

REVISTA ENERGETICA ENERGY MAGAZINE



ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA

LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION

ENFOQUE DE LA XVIII JUNTA DE EXPERTOS Y
XIX REUNION DE MINISTROS

HIGHLIGHTS FROM THE XVIII COUNCIL OF EXPERTS AND THE
XIX MEETING OF MINISTERS

OLADE

DOCUMENTO REGIONAL DE EXPERIENCIAS NACIONALES EN
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS

REGIONAL DOCUMENT ON NATIONAL EXPERIENCES WITH
SMALL HYDROPOWER STATIONS

OLADE

AÑO 12 No. 3 DICIEMBRE 1988

YEAR 12 No. 3 DECEMBER 1988

DOCUMENTO REGIONAL DE EXPERIENCIAS NACIONALES EN
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS

(Cuarta Entrega)

PRESENTACION

Esta cuarta y última entrega del "Documento Regional de Experiencias Nacionales en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas" contiene los aportes de los países de Perú, Surinam y Venezuela.

Es importante resaltar la coincidencia de objetivos planteados por los países de la Región, en el esfuerzo por incorporar las áreas rurales marginales a la actividad productiva y económica nacional, a través de proyectos de mini y microgeneración hidroeléctrica.

PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS: PERU

1. RESUMEN HISTORICO

En el Perú, debido a sus especiales condiciones hidrográficas, se han construido en las últimas décadas, con tecnología nacional y con diversos grados de empirismo muchas Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH), obteniéndose resultados variables en cuanto a duración, costos y calidad.

El estado a través de los ministerios correspondientes, empresas públicas, corporaciones y otras entidades, ha realizado esfuerzos esporádicos para la implementación de centrales hidroeléctricas de diversas características técnicas, gran parte de ellas muy pequeñas, y por lo tanto costosas, sin la posibilidad de un servicio continuo que permita el uso de la energía eléctrica como fuerza motriz, ya que la mayor parte de dichas centrales se utilizan solamente para el alumbrado y se paralizan durante el día.

En la actualidad, ELECTROPERU S.A. desarrolla una extensiva actividad en este campo, mediante su programa de Electrificación Rural, contando para ello con tres convenios internacionales y diez unidades de obras descentralizadas, que están desarrollando alrededor de 70 PCH.

Por otro lado, la pequeña y mediana minería presionada por los altos costos del petróleo que tienen que usar para operar los grupos electrógenos, han construido PCH, incluso con turbinas nacionales, pero sin exigir de ellas rendimientos aceptables. Sin embargo, estas centrales operan en forma satisfactoria, solucionando el problema energético a estas unidades productivas.

Estas acciones dispersas y el volumen de inversión que suman, obligan a que se realice un esfuerzo de organización y se racionalice el proceso mediante un programa donde se ordenen las principales actividades a ejecutarse.

A pesar que las acciones se vienen ejecutando sin ceñirse estrictamente a un plan o programa nacional, se puede decir que el ritmo de actividad es alto, pero algo disperso, y la mayor parte de las inversiones se ejecutan con los fondos generados por el impuesto al consumo, que grava a los usuarios del servicio eléctrico en zonas urbanas, principalmente la capital.

Sin embargo, las acciones más ordenadas en el campo de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas se concentran en los Convenios que ha suscrito ELECTROPERU S.A. con: i) La Agencia Internacional para el Desarrollo (AID); ii) El Gobierno de la República Federal de Alemania; y, iii) El Gobierno Inglés. Además se tiene un conjunto de pequeñas obras en situaciones de avance muy variadas y que en su mayoría corresponden al equipamiento contratado con los Gobiernos o Empresas de la China, Brasil y Estados Unidos de América, que se licitaron a fines de la década pasada.

2. ESTRUCTURA ORGANICA INSTITUCIONAL

Las actividades relacionadas con las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas se realizan no solo dentro del sector público sino también en el privado, pero es el primero el que tiene la función impulsora, por lo que, en el mismo orden, se explicarán las respectivas responsabilidades.

2.1 Sector Público

Dentro del sector público, el órgano rector de la política es el Ministerio de Energía y Minas, pero el organismo que tiene mayor actividad en el campo de las PCH es ELECTROPERU, que es el responsable del planeamiento general, la elaboración de los estudios y la ejecución de las obras, así como de la puesta en marcha, operación y mantenimiento de las centrales.

Para poder atender estas funciones, se cuenta con la estructura que se aprecia en el Anexo 1, la cual es parte de la organización general de ELECTROPERU, pero que además debe resolver los asuntos relacionados con el programa de PCH.

En primer lugar, en lo concerniente a la programación general, es la Gerencia Técnica, a través de su Unidad de Electrificación Rural, la que en función de los lineamientos originados en la Gerencia de Planeamiento y Plan Maestro, debe recoger los programas de ejecución para racionalizar las inversiones y ordenar las diferentes acciones, que exige el desarrollo de esta actividad estratégica que llega a casi todos los rincones del interior del país.

