1.1 Requerimientos de madera y de bosque energético

En el cuadro IV-53 se muestra el cálculo de consumo por hora de combustible para las potencias estudiadas, tanto petróleo - diesel como madera para chips.

Los volúmenes de madera necesarios, incluyen un 30 % por pérdidas y desperdicios al momento del procesamiento y preparación de chips. Considerando una densidad promedio de 0.600 Tm/m<sup>3</sup> para la gama de especies tropicales a usar, el volumen de madera en tro

zos demandada será el siguiente :

C O N C E P T O		POTENCIAS (KW)	
	20	25 - 35	36 - 60
TM/AÑO	50	60 - 85	85 - 145
m <sup>3</sup> /Año		100 - 142	145 - 242

Los requerimientos de áreas de bosque energético (bosque - virgen apto para explotación comercial cercano a los poblados, con fácil acceso al pueblo) dependerán de los volúmenes de madera utilizable por Ha para este fin. En este capítulo IV, se detallan las especies y tipos de madera a utilizar, así como resultados de algunos inventarios forestales efectuados en la selva baja; como quiera que se trata de especies de poco o ningún valor comercial, que son las más abundantes en los bosques de la selva, el volumen aprovechable de dicha madera por Ha es bastante elevado, variando de 25 a 75 m<sup>3</sup>/Ha.

Por lo tanto, no será un factor limitante la cantidad de áreas de bosques energéticos. Asumiendo unos 50 m<sup>3</sup>/Ha de maderas aprovechables para combustible de las principales especies no comerciales, el área de bosque por año que se requiere utilizar y el área total de bosque energético (considerando 40 años de ciclo de corta para asegurar una regeneración natural óptima) es el siguiente:

C O N C E P T O	POTENCIAS (KW)		
	S 20	25 - 35	36 - 60
Area a extraer Ha/año	1.68	2.00 - 2.84	2.90 - 4.84
Area total del bosque energético (Ha)	67.2	80 - 113.6	116 - 193.6

Es decir de acuerdo a la potencia instalada en cada poblado, - el área de bosque energético que asegure un abastecimiento constante de materia prima varía de 67 Ha (para 20 Kw) a 194 Ha (60 KW)

#### 4.3.3.1.2 Requerimiento de otros materiales e insumos

El cuadro IV - 52 contiene todos los demás insumos y materiales necesarios para las plantas a gasógenos incluyendo herramientas, materiales diversos para la distribución de la energía eléctrica.

#### 4.3.3.2 Plantas existentes (todos los rangos)

El cuadro IV - 54 contiene los requerimientos de materiales e insumos, así como de madera para las plantas eléctricas existentes - que se transformarán en grupos alimentados con gasógeno a base de chips de madera o carbón.

En este caso, los volúmenes de madera requeridos, para todos los rangos de potencias existentes, se obtienen utilizando las mismas - premisas que las usadas para los grupos nuevos, esto es 83.4 % de sustitución (por calor generado) del diesel por madera chipeada, salvo el caso de los menores de 20 KW que es 100 % sustituida.

Los cálculos para establecer el área anual de bosque energético y el área total de este bosque necesario para las capacidades mayo-

res a 60 KW. instalados (que se calculan de igual manera que en el caso anterior) arrojan los siguientes resultados:

Potencias	Requerimto. (TM/Año)	madera m <sup>3</sup> /año	Area por Extraer Por año (Ha)	Area total del Bosque Energético(Ha)
65 - 80	155 - 190	258-317	5.16 - 6.34	206 - 254
85 - 120	200 - 285	333-475	6.66 - 9.50	266 - 380
130 - 160	310 - 380	517-633	10.34 - 12.66	414 - 506

El rango de área de bosque energético en este caso, varía - de 5.16 á 12.66 Ha/Año y de 206 á 506 Ha. en total para asegurar un abastecimiento continuo a la planta eléctrica durante 40 años.

El requerimiento de madera o bosque energético para satisfacer las unidades generadoras de ponerse en marcha el programa de electrificación, tal como se ha explicado no llega a cubrir en el 1 % de bosques disponibles en el Departamento de Loreto, (sobre bosques disponibles se detalla en el Capítulo III).

#### 4.3.4 Requerimiento de Combustibles y Lubricantes

En el cuadro IV-55, se presenta el cálculo de los requerimientos anuales de combustibles y lubricantes (incluyendo madera) para los diferentes rangos de potencia a instalar (plantas nuevas) o modificar (plantas existentes). Estos consumos de combustibles (petróleo diesel, gasolina y lubricantes) se calculan al igual que en el caso de la madera, para el máximo uso operativo de la capacidad instalada (80 %) 5 horas/día, 365 días/Año para la demanda del año 2,000.

Debe señalarse que los estimados del consumo de petróleo diesel en los grupos que funcionarán con dual-fuel se han calculado uti

lizando una sustitución intermedia entre el mínimo y el máximo sugerido por los proveedores (75 - 90 % de poder calorífico generado) es decir, se ha utilizado 83 4 % madera y 16 6 % diesel. Es posible utilizar hasta un mínimo de 10 % del poder calorífico generado por el diesel y operar eficientemente, con lo cual se obtendría una reducción aún mayor en el costo de combustible que es lo deseado.

Por ejemplo, para las potencias de 35, 60 y 120 KW las cifras de consumo de diesel serían :

Potencia Instal.(Kw)	Consumo (83 4% sustitc ) ( Año)	Consumo (90% Sustitc ) (Gal/Año)
35	894	540
60	1 533	925
120	3 066	1,851

Esto representa un ahorro de 40% en el volumen del combustible diesel necesario; como se apreciará en el capítulo de costos e Ingresos del estudio, el componente de costo del diesel es el más importante de todos y un ahorro en éste orden de un 40 % (o cualquier cifra significativa intermedia) contribuirá a hacer el estudio y la tecnología más rentable y ventajosa respecto a la generación energética convencional. Sin embargo, para efectos del análisis a efectuar en este estudio la sustitución utilizada permite analizar el proyecto sobre bases conservadoras fácilmente obtenibles.

#### 4.3 5 Requerimientos de Personal

##### 4.3 5 1 Personal directo, por Módulo de cada potencia Instalada

En el cuadro IV.56, se presentan las necesidades de personal para el estudio por potencia instalada para cada caso, calculados

de acuerdo a las necesidades de hombres-mes u hombres-año, ya que en el caso de la extracción, transporte y preparación de la madera en casi todas las capacidades, las demandas de mano de obra son esporádicas durante el año. Esto es, no se requiere personal permanente para dicha labores. Solamente se considera un operario de la planta eléctrica a tiempo completo, quien será el responsable de la operación de los gasificadores y generadores de energía, el mantenimiento de los sistemas eléctricos de la plant y la guardia.

El personal de las actividades de tala, extracción, transporte acarreo, trozado, chipeado de madera y formación de carbón, se plantea que sean los mismos pobladores de la localidad, los que aportan los trabajos necesarios para abastecer estos requerimientos contra este aporte se podrá establecer un procedimiento de valoración y pago con energía vendida, remuneración directa u otro sistema que se establezca.

#### 4.3.5 2 Personal Indirecto, Unidad Ejecutora

La administración de las plantas eléctricas, tal como se describe en el capítulo de organización se plantea sea efectuada por los gobiernos locales (Comités de usuarios o Municipalidad); por lo tanto no se requiere personal estable directamente remunerado para este nivel. Sin embargo la Unidad Ejecutora del Plan de Electrificación, que se propone en organización si tendrá personal permanente que dirigirá y supervisará la implementación hasta la puesta en marcha de las plantas eléctricas rurales. Después de las pruebas, esta unidad ejecutora entregará las plantas a los gobiernos locales.

#### 4.3 6 Mantenimiento y Reparaciones

##### 4.3.6 1 Mantenimiento del gasógeno y sistema de filtración



En general cada fabricante proveedor de equipos de gasificación establece sus propios programas de mantenimiento dependiendo de las características de diseño y operación particulares. Sin embargo, podemos señalar las siguientes actividades de mantenimiento:

- Limpieza de la tolva del gasógeno : Debe verificarse su estado cada semana ( 40 horas de operación continua) y debe realizarse una limpieza interna con gasolina cada mes ( 200 horas de operación continua)
- Remoción de cenizas : Estas caen automáticamente a un cenicero debajo de la parrilla, durante la operación; debido a la reducida cantidad de cenizas en la madera, la remoción de cenizas y limpieza del cenicero puede realizarse cada semana (40 horas de operación continua) Se recomienda usar una escobilla y eventualmente gasolina.
- Revisión y limpieza de garganta y toberas : Esta parte requiere una manipulación cuidadosa y seguir estrictamente las indicaciones del fabricante En la zona de entrada de aire existe un cuello o estrechamiento que debe estar limpio de alquitrán y materias extrañas. Como esta zona coincide con la más alta temperatura (mas o menos 1 300 °C) No debe depositarse mucho alquitrán, sin embargo su acumulación en largos periodos podría producir problemas en el flujo de material. Revisión semanal limpieza con franela y gasolina cada mes (200 horas de operación continua) o antes según fabricante
- Revisión de ciclones : eventual condensación de alquitrán residual y formación de capa pegajosa con polvo. Normalmente deben revisarse y limpiarse con wipe y gasolina cada semana.
- Revisión y cambio de filtros secos : Cuando éstos son de algodón, lana de vidrio o cualquier otro material poroso, debe procederse a su reemplazo periódico. Una caída de presión a la salida del filtro -

- (o una dificultad en la operación del motor por falta de succión de gas) indican que los filtros deben cambiarse. Los filtros de algodón de franela pueden ser lavados y reusados muchas veces (máximo 10 veces); en este caso el cambio de filtros debe realizarse cada semana (40 horas de operación). Seguir indicaciones de fabricante.
- Revisión de filtros húmedos: Los filtros de tipo cortina de agua requieren poco mantenimiento. Se recomienda revisar la formación de depósitos sólidos cada mes y proceder a su limpieza con gasolina y líquidos anticorrosivos cada 6 meses (1,200 horas de operación).
  - Otros dispositivos: El mantenimiento dependerá de su existencia y su naturaleza (intercambiadores de calor, condensados, etc)

El costo de piezas de repuesto para mantenimiento, se estima en un 6% pudiendo llegar incluso a 2% del costo del equipo, por cada año. Se recomienda además instalar el gasógeno en un lugar convenientemente ventilado y colocar una Chimenea de escape de gases en exceso.