Por lo tanto, la Unidad de Electrificación Rural de la Gerencia Técnica tiene a su cargo la realización, directa o por intermedio de consultores nacionales, de todas las actividades concernientes a los estudios de proyectos, que posteriormente serán entregados a la Gerencia de Obras para su construcción. En la actualidad, mediante el convenio de prestación de servicios de

consultoría, suscrito entre ELECTROPERU y COMMSA, empresa pública del sector energía y minas, se está negociando un primer grupo de estudios, los cuales se elaborarán en el presente año. Paralelamente y también a través de COMMSA y otras consultoras nacionales se está organizando el Primer Inventario Nacional de Pequeños Recursos Hidroeléctricos, que servirá para ordenar y priorizar la realización de los estudios que requieran una atención preferente.

Sin embargo es preciso indicar que los esfuerzos que se hacen en materia de estudios no es reciente y que tampoco ha estado restringido a éstos, habiéndose orientado la mayor parte de la actividad a la ejecución de las obras, desde hace más de cinco años, mediante un programa de Ampliación de la Frontera Eléctrica, con inversiones del orden de los 10 a 20 millones de dólares anuales, el cual en la parte correspondiente a las PCH integra más de 70 proyectos, que pueden dividirse en cuatro grupos:

- a. El Convenio con AID, a través del cual se han realizado 40 estudios de factibilidad y 15 definitivos, de los que se construyen 12 centrales y sus pequeños sistemas eléctricos adyacentes.
- b. El Contrato Balfour Beatty (Reino Unido) para financiar estudios y equipos hidroeléctricos que servirán para unos 20 a 30 proyectos.
- c. El Convenio con la República Federal de Alemania que, básicamente, es un programa de asistencia técnica, a través del cual se está desarrollando cuatro estudios microrregionales modelo y construyendo otros cuatro proyectos piloto, con equipos donados por el Gobierno Alemán.
- d. Un grupo de 20 a 25 proyectos menores que se iniciaron, hace algún tiempo, sin los estudios correspondientes y que, en general, cuentan con equipos adquiridos a la China, Brasil y Estados Unidos.

Para la construcción de las obras respectivas, la Gerencia de Obras, dispone de 10 oficinas ejecutoras descentralizadas denominadas Unidades de Proyectos de Electrificación (UPE), que realizan, en el ámbito de su jurisdicción geográfica, los proyectos en coordinación con el órgano regional de ELECTROPERU correspondiente y la respectiva Corporación Departamental de Desarrollo. Cabe mencionar que está en trámite el proceso para que dichas oficinas sean transferidas a la Empresa Regional, que tiene a su cargo la operación de los servicios eléctricos respectivos.

Estas transferencias se realizan de acuerdo a la política de descentralización, para lo cual ELECTROPERU ha creado ocho

empresas filiales regionales, que tienen como labor principal operar, administrar y mantener los servicios existentes, pero que por razones de desarrollo regional deben asumir gradualmente la responsabilidad de ampliar la frontera eléctrica del país, aceptando las mayores responsabilidades que esto significa. Por lo tanto, en este período de transición, los programas de electrificación rural, por su carácter menor y disperso, deben ser promovidos, controlados y supervisados centralmente, hasta conseguir que las empresas regionales puedan estar en condiciones de desarrollar por sí mismas estos proyectos de PCH.

Como se mencionó anteriormente, también se cuenta dentro del sector público con las Corporaciones Departamentales de Desarrollo y con organismos para apoyar el desarrollo de las zonas deprimidas del interior del país, que dependen directamente de la Presidencia de la República. En ambos casos, es frecuente la asignación de partidas destinadas a construir pequeñas centrales hidroeléctricas locales, las cuales, por lo general, son realizadas con la participación de ELECTROPERU, pero donde la decisión de materializar el proyecto no siempre responde a criterios de interés regional o nacional, sino más bien al entusiasmo local.

También cabe mencionar, la participación del Servicio Industrial de la Marina (SIMA), al que se le viene asignando la fabricación de las partes metálicas más importantes de las centrales, como rejillas, compuertas y conductos forzados, y cuyo monto dentro de las obras civiles llega alrededor del 10%; su rol promotor para la utilización de los recursos nacionales es de suma importancia y de interés nacional.

2.2 Sector Privado

Si bien ELECTROPERU lleva a cabo varias tareas en forma directa, también propicia la participación del sector privado en actividades importantes, tales como: la formulación de proyectos; la elaboración de los estudios correspondientes; y, la construcción de obras, incluyendo la fabricación de algunos equipos hidroeléctricos. El conjunto de las firmas consultoras particulares y empresas contratistas que intervienen en los estudios y las obras respectivas, se acerca al medio centenar.

Además hay que mencionar a la pequeña y mediana minería nacional, que presionada por los altos costos de los combustibles y las dificultades para su transporte hasta los alejados lugares donde se explotan los yacimientos, ha construido y sigue construyendo pequeñas hidroeléctricas para cubrir las necesidades eléctricas de sus plantas concentradoras, hornos, campamentos, etc.; constituyéndose, de esta forma, en otro importante centro impulsor de PCH con sus positivos efectos multiplicadores en la economía nacional y regional.

3. DESARROLLO DE LOS PROYECTOS

El cuadro organizativo antes descrito, desarrolla los diferentes proyectos de PCH en todas sus fases, como son: la identificación, los estudios, la construcción y hasta su operación; por lo tanto, a continuación se describirá cómo se desarrolla cada una de ellas en el Perú.

En primer lugar, es necesario mencionar que la experiencia vivida, en los últimos años, nos hace pensar que las pequeñas centrales hidroeléctricas, por estar destinadas en su mayoría al servicio público, deben tener un límite mínimo en su tamaño, no menor que 200 o 300 kW. Se ha observado que las centrales más pequeñas o microcentrales se usan intermitentemente y, por lo tanto, deben encaminarse a dar servicio más localizado y de utilización eventual, como en pequeñas comunidades, granjas, fundos, etc., donde las horas de suministro pueden adecuarse a las necesidades del grupo usuario que no exija un régimen de operación continua. En tanto que, las PCH de hasta 2 000 o 3 000 kW, sí pueden funcionar las 24 horas, ofreciendo así un servicio continuo que permita el desarrollo de la demanda diurna proveniente del uso de la electricidad como fuerza motriz, encaminada al establecimiento de actividades productivas.

3.1 Programación

Como se ha podido ver en los puntos antes desarrollados, existe a la fecha un interesante grupo de proyectos en estudio con diversos grados de avance, del cual se debe seleccionar los que se construirán en los próximos años.

Dentro del Convenio con AID se terminarán nueve PCH: ocho en el departamento de Cajamarca y una en San Martín. El Convenio Alemán debe concluir otras tres: dos en Ayacucho y una en Pasco. A su vez el Convenio Inglés avanzará en tres o cuatro proyectos medianos.

Como estrategia y política de desarrollo, el Gobierno ha definido como zona prioritaria el "Trapecio Andino" integrado principalmente por los departamentos de Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno, donde se espera ejecutar proyectos de PCH con mayor intensidad, como parte de la infraestructura necesaria para activar la economía en las áreas deprimidas.

A fin de reforzar el proceso ordenador, se tiene programado realizar la "Identificación del Potencial de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas", con el que se persigue lograr los siguientes objetivos:

- Identificar el potencial de pequeñas centrales hidroeléctricas en el interior del país.
- Realizar un inventario de los recursos existentes incluyendo tanto las PCH no usadas o mal empleadas como los servicios de generación térmica.
- Identificar las posibles PCH en función de su proximidad a los respectivos centros de demanda (poblaciones rurales aisladas).
- Trazar a nivel de primera aproximación los Pequeños Sistemas Eléctricos (PSE), que atiendan las necesidades de una microrregión desde una fuente de generación común.
- Plantear servicios mixtos con centrales hidroeléctricas de base y grupos electrógenos para las horas de punta, como solución a nivel microrregional.
- Aplicar la metodología seguida en casos recientes para identificar los recursos aprovechables, mejorándola con la experiencia adquirida.
- Plantear un programa de interconexión de PSE, que optimice el uso de las PCH y facilite su futura integración a la Red Nacional.
- Desarrollar las actividades antes descritas usando la consultoría nacional debidamente calificada para que, en forma paralela, se pueda cubrir en un corto plazo todas las cuencas aprovechables.
- Organizar el contenido de los estudios en sus dos niveles: factibilidad y definitivo; para dar uniformidad a los términos de referencia, especificaciones técnicas, bases para concursos y licitaciones, presupuestos, precios unitarios, contratos, etc.

3.1.1 Un programa tentativo

Teniendo en cuenta los avances logrados y la experiencia acumulada, es oportuno ordenar las acciones y racionalizar el esfuerzo de los distintos organismos responsables, por intermedio de un programa a mediano plazo, que se esboza a continuación, con objetivos y un conjunto consistente de acciones.

3.1.2 Objetivo del programa

- Ordenar las acciones de los organismos relacionados a las PCH para complementarlas, impidiendo la duplicación de esfuerzos.

- Iniciar la ejecución de las obras a un ritmo tal, que permita terminar de 10 a 15 PCH anuales debidamente supervisadas.
- Desarrollar la ingeniería nacional partiendo de PCH de 200 kW que, sin intervención extranjera, pueda en 5 años llegar a diseñar e implantar medianas centrales hidroeléctricas, incluyendo su equipamiento.

3.1.3 Acciones

El programa se puede estructurar en base a 8 acciones principales:

- Organizar y concentrar esfuerzos.
- Conceptualizar los proyectos en forma microrregional.
- Propiciar una mayor participación de la ingeniería nacional.
- Apoyar a la industria nacional de turbinas.
- Promocionar la participación local.
- Promover usos productivos de la electricidad.
- Captar cooperación internacional.
- Formular y evaluar los proyectos de manera uniforme.