#### 4.3.6.2 Mantenimiento del Grupo Electrónico

Los motores dual-fuel y los grupos electrónicos alimentados con gas pobre tienen una larga vida a condición de usar un gas limpio y de realizar el mantenimiento preventivo necesario.

En Europa, al término de la post guerra, circulaban todavía vehículos con más de 400,000 Km recorridos con dual-fuel. Sin embargo las recomendaciones normales de mantenimiento de los grupos son:

- Revisión de niveles: Cada semana de operación debe revisarse el nivel de aceite del carter del motor, el nivel de agua del radiador, el nivel de agua de baterías.
- Revisión de filtros: Cada semana de operación (40 horas) debe re

visarse el estado de los filtros de aire y combustible Limpieza-  
si es necesario.

- Cambio de aceite lubricante del motor : Cada 100 - 150 horas de -  
funcionamiento ( mas o menos de 20 á 30 días).
- Revisión y mantenimiento integral por un técnico mecánico/eléctri-  
co especializado : Cada 800 - 1,200 horas de servicio (4 - 6 meses)
- Revisión de circuitos, empaquetaduras, válvulas, sistema de encen-  
dido : cada 2,000 - 2 500 horas de servicio (10-12 meses)
- Bajada de motor : Cada 4,000 - 6,000 horas de servicio (aproximada  
mente de 2 - 3 años)

El costo del mantenimiento es de 0,008 US\$/Kw-h en piezas-  
de repuesto y de 010 US\$/Kw-h en mano de obra, o sea un total de -  
0,018 US\$/Kw-h, según datos de fabricantes europeos.

#### 4.3.6.3 Mantenimiento de Equipo Auxiliar

Seguir las instrucciones del fabricante para cada caso : Mó  
to sierra, peque - peque etc.

#### 4.3.7 Cronograma de Implementación de Módulos

El estudio de Electrificación de Localidades Menores con  
templa la instalación de una serie de módulos de generación no-con-  
vencionales de energía y de modificación de plantas existentes en  
un número bastante elevado de poblados y localidades menores en to  
da la Provincia del Departamento de Loreto.

Asimismo, el estudio prevee que la ejecución física se rea-  
lizará en un periodo de cinco años y estará a cargo de una ciudad-  
Ejecutora del Plan de Electrificación que se establecerá, con parti-  
cipación directa de CORDEIOR y las Entidades y Organismos de los go-  
biernos locales, autoridades del Sector Energía, etc Posteriormente

te las plantas o micro-centrales se entregarán a los gobiernos locales.

La instalación de cada planta o micro-central eléctrica en una localidad demandará la ejecución de una serie de actividades consecutivas, algunas precedentes a otras cuyo eficiente desarrollo será necesario para lograr el éxito total.

En el gráfico IV-39, se muestra el cronograma de implementación de un módulo es decir de una planta o micro-central de generación no convencional de energía típica para uno de los poblados seleccionados. La instalación y entrega tomará un tiempo de 8 meses calendario, desde las actividades iniciales hasta la entrega operativa de la micro central.

Las actividades principales, una vez definida la participación del poblado en la ejecución directa, coordinadas las acciones con el gobierno local (se sugiere la formación de una Comisión de Electrificación por poblado, con participación de las autoridades del pueblo y los funcionarios de la unidad Ejecutora) son las siguientes:

- Definición final de localización y tamaño de módulo (actividades 4 y 7)
- Diseños definitivos y construcción de obras civiles y eléctricas (actividades 5,6,8,9,10 y 11)
- Adquisición, provisión, transporte e instalación de equipos (actividades, 1 2,3 5 6,14 y 15)
- Provisión de materia prima, materiales, personal, etc (actividades- 3,5 12 13 y 16)
- Preparación para operación (actividades 17, 18,19,20 y 21)
- Entrega de micro-central o planta a las autoridades locales (acti

vidad 22)

Estas actividades serán ejecutadas por la Comisión de Electrificación para cada centro poblado que trabajará tanto en la sede - de la Unidad Ejecutora (Iquitos) como en cada poblado. Al final, en coordinación con el Comité de Gestión de la planta, que deberán tomar los pobladores se irá efectuando gradualmente la puesta en marcha y las pruebas respectivas.

#### 4.4 Características Físicas del Estudio

A partir de este punto se explicará de modo sucinto las características físicas previstas para los diferentes tamaños de micro-centrales o plantas eléctricas que se deben instalar para la realización del programa de Electrificación de Localidades Menores.

Como se ha indicado anteriormente, se plantea la instalación de las siguientes capacidades o tamaños de plantas eléctricas, tanto nuevas como la modificación de grupos existentes, desde el punto de vista de la capacidad.

##### Plantas Nuevas

Módulo I	Iguals o menores de 20 Kw.
Módulo II	De 25 á 35 Kw.
Módulo III	De 36 á 60 Kw.

##### Plantas Modificadas (Gasificación de Grupos Existentes)

Módulo I	Iguals o menores de 20 Kw.
Módulo II	De 25 á 35 Kw.
Módulo III	De 36 á 60 Kw.
Módulo IV	De 65 á 80 Kw.
Módulo V	De 85 á 120 Kw.

Dentro de estos módulos se instalarán plantas con diferentes capacidades (dentro de cada rango), pero con equipos similares o iguales, según sea el caso.

En cuanto a las obras civiles, se plantea uniformar aún más los tamaños modulares a instalarse, con el fin de simplificar los diseños y establecer el menor número de tamaños de edificaciones posibles, para aprovechar el carácter modular de las mismas. Por lo tanto, se plantean los siguientes módulos:

Módulo de Obra Civil	Capacidad Instalada (Kw)	Equivalencia a Módulos De Equipos	
		Nuevos	Existentes
I	20	I	I
II	25 - 60	II,III	II,III
III	65 - 120		IV,V

Los 3 módulos de plantas o micro-centrales de energía que se describen a continuación, se han desarrollado a nivel de Anteproyecto de diseño de obras civiles. Por otro lado, se incluyen especificaciones generales así como un Presupuesto Preliminar por principales partidas para efectos de cuantificar los egresos e incluirlos en la inversión total del estudio.

Se han considerado las siguientes premisas para el diseño seleccionado

La extensión del terreno total a reservarse para la micro-central eléctrica debe considerar espacio suficiente para las necesidades de energía hasta por lo menos el año 2,000 (dentro de la demanda analizada y proyectada), así como áreas para futuras posibles expansiones no previstas. De esta manera, se asegura la permanencia definitiva de la zona seleccionada para generación de energía en

el plan urbanístico a mediano y largo plazo de los centros poblados. Por otro lado, se asignará una zona para la formación de carbón de madera.

- El área total debe considerar zonas techadas y no techadas para tres ó cuatro usos principales:

Procesamiento y tratamiento de madera para uso como combustible en forma de chips y almacenamiento del combustible diesel que se requiera.

Procesamiento y tratamiento de madera para ser transformado a carbón y luego almacenado para ser usado como combustible.

Producción del combustible gasificado (gasógenos), grupo eléctrico, esto es el área de la planta.

Area de servicios : Almacén, oficinas y servicios higiénicos.

El diseño planeado debe ser modular de manera que pueda ampliarse, fácilmente las áreas requeridas para cada uso específico conforme se incrementa el tamaño del módulo.

Las características de diseños, especificaciones técnicas de las obras civiles y materiales a utilizar deberán ser adaptadas a las condiciones de la zona clima tropical, lluvias, etc. Para este efecto, se plantea la utilización de diseños actuales aplicados para plantas convencionales en la zona por ELECTRO ORIENTE, con las requeridas modificaciones.

La ubicación definitiva de cada planta eléctrica en cada poblado deberá ser establecida al momento de la implementación del proyecto, una vez definidos los poblados y considerando las siguientes premisas

Ubicar la planta en un extremo del poblado de preferencia en una zona que impida sea rodeada de asentamientos o urbanizaciones.

La planta o micro-central debe estar cercana al curso de agua - por donde se proveerá de madera, aunque es de gran importancia - que sea en terrenos no inundables todo el año, ésto es en zonas altas.