3.2 Estudios

Se espera continuar realizando estudios a los niveles de factibilidad y definitivos. En el primer nivel se determina la demanda, el potencial hidroeléctrico, las partes principales del proyecto (instalaciones) y se realiza la evaluación socio-económica; en el segundo se desarrolla el diseño y planos definitivos, así como el presupuesto y las bases para licitar la obra. Cada proyecto de PCH se divide en tres partes: obras civiles, equipamiento hidroeléctrico y obras eléctricas (de líneas y redes).

Con el propósito de reducir costos y abreviar el tiempo para formular los estudios, los diseños serán sencillos pero completos, lo cual implica que, en la etapa de construcción, el Ingeniero Residente deberá realizar los pequeños ajustes y diseños complementarios que sean necesarios.

Para llegar a este objetivo, se cuenta con términos de referencia y bases para realizar concursos de méritos, tanto de

estudios de factibilidad como definitivos, que permitan llegar a diseñar proyectos sencillos, pero a la vez eficientes y económicos. También se tiene términos de referencia y bases para efectuar licitaciones públicas de las obras, las cuales están organizadas en tres partes principales: obras civiles, equipo hidroeléctrico y obras eléctricas de líneas y redes, dando así trabajo a tres grupos de empresas: constructores, suministradores y montadores.

3.3 Construcción

Dentro de los proyectos del Convenio con AID para las PCH se acaba de terminar la construcción de la Central Chongos Alto (Macho) de 1 000 kW y en otros tres proyectos se registran importantes avances.

Los resultados que se vienen obteniendo, si bien son a pequeña escala, deben ser motivo de seria reflexión en las empresas públicas que manejan inversiones en las obras de infraestructura, necesarias para lograr el desarrollo económico-social.

Concretamente, esta primera central hidroeléctrica construida por el sistema de administración directa, ha costado 1,06 millones de dólares; es decir que el kilowatio instalado tiene un costo unitario inferior a US\$ 1 100, hecho que debe ser una sorpresa para los gestores de grandes centrales hidroeléctricas, pero confirma las hipótesis de los pocos que, verdaderamente, se interesan por los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, ya que los costos de las PCH que se están concluyendo confirman que, en pocos casos, el valor unitario del kW instalado será superior a US\$ 1 500.

La gran importancia de estos resultados, reside en el hecho real que, según las pocas referencias cuantificadas existentes sobre las inversiones en grandes obras hidroeléctricas, éstas han costado el doble, triple y más por cada kW instalado, que en estas pequeñas centrales que se vienen construyendo bajo los nuevos conceptos.

A continuación se exponen algunos puntos en los que se tiene que poner especial cuidado, aprovechando la experiencia lograda con resultados positivos a una escala aprovechable, para no cometer los mismos errores. El planteamiento se apoya en cuatro conceptos principales:

- Diseños sencillos
- Supervisión técnica
- Control económico
- Continuidad en las obras

En primer lugar se debe dar especial atención a la concepción general del proyecto ya que su costo depende, en gran medida, del grado de sofisticación con que se diseñe sus partes. El Perú es un país pobre y nuestros proyectos deben ser sencillos y austeros. Sin embargo, no debe confundirse simpleza con deficiencia. Los proyectos deben ser completos y tener todos los elementos indispensables, pero eficientemente diseñados y austeramente desarrollados.

Otro rubro de los proyectos donde se debe profundizar, es el de los precios unitarios. En la actualidad, con las ventajas de las microcomputadoras, es fácil implementar un sistema o programa de precios unitarios a nivel de empresa, que variando los precios básicos pueda ser actualizado periódicamente y de uso obligatorio en todas las áreas que realizan estudios y proyectos económicos. Es frecuente, por no decir inevitable, que una vez iniciada la obra el constructor introduzca cambios que si no se controlan pueden llegar a alterar el sentido del proyecto. Es por lo tanto de gran importancia que se realice una supervisión periódica de los avances y se pueda explicar al contratista el objeto de cada parte, para opinar y/o autorizar cualquier modificación. Asimismo, en muchos casos las dificultades constructivas obligan a ejecutar obras complementarias y adicionales, que si bien son eventualmente necesarias no siempre se deben autorizar, ya que la facilidad o beneficio que con ellas se obtiene no justifica el gasto que originan y de su acumulación, los costos pueden crecer hasta hacer la obra antieconómica.

Paralelamente, debe mantenerse el control financiero-contable. Las necesidades de toda unidad ejecutora descentralizada son inevitablemente mayores que los recursos con que normalmente cuenta, y existe la tendencia a dispensarlos en obras y actividades no programadas, que por presiones personales o institucionales se ven obligados a efectuar, sacrificando continuamente las metas de los proyectos prioritarios.

La frecuente presencia de un supervisor contable, a la vez que obliga a una más estricta asignación de fondos, le sirve a la unidad ejecutora para afianzar sus decisiones en este sentido.

Un subproducto de esta acción supervisora es el facilitar y hasta obligar a llevar un control de costos, aspecto fundamental que últimamente se ha descuidado, pero que debe ser actividad permanente y obligatoria en las áreas que manejan inversiones.

Finalmente, la cuarta columna en que se apoya este planteamiento, para conseguir bajar nuestros costos de inversión, es la continuidad de las obras.

No es fácil cuantificar este rubro, pero el costo adicional que significa reactivar una obra paralizada durante algún tiempo es sumamente alto, y además se tiene que afrontar los costos directos en movilización de equipos, limpieza de accesos, reorganización administrativa y logística, así como los costos indirectos por intereses y moras sobre préstamos y desembolsos recibidos. Tampoco hay que dejar de lado una estimación del valor del capital inmovilizado y el valor de los beneficios no percibidos durante el lapso que la paralización de la construcción retrasaría la puesta en marcha del proyecto.

La magnitud de las pérdidas o mayores costos que se pueden y deben evitar, obliga a que las medidas de austeridad, necesarias en países como el nuestro, no sean mal interpretadas y se apliquen con criterios racionales y positivos, manteniendo un equilibrio proporcional al monto del gasto que es necesario realizar para poder lograr un ahorro mucho mayor.

El rubro de equipo hidroeléctrico merece alguna explicación, ya que en los últimos años se han dado importantes pasos para conseguir su fabricación íntegramente nacional. Toda la experiencia de las décadas anteriores se ha utilizado para intentar resolver el problema de la fabricación de la turbina y su regulador, ya que el generador, el tablero y válvulas se construyen localmente desde hace algún tiempo, pudiéndose decir que ya existe, por lo menos una firma nacional, que con el asesoramiento de una empresa europea, ha conseguido los niveles de calidad y eficiencia normalmente requeridos en estas centrales destinadas al servicio público.

3.4 Operación y Mantenimiento de Instalaciones

Una de las razones de más peso en la decisión de construir centrales hidroeléctricas en lugar de centrales térmicas (usualmente equipos a petróleo diesel), es indudablemente su bajo costo de operación y mantenimiento.

Sin embargo, el hecho de poner en servicio una planta, sea hidroeléctrica o térmica implica tomar personal nuevo con el carácter de estable y los organismos encargados de su administración oponen resistencia a incrementar sus cuadros de personal, ya que durante los primeros años de funcionamiento es muy difícil que el servicio arroje saldos favorables.

Este aspecto requiere de una estrategia a nivel nacional que incida en los dos campos: oferta y demanda. En el primero, facultando a las administraciones a subsidiar en los años iniciales, a las centrales que lo requieran. Mientras que en el campo de la demanda se debe realizar campañas rurales para propi-

ciar el uso de la electricidad como fuerza motriz en el desarrollo de actividades productivas locales, lo cual requiere la acción coordinada, principalmente, de los sectores agropecuario e industrial, ampliando e intensificando los programas audiovisuales con que cuenta ELECTROPERU, y que fueron preparados especialmente en colaboración con el CESPAC del Ministerio de Agricultura, para divulgar el conocimiento de las PCH y promover el uso productivo de la electricidad. Estos programas emplean módulos portátiles de televisión que también se usan con audiovisuales de promoción agropecuaria en las comunidades y poblaciones campesinas del interior del país.

4. CONCLUSIONES

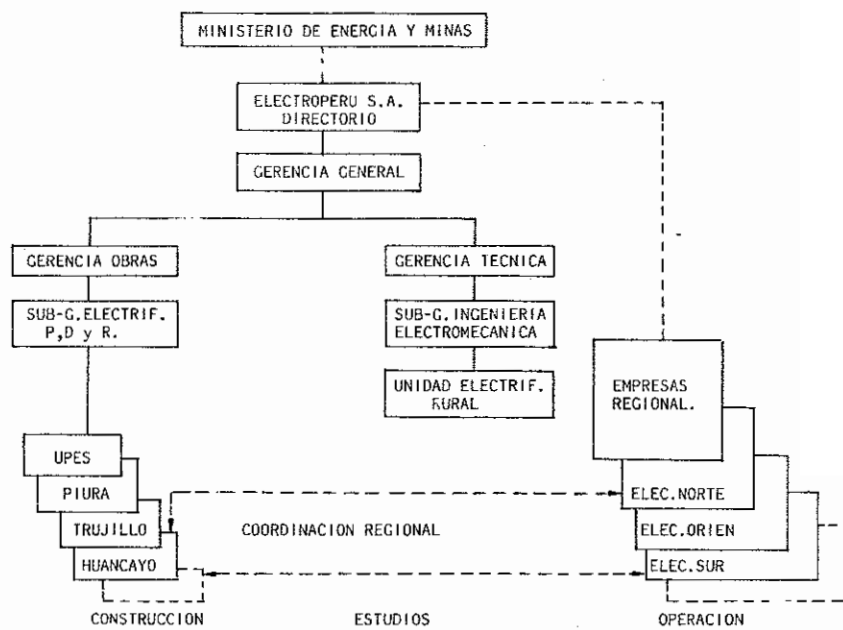
Existen los elementos necesarios para desarrollar un programa de PCH, ya que en todo el territorio, especialmente en los valles interandinos, se encuentran recursos hidroeléctricos variados. También se ha logrado ganar suficiente experiencia, mediante la cual se está consiguiendo bajar los costos significativamente. Además existen instituciones que construyen PCH y consiguen financiamientos blandos.