#### 4.4.1 Terrenos

##### 4.4.1.1 Extensión de los Terrenos Requeridos, Previendo Expansiones Futuras

De acuerdo a los planos IV-1 á IV-6, que se presentan al final, las áreas necesarias para los tres módulos recomendados así como sus respectivas extensiones son las siguientes:

Módulo	Capacidad Instalada (KW)	Medidas Perimétricas Aproximadas (ml)	Area Total (m <sup>2</sup> )
I	20	23 50 X 17.00	400
II	25 - 60	25 50 X 20 50	525
III	65 -120	31.50 X 26.50	835

En todos los casos, los terrenos deberán ser rectangulares, de preferencia planos con ligera pendiente para asegurar una buena eliminación de agua de lluvia por escorrentia y principalmente terrenos con buen drenaje.

Del total de área aproximadamente un 55 % será utilizada para efectuar las construcciones de obras civiles (Area cercada que incluye área techada) y un 45 % del terreno estará reservado para futuras ampliaciones, donde naturalmente se puede incluir la zona de formación de carbón.

##### 4.4.1.2 Accesos, Vías, Caminos, Etc

Como ya se mencionó, el acceso a los terrenos seleccionados deberá ser lo más directo posible a la vía de transporte de los com



bustibles (madera y petróleo diesel); el curso de agua y/o a la carretera, igualmente deberá tener un acceso fácil y directo a las diferentes zonas del poblado y ubicarse en una posición que optimice el tendido de líneas de distribución de la energía.

Para efectos de seguridad, se ha considerado sólo una puerta de acceso a la planta o micro central.

#### 4.4.2 Obras Civiles

##### 4.4.2.1 Planos de las Obras Civiles

Estos planos se han confeccionado a escala 1:50 de los ante proyectos de las obras civiles de los tres módulos, de acuerdo al detalle que se señala a continuación:

Módulos	Capacidad Instalada (KW)	Planta General Plano N°	Cortes y Elevaciones Plano N°
I	20	IV-1	IV-2
II	25 - 60	IV-3	IV-4
III	65 - 120	IV-5	IV-6

En cada módulo se describe el diseño previsto para los distintos ambientes en planta general, cortes y elevaciones principales.

##### 4.4.2.2 Especificaciones Técnicas

###### 4.4.2.2.1 Obras Preliminares

Comprende todas las provisiones que se debe tomar antes del inicio de las obras; se efectuará una limpieza del terreno y trazo de los ejes principales. Este último se hará de acuerdo a plano y a satisfacción del Supervisor.

###### 4.4.2.2.2 Movimiento de Tierras

Las excavaciones serán efectuadas de acuerdo a las dimensiones ejes y niveles establecidos debiéndose tomar todas las debidas -

precauciones para que el fondo de las mismas quede parejo.

Donde sea requerido refine y apisonado, ésto podrá hacerse por medios mecánicos o manuales, pudiéndose utilizar agua sin llegar a formar lodo.

#### 4.4.2.2.3 Obras de Concreto Simple y Concreto Armado

El concreto utilizado tendrá la resistencia especificada en el proyecto. El cemento cumplirá con la especificación Portland tipo I, en cuanto al agua será limpia y libre de elementos extraños, el inerte será arena del lugar debiéndose trabajar con mezclas no muy fluidas.

El curado del concreto se hará por medio de métodos que garanticen permanente humedad para el encofrado se deberá tener presente que éste será rígido, debiendo permitir un correcto alineamiento y buena colocación de los anclajes y refuerzos donde se requiera acero de refuerzo, se utilizará refuerzo grado 60 con resistencia a la fluencia.

En cuanto a las vigas perimetrales y columnas se usará fierro con  $FY = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$  de  $1/4" \phi$  y  $3/8" \phi$  y mortero de  $F_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$  para las columnas y  $F_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ , para las vigas.

Por otro lado para la base del grupo electrógeno se usará concreto con  $F_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  y fierro de  $1/4" \phi$  con  $FY = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

#### 4.4.2.2.4 Muros de Mampostería

Tendrán un espesor de 14 cm., para tal efecto se ha previsto utilizar los bloques de mortero de 10 X 14 X 24, los mismos que serán colocados con un mortero de enlace, relación 1:4, cemento/arena.

La terminación de los muros puede ser caravista 2 lados.

#### 4.4.2.2.5 Estructuras de Madera

Las estructuras de los techos serán del tipo a dos aguas, - con una pendiente aproximada de 20°.

Se ha previsto utilizar madera tornillo, tableada de buena calidad, cortada en las dimensiones indicadas en planos.

Antes de montar las estructuras, se presentarán detalles - de los ensambles para la aprobación del supervisor. Igualmente se - presentará el tratamiento de los nudos clavados. Finalmente la estruc - tura será pintada con petróleo quemado.

#### 4.4.2.2.6 Cobertura de Techos

La cobertura de los techos serán hecha con planchas ondula - ladas de calamina. Las planchas serán colocadas dejando suficiente traslapes (mas o menos 10 cm.), que garanticen impermeabilidad. Asi - mismo, si se usan clavos, éstos serán galvanizados y su colocación no debe permitir el paso del agua.

#### 4.4.2.2.7 Carpintería de Madera

Se refiere a la puertas, la hoja tendrá un espesor no menor de 4 cm., se confeccionara con planchas de triplay lupuna de 4 mm. de espesor; el marco es simple para la terminación se utilizará barniz - natural corriente, la cerrajería será galvanizada, nacional, chapa de perilla de un golpe, tipo alfa o similar.

En cuanto a las ventanas, éstas irán con malla tipo mosqui - tero a la altura de las vigas y a toda la periferia de la consturc - ción.

#### 4.4.2.2.8 Carpintería Metálica

La carpintería metálica tiene 2 materiales predominantes : perfil angular en los bastidores y malla olímpica galvanizada en el interior. La malla olímpica es tejida de 2" de cocada y alambre calibre 10.

Excepto la malla, todos los materiales serán pintados con anti - oxidante y 2 manos de acabado con pintura tipo Excellor o similar.

#### 4.4.2.2.9 Desagüe Pluvial

Se ha previsto 2 líneas de canaletas, una a cada lado del edificio principal, las cuales integran a tuberías bajantes para descargar directamente a la canaleta de mortero de 0.25 X 0.25 m.

Las canaletas colectoras son semicirculares de 8" de diámetro y las bajantes tuberías de 4" de diámetro. Ambas son hechas con plancha galvanizada de 1/64". La canaleta colectora llevará una pendiente de de 1 %.

#### 4.4.2.2.10 Obras Sanitarias

Las tuberías dempotradas para agua y desagüe serán de PVC, debiendo ser probadas antes de su colocación.

Los aparatos serán de losa blanca, nacionales de segunda-inodoro con tapa de plástico; accesorios no cromados o excepción de la ducha de una llave.

#### 4.4.2.2.11 Alumbrado y Tomacorrientes

Comprende de tuberías de PVC sujetos a las estructuras - con abrazaderas de plástico o metálicas; cajas y centros metálicos - galvanizados, se incluye el cableado, interruptores, caja de fusibles y del tipo cuchilla.

#### 4.4.2.3 Presupuesto Preliminar de Obras Civiles

En los cuadros IV - 57 al IV - 59, se presentan los presupuestos preliminares de las obras civiles, requeridas para cada módulo

1 Los montos estimados ascienden a :

<u>MODULO</u>	<u>CAPACIDAD INSTALADA (KW)</u>	<u>MONTO (INTIS)</u>
I	20	480,315 57
II	25 - 60	575,003 54
III	65 - 120	730,155 96

Estos presupuestos se refieren a costos de Iquitos en Diciembre de 1987

#### 4.4.2.4 Presupuesto de Materiales, Gastos de Instalación :

##### Redes Eléctricas de Distribución Típicas

En el cuadro IV - 60, se presentan los requerimientos y - costos de equipos para las redes de distribución, para 20, 35 y 60 - KW, así como el costo de instalación que corresponde a obras eléctricas a ser efectuadas en los pueblos a los que se les favorecerá con el programa de electrificación.

#### 4.4.3 Problemas Especiales Previsibles en la Construcción

El plan de implementación del estudio deberá considerar - las especiales características de clima, vegetación y pluviosidad - en el proceso de instalación de los módulos eléctricos. Para esto, - el cronograma de implementación por módulo ya contiene las holguras - suficientes para contrarrestar los efectos de lluvias, crecientes y vaciantes de los ríos y demás imprevisibles.

Igualmente, se han considerado los tiempos suficientes para la demora de fábrica en entrega de los equipos y en la recepción - y transporte de los mismos a las localidades seleccionadas.

#### 4.5 Cronograma de Implementación del Programa de Electrificación

Considerando los argumentos expuestos en el Capítulo de tamaño del estudio así como en función a criterios de inversión necesaria, financiamiento y provisión de materiales y equipos para la puesta en marcha del programa de electrificación, se plantea que la ejecución del mismo sea en un periodo de cinco años calendario para considerar la electrificación a base de generación no convencional de energía (gasógenos de sistema dual-fuel) de 61 poblados menores y a la vez, la transformación de los grupos electrógenos que actualmente existen en las 68 localidades incluidas en el área de influencia del estudio, con infraestructura eléctrica.

Los cuadros IV - 61 y IV - 62 contienen un ejercicio de priorización y categorización de los poblados a ser considerados en el programa de electrificación rural del total de más de 250 localidades estudiadas, clasificados por año de instalación y capacidad de los módulos.