Hay cierta dispersión de esfuerzos entre las diversas instituciones relacionadas, que es necesario unificar.

Se precisa un elemento ordenador que actúe en los siguientes tres niveles principales:

- a. Los proyectos deben formularse con criterios de sencillez y eficiencia, pero siguiendo lineamientos uniformes que permitan su evaluación y priorización para poder optimizar las inversiones.
- b. Para los programas constructivos debe ponerse especial cuidado en la supervisión técnica, el control económico y la continuidad de la obra.
- c. Aprovechar el bajo costo de operación y mantenimiento de las PCH para que funcionen también durante el día y el campesino se acostumbre a la idea de que dispone de electricidad segura en forma continua.

ANEXO 1
ORGANIGRAMA INSTITUCIONAL
PROGRAMA DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS



PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS: SURINAM

1. PROLOGO

La crisis energética de los años setenta también ha tenido impacto en Surinam, pero con un alcance mucho menor que para la mayoría de los países en vías de desarrollo.

Del combustible importado, la mayor parte se utiliza como materia prima en la industria de bauxita, y ésta ha podido cargar los crecientes precios del petróleo a los consumidores.

En segundo lugar, tenemos el aspecto del desarrollo del potencial energético como la hidroelectricidad.

En el desarrollo de la producción energética en el país, se procura un enfoque integral a fin de realizar opciones nuevas para la producción local, la importación y distribución de petróleo y otros recursos energéticos, y la distribución de energéticos producidos localmente.

2. OBJETIVOS

El suministro público de electricidad en Surinam se basa en el uso del diesel, aunque una cantidad limitada de energía se entrega a la ciudad, desde una central hidroeléctrica particular.

La futura expansión del suministro eléctrico se basa en el progresivo desarrollo de los recursos hidroeléctricos.

Varios proyectos, como los de Saramacca, Phedra y Jaikreek, ya han sido definidos para suministrar electricidad a la principal zona poblada, alrededor de Paramaribo; y el proyecto Kabalebo, mayor aún, para apoyar el gran desarrollo industrial en una futura etapa.

El crecimiento de la demanda en el sistema de Paramaribo y otras partes se está satisfaciendo a corto plazo con la instalación de nuevas unidades a diesel.

Están bajo consideración proyectos hidroeléctricos todavía más pequeños que puedan servir las necesidades de aldeas aisladas del interior.

Muchas de estas comunidades tienen un servicio eléctrico limitado, que depende de pequeñas unidades a diesel.

3. ANTECEDENTES

Surinam es más o menos cuadrado; mide unos 400 km en las orientaciones Este-Oeste y Norte-Sur. Su área terrestre es de 164 000 km², siendo el Océano Atlántico su límite septentrional. Sus límites oriental y occidental son los ríos Marowijne y Corantijn, respectivamente, los cuales separan a Surinam de la Guyana Francesa y Guyana. El límite al sur es la vertiente de las montañas entre los países de Surinam y Brasil.

La topografía consiste en una llanura aluvial cerca de la costa, colinas entre los valles en el interior y altas montañas en las cordilleras sudoriental y central-occidental, que alcanzan cumbres de 700 a 1 200 m sobre el nivel del mar.

Salvo las zonas despejadas y cultivadas a lo largo de la faja costera, toda la zona está cubierta de bosques.

El clima es de bosques húmedos tropicales, con distintas estaciones húmedas y secas. Aunque llueve durante todo el año, mayo y junio son los meses de mayor lluvia y septiembre y octubre los más secos. La temperatura media anual es de 27 °C y la humedad relativa tiene un promedio de 84%.

La población es de unos 350 000 habitantes, con una densidad de 2,1 personas/km².

4. EL POTENCIAL HIDROELECTRICO DE SURINAM

Surinam dispone de un potencial hídrico suficiente para satisfacer las necesidades de energía eléctrica en nuestro país durante muchas décadas.

El potencial hidroeléctrico total representa aproximadamente 2 419 MW. Este potencial hidroeléctrico se puede considerar para proyectos de gran y mediana escala (Ver Cuadro No. 1). En

el Cuadro No. 2 se hace mención de los proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas.

CUADRO No. 1

POTENCIAL HIDROELECTRICO DE GRAN Y MEDIANA ESCALA

UBICACION	RIO	CAPACIDAD (MW)
Afobakka	Surinam	189
Davis Falls	Kabalebo/Corantijn	500
Kabalebo Airfield	Kabalebo	300
Matapi	Corantijn	150
Mao Pityan Falls	Coeroeni	250
Tapatosso	Tapanahony	400
Soekrati-poort	Marowijne	500*
Phedra	Surinam	21
Saramacca I	Saramacca	16
Saramacca III	Saramacca	48
Saramacca IV	Saramacca	45
TOTAL		2 419

* Se ha tomado en cuenta solamente la mitad del potencial del río Marowijne, porque es un río de frontera.

4.1 Río Kabalebo

- Fase I

La construcción de una represa cerca del Salto Davis, con una capacidad instalada de 300 MW, y la desviación del río Lucie a Kabalebo. La energía media a generarse alcanza a 1 278 GWh.

- Fase II

Debido a la desviación de una parte del río Corantijn al reservorio de Kabalebo, la capacidad puede aumentarse en 200 MW. El promedio total de energía así aumenta a 3 234 GWh. Las fases I y II han sido elaboradas en detalle.

- Fase III

En esta fase se construirá una represa cerca del campo aéreo de Kabalebo, con una capacidad instalada de 300 MW. Esta posibilidad aún no ha sido examinada.

4.2 Río Saramacca

El potencial hidráulico del río Saramacca se puede desarrollar con la construcción de tres represas en diversas ubicaciones. La altura bruta total de caída alcanza a 98 metros.

La Saramacca I será construida con una capacidad instalada de 36 MW, aproximadamente 3 km aguas arriba de Kwakoepron, mientras que la Saramacca IV será construida a una distancia de unos 4 km de Pakka Pakka.

La capacidad instalada llegará a 45 MW. Estos dos proyectos podrán ser ejecutados después de que la Saramacca III haya sido realizada.

- Proyecto Saramacca I

La ubicación indicada para la construcción de esta central hidroeléctrica es aproximadamente 3 km aguas arriba de la aldea de Kwakoepron.

La capacidad media a generarse es de aproximadamente 16 MW. Esto corresponde a una generación anual de 140 millones de kWh de energía. La construcción llevará unos cuatro años.

En 1961 el gasto de capital fue estimado por Harza Engineering como Sf. 1/ 49 millones. El gasto ahora será de unos Sf. 300 millones.

- Proyecto Saramacca III

El proyecto de Saramacca III comprende la construcción de una central hidroeléctrica aproximadamente 9 km aguas arriba de la unión del río Saramacca y el Kleine Saramacca, así como también la desviación del Kleine Saramacca al reservorio formado.

1/ Sf. florines surinameses

La máxima altura de caída será determinada en parte por el proyecto Saramacca IV, aguas arriba. La caída total entre estas dos ubicaciones, que están situadas a 43 km la una de la otra, es de 36 m. La altura media de caída con la turbina del proyecto Saramacca III alcanzará a aproximadamente 32 m. La potencia firme constante entonces será 20 MW (la potencia firme adicional generada por la desviación del Kleine Saramacca en el reservorio Saramacca III será 7 MW). La duración de la construcción se estima en 3 años.

Datos Generales:

Ubicación	9 km aguas arriba de New Jacob Kondre
Salto medio	32 m
Caudal	77 m ³ /s
Capacidad instalada 3 x 16 MW	48 MW
Energía firme	175 millones kWh
Promedio a generarse	235 millones kWh
Período de construcción	3 años

- Proyecto Saramacca IV

Este proyecto se podrá generar como seguimiento del proyecto Saramacca III. Existe la posibilidad de que esta central hidroeléctrica sea construida cerca de la aldea de Pakka Pakka.

Datos Generales:

Altura del reservorio	+ 100 m NMM.
Altura media cerca de la represa	38 m
Entrega media	80 m ³ /s
Capacidad a instalarse	45 MW
Producción anual de energía	200 millones de kW

Fuente: Harza Engineering - Aprovechamiento Río Saramacca (1961).

4.3 Río Surinam

El río Surinam ya ha sido desarrollado por la represa Afobakka de la Suralco y hay una casa de máquinas de 189 MW con un reservorio asociado, el Brokopondo (conocido como la planta hidroeléctrica Brokopondo). El reservorio es muy extenso y permite la regulación hiperanual del caudal del río. Sin embargo, el caudal medio es suficiente para operar solamente unas dos

terceras partes de la capacidad de la casa de máquinas. Aguas abajo de la represa y a solo 70 km de Paramaribo, otro aprovechamiento hidroeléctrico ha sido identificado en el río Surinam.

Este proyecto tendría un salto muy bajo (unos 4 m), para 14-20 MW, en Phedra, y los costos por unidad serían relativamente altos (unos US\$ 4 000 por kW en 1982).