Esta priorización ha sido efectuada a base de la distribución en el tiempo y por tamaños, considerando una equiparidad de pueblos beneficiados por Provincias y cierto orden de distribución espacial.

Debe indicarse que de ninguna manera, se trata de una priorización definitiva e inamovible y la selección definitiva de los mismos, corresponderá a la Unidad Ejecutora al momento de llevar adelante el Proyecto.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que la implementación de los módulos deberá ser proporcional cada año, en este caso, para efectos de evaluación del estudio se ha utilizado un ritmo de instalación de :

12 á 13 módulos por año

- 21 módulos modificados, los 2 primeros años y 11, 17 y 16 los -  
tres años restantes.

## CAPITULO 5

### INVERSIONES

#### 5.1 Composición de la Inversión Total

La inversión total del futuro proyecto asciende a I/. 308'697, 204, equivalente a US\$ 9'354,461 a la tasa de cambio oficial vigente a la fecha en el mercado nacional. Dicho monto será desembolsado en un periodo de 5 años correspondiendo I/. 76'234,615 ó 25 % al primer año. Los desembolsos anuales se han estimado en función del cronograma de implementación del proyecto propuesto en el Capítulo 4, que considera para el primer año la instalación de once (11) sistemas completos de generación, vía gasificadores y la modificación de 15 grupos existentes a sistemas modificados. Los cálculos han sido realizados en Intia, considerándose para el caso de inversiones en moneda extranjera - la tasa de cambio oficial vigente de 1 US\$ = I/. 33.00.

El Cuadro V-1 muestra la inversión total anual requerida, clasificada en sus principales componentes Inversión Fija y Capital de Trabajo, que se analizan a continuación. Se observa que la mayor inversión es un Activo Fijo, siendo relativamente baja la inversión en activo intangible y en capital de trabajo.

Los montos totales de inversión requeridos son relativamente altos, debido al costo de los equipos y al gran número de generadores existentes que deben adaptarse al sistema de gasificación. De no obtenerse el financiamiento necesario se recomienda extender a 10 años el periodo de implementación del proyecto, con lo que la inversión en el



primer año se reduce a I/ 38'396,563 ó US\$ 1'163,532.

La inversión anual para esta alternativa se muestra en el Cuadro V-2. Sin embargo, para fines del estudio el análisis se realiza sobre la base de cinco años de implementación. Se observa que en los dos últimos años la inversión se reduce a I/ 28'092,030.

#### 5 1.1 Inversión Fija

La Inversión Fija Total alcanza a I/ 302'693,036, correspondiendo el 25 % al año 1, 19 % al año 2; 17.5 % al año 3; 20.5 % al año 4 y 18 % al año 5. Esta inversión está formada por el Activo Intangible.

#### 5 1.1.1 Activos Fijos

El Cuadro V-3 resume la inversión total en Activo Fijo por año y por Provincias desagregada en la inversión requerida para plantas completas y para adaptar los grupos existentes. La inversión total en activo fijo asciende a I/ 279'255,609 ó US\$ 8'462,291 el 60% de este total corresponde a la adquisición de plantas completas y el 40 % a la modificación de los grupos actuales.

La inversión en activo fijo para el año 1 asciende a I/ 69'697,326 que representa el 25 % del total de activo fijo y el mayor monto invertido en los años de implementación del proyecto. Esta inversión ha sido estimada considerando el cronograma de implementación, la prioridad otorgada a cada centro poblado y la inversión por cada tipo de módulo o tamaño de planta.

#### 5 1.1 1.1 Inversión en Plantas Completas

Las Plantas completas se refieren a los sistemas integrales de gasificación que serán instalados en las 61 localidades que

actualmente no cuentan con el servicio de electricidad y que han si do prioritizadas en el Capítulo de Localización y Tamaño.

En el Cuadro (V-4) se muestra la inversión por módulo en activo fijo que requieren los tres tipos de módulos seleccionados. El módulo I corresponde a plantas de hasta 20 KW y requiere una inversión I/ 2'342 777.57 ó US\$ 70,993 en activo fijo. Esta inversión pasa a I/ 4'092 908.08 (US\$ 124,028) para el módulo II (25 - 35 KW) y a I/ 5'037,651.54 (US\$ 115,656) para el módulo III (35-60 KW).

La mayor inversión corresponde al rubro de Maquinaria y Equipo que representa el 39 % del total de activo fijo en el caso del módulo I, para los módulos II y III el rubro instalación de redes eléctricas sobresalen con 36 % y 53 % respectivamente, se aprecia asimismo, otro rubro importante el de obras civiles. No se ha considerado inversión en terrenos debido a que se considera que éstos serán aportados por cada localidad. Las inversiones han sido estimadas en función de las especificaciones técnicas detalladas en el Capítulo 4.

El Cuadro (V-5) muestra el detalle de las inversiones en e quipamiento requeridas para instalar sistemas integrales de gasificación, clasificadas por módulo. La mayor inversión se destina a la adquisición del gasificador y del grupo electrógeno, inversión que debe realizarse en Moneda Extranjera y que asciende a US\$ 27,518 para el módulo I, US\$ 41 278 para el II y US\$ 51,440 para el III, incluyendo el traslado hasta el Puerto de Iquitos (CIF Iquitos). La inversión en equipo menor es poco significativa y se realiza en moneda nacional, ya que se trata de herramientas y equipos pequeños de fabricación local.

En total la inversión en equipos llega a I/ 1'007,960 para

el módulo I, a I/ 1°463,313 para el II y a I/ 1°801,132 para el III (Cuadro V-5).

El Cuadro V-6 muestra los gastos de instalación para redes eléctricas, por tipo de módulo. Estos gastos ascienden a I/ 854, - 502 para el módulo de 20 KW, a I/ 1°479,588 para el de 35 KW y a I/ 2°661,516 para el de 60 KW

### 5. 1.1.2 Modificación de Plantas Existentes

La modificación de plantas existentes se refiere a la adaptación de los grupos electrógenos convencionales al sistema de generación de energía por gasificación, a través de la biomasa. Esta modificación se recomienda con la finalidad de reducir los costos operativos cuyos altos niveles a la fecha impiden proporcionar un servicio continuado y permanente especialmente en las localidades más pequeñas, cuyas poblaciones cuentan con ingresos reducidos

El Cuadro (V-7) muestra la inversión en activos fijos requerida para adaptar los grupos existentes por tipo de módulo. Se observa que los mayores montos se destinan a la adquisición de maquinaria y equipos y al acondicionamiento y ampliación de redes eléctricas.

Teniendo en cuenta los grupos existentes y la máxima demanda estimada para las localidades respectivas para el año 2000, se ha considerado la modificación de los grupos que se muestran en el Cuadro V-8, en donde se incluye el tipo de módulo o gasificador que se recomienda utilizar. Algunas localidades cuentan con más de un grupo pero sólo se modificarán aquellos que permitan cubrir la demanda de sus localidades en el año 2000, por lo que en total se necesitará

adaptar 68 grupos que corresponden a 68 localidades.

El Cuadro V-7 contiene estimados de la inversión en obras civiles y acondicionamiento y ampliación de redes eléctricas, considerándose una inversión equivalente al 30 % de la inversión nueva en obras civiles y al 20 % en redes eléctricas. Esto ha sido calculado directamente en los módulos I al III y por analogía directa (proyección de los costos de redes eléctricas, en función de la capacidad de las plantas) para los restantes módulos de mayor capacidad. Estos porcentajes se basan en una evaluación de la infraestructura existente realizada.

La inversión en maquinaria y equipo por cada tipo de módulo se muestra en el Cuadro V-9, observándose que al igual que para las plantas nuevas el mayor monto se destina a la adquisición del equipo mayor que en este caso sólo son gasificadores, siendo poco significativa la inversión en herramientas y equipo menor. Si se compara este cuadro con el V-5, se observa que existe una diferencia significativa entre la inversión requerida para un módulo nuevo y para adaptar un equipo de potencia similar, que alcanza los I/. 648,615 - (US\$ 19,655) en el caso del módulo de hasta 20 KW. Estas cifras muestran la importancia desde el punto de vista de la inversión de adaptar los equipos existentes al sistema de gasificación.

Las inversiones totales en activo fijo por provincias para los cinco años de implementación del proyecto mostrados en el Cuadro V-3, se basan en los montos de inversión por módulo y el número de módulos por instalar que se muestra en el Cuadro V-10 para el caso de las plantas nuevas y en el Cuadro V-11 para la gasificación de plantas actuales. En total se instalarán 61 nuevos módulos de los

cuales el 77 % son del tipo I, el 19.6 % del II y sólo el 3.4 % del III. El total de módulos a instalar en cada provincia es similar, con excepción de Ramón Castilla y Maynas en donde se han programado sólo 5 y 12 respectivamente, comparado con 12 para Requena y Ucayali, y 9 para Alto Amazonas y Loreto.

#### 5.1.1.1.3 Inversión en Obras Civiles

El Cuadro V-12 muestra la inversión en Obras Civiles por módulo, estimada en función de las especificaciones técnicas detalladas en el Capítulo 4.

#### 5.1.1.2 Activo Intangible

El Activo Intangible Total, asciende a I/. 23°437,427 y está formado por la inversión en el estudio de factibilidad, los gastos pre-operativos y el transporte de los equipos desde Iquitos hasta las localidades seleccionadas. En cuanto al estudio de factibilidad se ha considerado el 0.2 % del activo fijo.

Los gastos pre-operativos se refieren a los gastos de la Unidad Ejecutora que estará a cargo de la implementación del proyecto. Totalizan I/. 4°055,783 por año y se desagregan de acuerdo a lo detallado en el Capítulo de Organización en :

- Remuneraciones	:	I/. 3°248,743
- Comunicaciones	:	30,840
- Viáticos	:	576,000
- Movilidad Personal al interior	:	156,000
- Movilidad en Iquitos	:	15,600
- Gastos de Oficina	:	15,600
- Imprevistos	:	13,000

Los gastos de transporte local se refieren al transporte

de equipos, materiales e insumos desde Iquitos hasta las diversas localidades que serán beneficiadas por el proyecto. Se ha considerado que se alquilará una chata dos veces al año para transportar todo lo necesario en un semestre. El tiempo promedio de cada viaje se estima en 20 días y el alquiler actual de una chata de 600 TM de capacidad es de I/. 11,500 por día, estimándose en I/. 13,000 diarios si se incluyen los gastos de carga y descarga. Por tanto, los gastos en este rubro ascienden a I/. 520,000/año.

### 5.1.2 Capital de Trabajo

El Cuadro (V-13) muestra el Capital de Trabajo requerido - para iniciar las operaciones de las plantas programadas, estimado en base a los costos operativos de los mismos. Se considera un monto suficiente para cubrir los costos operativos de los tres primeros meses de operación, que servirán de prueba para los grupos.

### 5.1.3 Reinversiones

El Cuadro (V-14) muestra el monto de las reinversiones por tipo de módulo que se realizarán durante los 10 primeros años de operación de los módulos, tanto para las plantas completas como para la gasificación de plantas actuales. Estos montos se basan en el tiempo de vida útil estimado para los equipos, que es de 5 años para el bote de madera, motosierra y maletín de herramientas y 2 años para otros equipos menores (picos, palas, hachas, machetes).

El Cuadro V - 15, muestra el total de reinversiones por tipo de módulo para los diez primeros años, pasándose de I/. 218,910 en el año 3 a I/. 2'159,459 en el 10. Debe mencionarse que dentro de los costos se está considerando sólo la depreciación del equipo menor. El tiempo de vida de los gasificadores y generadores es teó

ricamente 10 años, pero puede ser mayor si se les proporciona un mantenimiento adecuado. Estos costos no se incluyen en los costos locales por el carácter social del proyecto y porque se considera que los grupos serán donados a cada localidad.

## CAPITULO 6

### ANALISIS DE COSTOS E INGRESOS

Este capítulo presenta un análisis de costos por módulo tanto para las plantas completas como para la gasificación de plantas actuales. Los costos han sido estimados en función de los requerimientos que se presentan en el Capítulo 4, para las diferentes capacidades de planta (módulos). Para el cálculo de costos se ha considerado un promedio de 80 % de utilización del equipo y una operación diaria de los grupos de cinco horas, así como el precio de combustibles y lubricantes en la ciudad de Iquitos, productos cuyos precios en cada una de las localidades seleccionadas varía en función del costo del transporte.

#### 6.1 Presupuesto de Costos de Operación y Mantenimiento

##### 6.1.1 Materia Prima

En el Capítulo 4 se presentan los requerimientos de madera en troncos para las diferentes capacidades de planta, insumo que no ha sido costado por tratarse de un recurso abundante disponible en los bosques de las localidades seleccionadas, a pesar de que existen ciertos controles para su uso. La extracción forestal estaría destinada para el consumo directo de las plantas de electrificación. Esta es una de las razones por la que se está recomendando este tipo de generación de energía. Sin embargo, es importante coordinar con las entidades encargadas del Control Forestal para que la extracción se rea



lice de acuerdo a las normas existentes, para la preservación del recurso forestal y evitar la depredación de los bosques. El costo de esta materia prima estaría dado por el costo de la mano de obra que se requiere para obtenerla y que se detalla más adelante.

#### 6.1.2 Combustibles y Lubricantes

Es un costo significativo en las plantas con capacidades mayores a 20 KW, representando el 16 % de una planta de 35 KW y el 18% de una planta de 60 KW. Los costos de combustibles y lubricantes se presentan en el Cuadro (VI - 1) y se han calculado de acuerdo a los requerimientos para los diferentes equipos que se presentan en el Capítulo 4. Para efectos del cálculo de los combustibles y lubricantes se ha considerado un promedio de 80 % de utilización del equipo, cinco horas diarias de producción y 365 días al año. Se asume que el mantenimiento se proporcionará durante las horas de no utilización.

El motor seleccionado para los módulos de hasta 20 KW de potencia no requiere combustibles ya que es tipo gasolinero que se alimentará con el gas pobre producido por el gasificador, requiriéndose combustibles y lubricantes para los equipos adicionales, de allí la relativamente baja representatividad de este rubro (9.00 %) dentro del total de Costos que se muestra en el Cuadro VI-6. Contrariamente, en las plantas con capacidades mayores a 20 KW cuyos motores trabaja-rán con el sistema dual-fuel, el rubro combustibles y lubricantes es significativo, 16 % en el módulo II y 18 % en el III.

En el Cuadro VI - 1, se presenta el presupuesto de costos de combustibles y lubricantes para los 5 módulos analizados; tal como se puede apreciar el costo más importante es el de Diesel que representa el 40 % del costo total de combustibles y lubricantes en plantas de

una potencia de hasta 35 KW.

Se han considerado los siguientes precios en Iquitos:

<u>Combustible</u>	<u>I/galón</u>
Diesel	14.00
Gasolina	26.50
Lubricantes	211.20

### 6.1.3 Depreciación, Método y Valor

La depreciación del activo fijo según rangos de potencia se presenta en el Cuadro (VI - 2), se ha considerado sólo la depreciación para los equipos menores. Es importante mencionar que en el Cuadro - indicado sólo se presenta la depreciación para el primer año, ha sido estimada por el método de la línea recta, de acuerdo a las siguientes tasas:

Bote de madera	20 %
Motor peque-peque	10 %
Motosierra	20 %
Otros equipos	50 %
Maletín de herramientas	20 %

No se considera la depreciación de los equipos mayores como un costo para el proyecto, pues estos equipos serán donados a las localidades por la Unidad Ejecutora y para evitar que las tarifas resulten demasiado altas.

### 6.1.4 Requerimientos de Mano de Obra; Presupuesto de Mano de Obra

El Cuadro (VI - 3), presenta los costos de mano de obra calificada y no calificada para los diferentes rangos de potencia analizados. Tal como se puede apreciar la única mano de obra permanente - corresponde al del operador del Grupo Electrónico y Gasificador quien

será un operario calificado (mecánico), la mano de obra restante será eventual. Estos cálculos se han realizado de acuerdo a los requerimientos de mano de obra que se presentan en el Capítulo 4 y la escala de remuneraciones que se presenta en el Capítulo de Organización. — (Cap. 7).

Para efectos del proyecto se ha costeado toda la mano de obra requerida, pudiendo reducirse este costo si se logra que la Comunidad aporte la mano de obra no calificada lo que redundaría en un beneficio para los propios pobladores. Se han estimado un 24.33 % de beneficios sociales, desagregado de la siguiente manera: Seguro Social del Perú 6 %, Sistema Nacional de Pensiones 6 %, FONAVI 4 % y Vacaciones 8.33 %.

#### 6.1.5 Mantenimiento y Reparaciones

En los Cuadros VI-4 y VI-5, se presentan los costos de mantenimiento y reparaciones, tanto para las plantas completas como para la gasificación de las plantas actuales. Los costos que se presentan en los referidos cuadros son para dos años. Se han considerado los siguientes porcentajes sobre el valor de la inversión:

Equipo	%
Gasificador y Grupo Electrónico	10 - 11
Peque - Peque	4
Motosierra	1

#### 6.1.6 Reserva para Indemnización

Se ha estimado el 8.33 % de la mano de obra permanente. Así el costo asciende a I/. 3,299.

#### 6.1.7 Costos Fijos y Variables - Plantas Completas

El monto total correspondiente a costos anuales por módulo

para plantas completas se presenta en el Cuadro VI-6. Dichos costos han sido clasificados en costos fijos y variables. Los costos fijos prácticamente no dependen del volumen de producción, mientras que los variables están en función directa de los mismos. Se puede apreciar que en los módulos de 20 KW los costos fijos representan el 45 % de los costos totales y los variables el 55 % del costo total, más o menos se mantiene esta proporción para los módulos de 35 KW y 60 KW. El costo más importante es la mano de obra que varía de un 45 % del costo total en un módulo de 20 KW a un 37 % en un módulo de 60 KW, es importante mencionar que es posible reducir este costo, al lograr que la Comunidad aporte la mano de obra no calificada.

Asimismo, se han obtenido los costos unitarios en intis por Kilowat-hora, cuyos niveles son más bajos que los costos unitarios de una planta convencional que se presentan en el Cuadro VI-7 mostrando la conveniencia de la alternativa de gasificación en términos de costos operativos.

La principal diferencia en las dos alternativas analizadas es el combustible Diesel :

CONCEPTO	CAPACIDAD PLANTA (KW)	
	35 KW	60 KW
Planta Completa (Gasificación)	894	1533
Planta Convencional	5840	7300

Esto permite deducir que una planta de generación de energía por medio de la gasificación requiere un 15 % a 20 % del combustible que necesitaría una planta convencional.

Es importante mencionar que en los costos de una planta con

vencional, el más importante es el de combustibles y lubricantes que representa el 35 % en una planta de 20 KW, el 40 % en plantas de 35 KW y 42 % en plantas de 60 KW. Para el cálculo del combustible Diesel se ha considerado los siguientes requerimientos:

Motor 20 KW	2.25 gal/hora (Perkins)
Motor 35 KW	3.2 gal/hora (Caterpillar)
Motor 60 KW	4.0 gal/hora (Caterpillar)

Estimándose un promedio de 5 horas de utilización por 365 días al año

#### 6.1.8 Costos Fijos y Variables. Gasificación de Plantas Actuales

En el Cuadro VI-8, se presenta el desagregado de costos por módulo para la gasificación de plantas actuales. Tal como se puede apreciar en todos los módulos el costo más representativo es la mano de obra directa.

En este cuadro también se presentan los costos unitarios - que varían de I/. 3.20/KW-h en los módulos de 20 KW a I/. 2.5 - I/. 1.7/KW-h en los módulos de 85 á 120 KW.

Finalmente, es importante que estos costos se han estimado a base de supuestos que determinan una situación que se espera lograr en el año 2000 en relación al uso de la capacidad instalada, ya que el tamaño de los grupos ha sido dimensionado considerando cubrir la demanda esperada para dichos año. Asimismo se ha considerado una utilización promedio de 5 horas diarias, pero ésta podrá aumentarse si es necesario incrementando solamente el costo del combustible.

#### 6.2 Análisis de Alternativas de Fijación de Tarifas

En el Perú no existen experiencias en la producción de energía no-convencional, con excepción de algunas pruebas que se están -

realizando en el Departamento de Ucayali. Por tanto, no existen ta rifas que puedan servir de base para el presente estudio. Sin embar- go, es importante considerar las tarifas vigentes para la energía con vencional así como las regulaciones existentes en términos de energía para ubicar los niveles tarifarios propuestos dentro de un contexto - real y legalmente factible.

#### 6.2.1 Sistema Vigente a la Fecha

Las tarifas de venta de energía eléctrica están reguladas - por la Comisión Reguladora de Tarifas Eléctricas y se establecen para las principales localidades del país, clasificadas por tipo de tarifa. El Departamento de Loreto está incluido en los pliegos III y IV para los cuales las tarifas domiciliarias son:

N° 20, social hasta 30 KW-mes de consumo, I/. 8.5629 por mes

N° 21, a medidor, de I/. 0.7073/KW-hora a I/. 1.6013/KW-hora

Las tarifas comerciales e industriales fluctúan entre I/.121.052/KW - mes a I/. 1.005.92 por KW-mes.

Estas tarifas no cubren los costos de producción y Electro - Oriente recibe una transferencia de dinero basada en la Ley del Fondo de Compensaciones para reducir las pérdidas que obtiene, como se men- cionó en capítulos anteriores.

En las localidades en donde el servicio eléctrico es adminis- trado por los Municipios o por Juntas de Vecinos, las tarifas son sim bólicas en muchos casos y no cubren los costos, impidiendo ofrecer un servicio continuo.

De lo anterior se deduce que en ningún caso las tarifas cu bren los costos de producción y se basan en consideraciones económico

sociales, es decir al ser un servicio para la población se cobra en función de las posibilidades económica (ingresos) de los usuarios. Las localidades administradas por Electro-Oriente reciben transferencias de donde se obtienen ganancias y las otras de los Municipios locales. En síntesis, en todos los casos en el Departamento de Loreto se tiene una tarifa subsidiada.

#### 6.2.2 Tipos de Demanda de la Zona

Las localidades seleccionadas para electrificar cuentan actualmente con poblaciones relativamente bajas, con ingresos muy reducidos y con bajo desarrollo relativo pero que presentan potencialidades que podrían desarrollarse con la ayuda de la energía, de allí la importancia del presente estudio. En la mayoría de las localidades seleccionadas las actividades agrícola y forestal son las más importantes y podrían desarrollarse a mayor escala. En consecuencia, se considera que la mayor demanda será del sector domiciliario existiendo una demanda comercial pequeña pero en continuo crecimiento. Sólo los poblados de poblaciones mayores a 1,000 habitantes tendrán una demanda industrial menor.

No se considera que existen horas-punta por el tipo de población beneficiada. Se ha estimado que se ofrecerá servicio durante 5 horas diarias (6 - 11 pm) y de existir una demanda especial del sector industrial puede abastecerse operando el grupo en el tiempo requerido lo que no afectará el abastecimiento a domicilios.

#### 6.2.3 Alternativas Existentes para la Fijación de Tarifas

Las tarifas a aplicar están directamente relacionadas con la entidad o entidades que se encargarán de la administración de los grupos. Si éstos son administrados por Electro-Oriente es proba -

ble que se aplique el sistema establecido a nivel nacional mediante - el cual en determinadas zonas las tarifas no cubren los costos de producción, recibiendo un subsidio a través del Fondo de Compensaciones, de las zonas que obtienen utilidades debido a los diferentes sistemas de generación de energía existentes.

Si la administración se encarga a los Municipios locales, las tarifas dependerán de los ingresos que puedan obtener para cubrir los costos operativos y de esta forma ofrecer un servicio continuo. Si - los Municipios pueden derivar otros ingresos a los costos energéticos, entonces se podrá otorgar un subsidio cobrando tarifas menores; de lo contrario será necesario utilizar los costos de producción como base para el establecimiento de tarifas. En este caso será necesario de - terminar el tipo de costos que se deben cubrir: directos o totales.

Dada la situación socio-económica de la zona, con poblaciones con ingresos muy reducidos y Municipios bastante pobres y considerando que se recomienda encargar a los Municipios o a una Junta de Vecinos la administración de los grupos y que se debe ofrecer un servicio permanente e ininterrumpido durante 5 horas diarias, se recomienda establecer las tarifas sobre la base de costos directos pero sin incluir la depreciación del equipo mayor, lo que se considerará una - donación de la Unidad Ejecutora a las localidades, con un largo tiempo de vida cuya reposición estará a cargo de los Gobiernos locales - futuros, que se beneficiarán con el desarrollo que conlleva la existencia del servicio eléctrico. Bajo estas consideraciones las tarifas a cobrar deberán cubrir los costos directos que se muestran en el

Cuadro VI-6

Estas tarifas se pueden reducir si se logra una participa -



ción activa de la población y con un aporte de la mano de obra para todas las actividades que no requieran una calificación especial como son: tala y obtención de madera, manipuleo, corte, etc

Es importante indicar que se ha realizado coordinaciones con la Sección Cobranzas de Electro-Oriente, manifestando el Ingeniero que no existe experiencia en energía no-convencional pero que la tendencia actual es establecer servicios que sean financieramente autosuficientes para eliminar los subsidios existente. Es decir, se recomienda establecer tarifas que cubran los costos de producción. Esta recomendación se ha tomado en cuenta para el presente Estudio.

## CAPITULO 7

### ORGANIZACION Y ADMINISTRACION

Este capítulo consta de dos grandes secciones. La primera - relacionada con los aspectos organizativos y administrativos para la implementación del proyecto y la segunda se refiere a los mismos aspectos, pero relacionados con la operación del mismo; es decir a partir de la puesta en marcha de las unidades de generación de energía.

#### 7.1 Periodo de Implementación del Proyecto

##### 7.1.1 Introducción

Al observar el estado energético básicamente, en el área rural del Departamento se comprende el esfuerzo que realizó la CORDE - LOR, tal como se explicó anteriormente, en tal sentido se pudiera asignar a esta Entidad la ejecución del Programa de Electrificación propuesta en el presente estudio como continuación a su labor truncada desde el año de 1985. Teniendo en cuenta que la CORDELOR cumple con su rol de Entidad Departamental promotora del desarrollo, ya que la energía es un elemento fundamental en el desarrollo de los pueblos precisamente.

Por lo tanto, para el logro de este objetivo básico, CORDELOR deberá contar con la participación estrecha y coordinada de diversas instituciones del Estado y con los propios beneficiarios (tanto a título individual como de manera asociativa), quienes deberán participar - junto con CORDELOR - en la ejecución y operación del Plan.

Para la ejecución o implementación del proyecto, se propone crear un organismo especial denominado Unidad Ejecutora del Proyecto, cuyas características y funciones se definen a continuación.

#### 7.1.2 Unidad Ejecutora

##### 7.1.2.1 Características de la Unidad Ejecutora

Se contempla la creación de un Organismo Especial que se encargue de la total implementación del Programa de Electrificación de Localidades Menores de Loreto. Se plantea un organismo con las características siguientes:

- Dependiente de CORDELOR pero con autonomía financiera y ejecutiva para que las acciones se ejecuten en el momento adecuado, evitando retrasos por trámites administrativos innecesarios.
- Con carácter temporal, es decir con un tiempo de vida definido por los plazos requeridos para la implementación del Programa.

Las actividades de este organismo se agrupan en dos etapas:

- La primera etapa comprende los trámites y gestiones necesarios para la implementación del Programa que incluye la obtención del financiamiento requerido, coordinación con los municipios respectivos y/o asociaciones de pobladores para promocionar el Programa y asegurar la participación efectiva de los mismos.
- La segunda etapa está referida a la implementación del Programa. Sus acciones se dirigen a la instalación de los equipos, capacitación del personal que operará los mismos, prueba y puesta en marcha.

Las actividades de este organismo cesarán cuando todos los centros poblados seleccionados cuenten con el servicio de energía, en un plazo de cinco años.

### 7.1.2.2 Organización

El Gráfico VII - 1, muestra el Organigrama propuesto para la Unidad Ejecutora del Programa de Electrificación Rural.

#### 7.1.2.2.1 Consejo Directivo

El Organismo Superior de la Unidad Ejecutora es el Consejo Directivo formado por 5 miembros representantes de :

- Corporación Departamental de Desarrollo de Loreto, CORDELORETO(2)
- Ministerio de Energía y Minas (1)
- ELECTROPERU (1)
- ELECTRO-ORIENTE (1)
- Consejo Provincial de Maynas (1)

Este Consejo será presidido por uno de los representantes de CORDELORETO y se reunirá una vez al mes, en un inicio, y posteriormente cada 15 días y se encargará de :

- Establecer la política general de promoción e implementación del Programa.
- Obtener y aprobar un Programa de Financiamiento
- Establecer los mecanismos de las actividades de la Unidad Ejecutora.

#### 7.1.2.2.2 Dirección Ejecutiva

Encargada de la Gerencia de la Unidad Ejecutora del Programa, a cargo de un Gerente General que deberá nombrarse desde el establecimiento de dicha Unidad y que se encargará específicamente del logro de los objetivos y metas establecidas para el Programa de Electrificación Rural. En este sentido será el responsable de :

- Obtener y canalizar adecuadamente las líneas de crédito que financiarán el Programa.
- Coordinar y controlar la implementación del Programa
- Revisar el Programa de Implementación y realizar reajustes en caso-

necesario.

- Resolver los problemas técnicos que pudieran surgir en el proceso de implementación.
- Establecer los mecanismos de control para lograr altos niveles de eficiencia y eficacia en la implementación del Programa.

#### 7.1.2.2.3 Administración y Personal

Encargado de la administración, contabilidad y aspectos contables de la Unidad Ejecutora. Es una división de apoyo. Estaría formada por un Jefe de División y un Asistente.

#### 7.1.2.2.4 Asesoría Legal

Se programa la contratación de un Asesor Legal a tiempo parcial.

#### 7.1.2.2.5 División de Compras y Logística

Encargada de la adquisición de equipos, materiales e insumos requeridos para implementar el proyecto. Estas compras se harán en función de un Programa de Compras que deberá elaborar la división técnica, debiendo establecer los niveles de inventarios adecuados para evitar retrasos, tanto en las obras civiles como en la puesta en marcha de los módulos. Esta división estará dotada de 1 jefe con experiencia en logística y 2 asistentes, así como de un despachador que se encargue de los arreglos necesarios para el embarque de materiales y equipos a los diversos centros poblados seleccionados.

#### 7.1.2.2.6 División Técnica

Encargada de los aspectos técnicos de la implementación del Proyecto, las funciones específicas son:

- Elaborar las especificaciones técnicas de los equipos y diseños defi

nitivos.

- Determinar la localización final de los módulos para lo cual se deberán realizar los estudios topográficos respectivos.
- Realizar el tendido de las redes eléctricas.
- Dirigir las Obras Civiles.
- Elaborar el Programa de Adquisiciones de Equipos, Insumos y Materiales.
- Realizar las pruebas y puesta en marcha del Sistema.

Esta División estará a cargo de un Ingeniero Mecánico-Electricista apoyado por dos Ingenieros Civiles, un Topógrafo y un Maestro de Obras. Los obreros albañiles se contratarán en cada centro poblado.

#### 7.1.2.2.7 División de Extensión y Capacitación

A cargo de un Extensionista capacitado en el manejo y mantenimiento de los equipos, apoyado por un Asistente. Las funciones de la División son:

- Capacitar al personal en la operación y mantenimiento de equipos.
- Promocionar el Proyecto.
- Promover la participación de los pobladores para apoyar la implementación y colaborar con la operación del Sistema.

Es importante mencionar que los costos operativos se pueden reducir si se logra la participación de vecinos para que en forma rotativa colaboren aportando la mano de obra que se necesita, especialmente en el manejo del recurso madera.

#### 7.1.2.3 Remuneraciones

En el Cuadro VII - 1, se presentan los requerimientos de per

sonal, calificación de los mismos y niveles remunerativos propuestos, lo cuales están en relación con las tasas salariales vigentes en la zona. De acuerdo a esto, el costo anual del personal que requiere la Unidad Ejecutora del Proyecto es I/. 3'248,743 incluidos los beneficios sociales, como se muestra en el Cuadro VII - 2.

#### 7.1.2.4 Otros Gastos de la Unidad Ejecutora

Se considera que la Unidad Ejecutora del Proyecto podría establecerse en las instalaciones de CORDELOP principal Entidad promotora regional, por lo que no se consideran gastos por local. Los gastos adicionales a Remuneraciones se estiman en :

- Comunicaciones (Teléfono, Telex) I/. 2,570/mes, I/. 30,840/año
- Viáticos, I/. 400 por día, 240 ds/año/persona X 6 personas año:  
I/. 576,000/año.
- Movilidad del personal al interior, I/. 156,000/año
- Movilidad en Iquitos, I/. 15,600/año
- Gastos de Oficina, I/. 15,600/año
- Imprevistos, I/. 13,000/año

#### 7.2 Administración Local del Sistema

En el diagnóstico se determinó que en la generalidad de los centros poblados pequeños, los grupos electrógenos son administrados por el Municipio de la Localidad, por una Junta de Vecinos o por un Comité establecido especialmente para dichos fin. Con esto se reducen los costos operativos pero no existen personal capacitado para operar los grupos electrógenos y menos para proporcionarles el mantenimiento adecuado.

El Cuadro VII - 3, muestra los requerimientos de mano de obra directa para operar cada tipo de módulo estimado de acuerdo a

las especificaciones técnicas detalladas en el Capítulo 4. Incluye la mano de obra que se utilizará desde la etapa de obtención de la madera hasta la operación propia de los equipos. Para este personal se ha establecido la escala de remuneraciones que se muestra en el Cuadro VII - 4. Se requiere mano de obra calificada para operar los equipos y mano de obra no calificada para apoyar en las diversas actividades del proceso.

Sin embargo, con un adecuado Programa de Capacitación a los pobladores se puede lograr la participación de los mismos en forma rotativa y de esta forma reducir los costos de producción y como consecuencia lograr menores tarifas para los usuarios. Es importante promover este tipo de participación especialmente en las localidades más pequeñas con poblaciones con bajos ingresos para lograr un servicio continuado, evitando paralizaciones por falta de recursos financieros para cubrir los costos operativos. Se recomienda contratar al operador del equipo generador, por su nivel de calificación requerido, quien debe ser previamente capacitado inclusiva para el mantenimiento del equipo y de esta forma prevenir problemas por mal uso del mismo. Este trabajador puede ser contratado por el Municipio de cada localidad. Las demás tareas pueden ser realizadas por los pobladores en forma rotativa, bajo la dirección de un supervisor del propio Municipio.

### 7.3 Aspectos Legales

El 28 de Mayo de 1982, se promulgó la Ley General de Electricidad (Ley 23406) la cual norma todo lo referente al aprovechamiento de los recursos energéticos con fines de producción de electricidad, así como las actividades relativas a la generación, in



terconexión, transmisión, distribución, comercialización y utilización de la energía eléctrica.

La prestación de este servicio estaría a cargo de las Empresas de Servicio Público de Electricidad:

- a) ELECTROPERU
- b) Empresas Regionales de Servicio Público de Electricidad
- c) Empresas de Interés Local.

La empresa Electricidad del Perú - ELECTROPERU, es la responsable de la gestión empresarial del Estado en el Sub-Sector Electricidad a nivel nacional.

Las empresas regionales son personas jurídicas de derecho privado, filiales de ELECTROPERU, que ejercen regionalmente, con autonomía todas las actividades referentes al servicio público de electricidad, en el área que les asigne el Ministerio de Energía y Minas, en coordinación con ELECTROPERU y las empresas de interés local son personas jurídicas autorizadas por el Ministerio de Energía y Minas, para ejercer por un plazo determinado las actividades referentes al servicio público.

El Programa de Electrificación expuesto en el presente Estudio, que tiene la finalidad de dotar de energía a pequeños centros poblados, tendrá que ser realizado mediante aportes de CORDELOR y las entidades públicas del ámbito local y comunidades, que estarían a cargo del servicio público de electricidad, se registrarán de acuerdo a las normas de las Empresas Regionales de Servicio Público de Electricidad y la administración estará a cargo de las Municipalidades respectivas.

A estas entidades públicas del ámbito local y comunidades-

se les brindará apoyo técnico, económico y financiero, a través de CORDELOR o ELECTRO-ORIENTE.

Las tarifas se establecen de los costos operativos dado el carácter social del proyecto y el bajo nivel económico de las poblaciones beneficiadas. Para ello las entidades encargadas de la administración deberán establecer las disposiciones necesarias para los reajustes que se deberán realizar cuando se presenten cambios en los precios de los factores productivos.

### CONCLUSIONES

1. El área de influencia del estudio comprende 261 localidades que en su mayoría son pequeños centros poblados con poblaciones muy reducidas, con niveles de ingreso bastante deprimidos, ya que la actividad económica que desarrollan tiene el nivel prácticamente de subsistencia que no les permite hacer frente a los crecientes costos del combustible.
2. En 83 localidades se han instalado 110 grupos electrógenos de diversas potencias, marcas y características; instalaciones que obedecieron más a presiones políticas que a un programa de electrificación básicamente rural coherente y adecuado a las condiciones de nuestra selva. Como resultado, un porcentaje de estos grupos no se encuentran operativos y sufren desperfectos y fallas continuamente, determinando que el servicio no se preste en forma continua y eficiente. Todos los grupos existentes operan a combustible Diesel producto que tiene un precio elevado fuera del alcance de la mayoría de dichas poblaciones. Inclusive en las grandes ciudades es necesario un subsidio que se otorga a través del Fondo de Compensación de la Generación de Energía. En consecuencia es necesario reformular la Política de Electrificación Rural incidiendo en la búsqueda de fuentes energéticas más baratas.
3. Se ha estimado la demanda para las 261 localidades seleccionadas, considerando las características socio - económicas, culturales y

posibilidades de desarrollo para cada una de ellas, base que ha servido para las proyecciones hasta el año 2,000. Esta demanda debe ser cubierta por grupos con tecnologías no convencionales, cuyos costos operativos sean bajos y puedan ser cubiertos por los ingresos a generar. Sin embargo solamente fueron consideradas 129 localidades para ser incluidas en el programa de electrificación.

4. Para el caso de las localidades que ya cuentan con grupos electrógenos y dado que ya se ha realizado la inversión, se debe analizar las posibilidades de adaptar dichos equipos al uso de otro tipo de energía.
5. Los grupos electrógenos instalados en el área de influencia del estudio son de reducida capacidad instalada de bajas revoluciones ( 1,800 r pm en promedio).
6. Los desperfectos de los grupos no operativos, son de menor costo y fácilmente reparables, ya que son producto del deficiente mantenimiento, no originados por antigüedad o término de la vida útil.
7. Es de urgente necesidad implementar un Plan de Capacitación y un programa de mantenimiento, a fin de conservar el servicio eléctrico en el medio rural y evitar la posible adquisición de grupos electrógenos convencionales.
8. El precio de venta de unidades de diferente tamaño hechos en Europa y Norteamérica han sido correlacionados : el precio por KW es menor a menor capacidad instalada por debajo de 100 KW.
9. Fabricantes de países en desarrollo (Brasil, Filipinas) reportan precios muy bajos hasta el 25 % del precio de unidades europeas similares.

10. En términos generales la energía de Biomasa es actualmente la que responde mejor a la demanda en la electrificación rural de las localidades menores del Departamento, debido a la abundancia del recurso.
11. Si bien es cierto que la Biomasa como alternativa no convencional es ventajosa debido a la abundancia, es menester tener en cuenta la utilización de especies no estudiadas en este tratado, sobre todo si se destina a los gasógenos, ya que se desconoce su composición química.
12. El Departamento de Loreto no presenta ninguna posibilidad para el desarrollo de la energía eólica como fuente de energía no convencional ya que las condiciones no lo permiten, por otro lado y en contraposición la energía solar es promisoría y su aplicación se ve limitada por el aspecto económico.
13. La fuente energética no convencional seleccionada en el presente estudio ha sido la alternativa Biodigestor-Grupo Electrónico, si bien es cierto que los fabricantes de estas ciudades incluyen una variedad de combustibles sólidos es mucho más conveniente la utilización del carbón de madera como fuente de energía y encuentra su razón de ser, en que en la madera se realiza el proceso de pirólisis y se volatilizan productos dañinos para el motor y que posteriormente al ser usados (carbón) los gases arrastran menos productos nocivos.
14. Se debe tomar muy en cuenta los requerimientos para la operación y el mantenimiento en las fichas técnicas de los fabricantes, pues en la práctica son de gran importancia.

15. Es bastante difícil establecer especificaciones y normas para los diferentes combustibles potencialmente aptos para gasificación sobre todo para los materiales no carbonizados, esto puede llevar a que no se cumplan las performances ofrecidas por los fabricantes.
16. Se debe evitar seleccionar equipos sólo por comparación de los precios de venta, ya que otros factores como la eficiencia y confiabilidad de los sistemas son muchos más significativos, teniendo en cuenta también el posterior mantenimiento.
17. En la presentación de los presupuestos para la construcción de las respectivas casas de fuerza, éstos no tienen carácter definitivo y serán definidos en función al requerimiento en coordinación con los habitantes de las localidades favorecidas y la unidad ejecutora.
18. Para la puesta en marcha del Programa de Electrificación se ha considerado un cronograma de implementación de éste, que será regulado en un periodo de 5 años, sin embargo es posible extender el indicado cronograma a 10 años, y se requiere 9'354,461 US\$.
19. En lo concerniente al activo fijo del Programa, prácticamente las plantas completas superan en un 75 % a la gasificación de plantas actuales y ello ocurre debido a la adquisición de equipos nuevos.
20. Para la ejecución e implementación del proyecto se propone crear un organismo especial denominado Unidad Ejecutora quien tendrá autonomía financiera y ejecutiva y carácter temporal.
21. Se propone capacitar a los pobladores de tal manera de lograr la participación de los mismos en forma relativa y de esta manera reducir los costos de producción y como consecuencia menores tarifas.

## BIBLIOGRAFIA

- Marks, Manual del Ingeniero Mecánico - Editorial Mc GRAW HILL - 1982 Tomos I, II
- Academia HUPPE de Berlin, Manual del Ingeniero - Editorial Gustavo Gilí S.A. 1980 Tomo I
- M.S. Jovaj con colaboradores, Motores de Automovil - Editorial MIR-1982
- Virgil Moring Paires, Termodinámica - Editorial Unión Tipográfica Hispano - Americana, Segunda Edición 1980
- J.F. Cruz, J.A. Postigo B., Termodinámica Aplicada - Editado en UNI - DEM, Lima 1978
- Compendio Estadístico 1987 - INE Mayo 1988
- Compendio Estadístico Loreto 1985 - INE Iquitos Abril 1988
- Estadísticas Demográficas Loreto - Ucayali 1980 - 1981 - INE Iquitos Febrero 1984
- Censos Nacionales VIII de Población - III de Vivienda - INE Setiembre 1981
- Censos Nacionales de Población y Vivienda - Resultados Definitivos Loreto - INE Julio 1981
- Ing. Manuel Vigo Rodríguez, Ing. Astolfo Pezo Pérez, Informe sobre el Suministro Eléctrico en las Localidades de Requena y Cabballecocha - Gerencia de Estudios y Proyectos de CORDELOR, Febrero 1984
- Posibilidades Hidroeléctricas en la Selva Baja C.H. de Mazán , Estudio Preliminar, Volumen I - CORDELOR/ELECTROPERU 1983
- Estudio de Factibilidad Proyecto Agua Potable Rural - CORDELOR Setiembre 1983
- Estudio de Factibilidad del Proyecto Construcción y Equipamiento de Centros Educativos Loreto - CORDELOR, Octubre 1983
- El uso de Maderas en la Generación de energía Eléctrica y posibilidades de introducción a la región - CORDELOR, Noviembre 1982
- Estudio de Factibilidad Parque Industrial de Iquitos, CORDELOR - INDUPERU, Julio 1981

- Diagnostico Regional, 1972 - 1981 - CORDELOR
- Estudio de Factibilidad del Proyecto Integral Localidades Menores, Gerencia de Estudios y Asesoría Técnica - CORDELOR
- Inventario y evaluación de los recursos Naturales de la Micro-Región Pastaza - Tigre, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales - ONERN, Julio 1984
- Como Construir un Biodigestor - INTINTEC Manual N° 4, Junio 1983
- Como Construir un Molino de Viento - INTINTEC Manual N° 3, Agosto 1982
- Pirólisis y Gasificación de Madera y Residuos Madereros - INTINTEC, Marzo 1982
- Ing. Javier Verastegui Lazo, Evaluación de Biogas a nivel de Laboratorio - Proyecto N° 3229 - INTINTEC, Diciembre 1980
- Ing. Pedro Liu Jan, Situación Actual y Perspectivas de Utilización de la Biomasa como fuente Energética en el Perú - INTINTEC 1979
- Evaluación de Alternativas Energéticas en la Selva Baja: Estudio a Corto Plazo Finalizado a la Selección de Areas de Localización de la Planta Piloto Demostrativa - MEM/ CESEN, Ginebra Febrero 1984
- Evaluación de los recursos Hidroeléctricos de la Cuenca del Rio Marañón, Memoria Descriptiva del Grupo de Trabajo de Técnicos Peruanos y Sovieticos - Contrato 38202 Lima - Moscu 1973
- Catálogo Haubeck For Diesel Engines - Perkins Engines, Modelos TG. 3544 - G. 3544 - Publicación N° 201 SER 03771140
- Catálogo Motores Industriales - Manual del Operario - Lister - Diesel - Publicado por Técnicas Lister 1978 todos los modelos
- Catálogo MWM Diesel - Instrucciones de Operación E Mantenencia Modelos D 229, TD 229, Publicado 1<sup>er</sup>. Edición 05/81 Sao -Paulo.