- La Planta Hidroeléctrica Brokopondo

Datos Generales:

Ubicación aprox. Afobakka	130 km al sur de Paramaribo
Costo de construcción	Sf. 100 millones (1965)
Precio por kWh	0,4 centavos de Sf.
Caudal medio	350 m ³ /s
Capacidad instalada	189 MW (3 x 30 + 3 x 33)
Energía media	1 030 millones de kWh
Largo de la represa principal	53 m
Número de represas de montura	16
Superficie del reservorio	1 560 km ²
Salto medio	40 m
Período de construcción	6 años

Fuente: Proyecto Brokopondo

- Proyecto Jaikreek

El propósito del proyecto hidroeléctrico de Jaikreek es desviar el río Jaikreek para acumular agua a través de un canal de derivación hasta Marowijne Creek, a fin de llevarla al reservorio de Brokopondo. La planta hidroeléctrica de Brokopondo tiene seis turbinas (3 x 30 y 3 x 33), cuatro de las cuales se están utilizando. Al desviarse el Jaikreek, la quinta turbina también podrá entrar en operación. Jaikreek es un afluente del río Tapanahony hacia la izquierda y se le pondrá una represa a una distancia de 200 m aguas abajo de la boca del Olenskreek. El área de cuenca de Jaikreek se halla en la cuenca de Tapanahony y alcanza a aproximadamente 1 925 km.

El Jaikreek encuentra su camino a través de una serie de colinas que varían de 220 m a 120 m sobre el nivel del mar. La mayor longitud desde el origen hasta el Olenskreek alcanza a 110 km. La capacidad estimada es de 14 MW o un promedio de 121 millones de kWh.

Datos Generales:

Ubicación aprox.	280 km al sur de Paramaribo
Caudal medio	65 m ³ /s
Capacidad media de energía	14 MW
Precio por kWh	0,06 Sct
Largo de la represa principal	4,5 km
Altura de la represa principal	22 m
Período de construcción	2 años

Fuente: Fundación Jaikreek

- Proyecto Hidroeléctrico Phedra

El proyecto Phedra comprende la construcción de un embalse bajo en el río Surinam, cerca de Phedra, a una distancia de 60 kms. de Paramaribo, con el fin de generar electricidad en beneficio de Gran Paramaribo. El agua llevada de la central hidroeléctrica Afobakka, en la actualidad fluye desaprovechada al mar a través del río Surinam. Esta agua se puede utilizar nuevamente, de una manera sencilla, para generar electricidad, o sea al construir una represa en Phedra e instalar dentro de ella seis turbinas de saltos bajos, con una capacidad de 3,5 cada una. La capacidad media de energía sería de unos 16 MW.

La represa tendría una altura media de 5 m y un largo de 1 650 m.

Datos Generales:

Salto medio	3,8 m
Caudal (con desvío Jaikreek)	450 m ³ /s
Capacidad instalada (6 x 3,5)	21 MW
Energía media (cap.)	16 MW (140 millones kWh)
Precio por kWh	Sf. 0,10
Largo de la represa	1 650 m
Altura de la represa	5 m
Período de construcción	3 años

4.4 Río Marowijne

Al este del río Surinam hay ríos costeros menores pero el único grande es el Marowijne, en la frontera con la Guayana Francesa.

La porción de aguas arriba se conoce como el Lawa, aguas arriba de la confluencia del río Tapanahony en Stoelmanseiland.

La cuenca de drenaje de Tapanahony es de interés ya que yace justo al sur del drenaje al reservorio de Brokopondo. Se planea desviar el Jaikreek, un afluente a la izquierda del Tapanahony, a través de la vertiente, a fin de alimentar el reservorio de Brokopondo y la central de Afobakka.

4.5 Río Tapanahony

El potencial hidroenergético del río Tapanahony se puede desarrollar de varias maneras. Primero, a través de una desviación de agua al río Surinam y, como segunda posibilidad, con la construcción de unidades hidroeléctricas en el río Tapanahony mismo.

- Desviación del Río Tapanahony al Río Surinam

El desvío del agua del río Tapanahony al río Surinam agregará una producción adicional de aproximadamente 400 m³/s al reservorio Brokopondo existente. Cabe señalar que, al desviarse el agua del río Tapanahony al río Surinam, debe haber un convenio con la Guayana Francesa, ya que el río Tapanahony fluye al río Marowijne.

- Unidad Hidroeléctrica en el Río Tapanahony

Existen varias ubicaciones para establecer unidades hidroeléctricas en el río Tapanahony.

Los lugares considerados para la ubicación de unidades hidroeléctricas son: Tepoe, Pepejoe, Palomeu y Tapa Toso. La energía total que se puede generar a través de estas unidades hidroeléctricas alcanza a aproximadamente 400 MW. Al ejecutar uno o más de estos proyectos, no surgirán problemas con la Guayana Francesa, puesto que el agua sigue su camino normal al río Marowijne.

Fuente: Estudio Evaluativo del Reservorio Hidroeléctrico en Surinam, Harza Engineering, 1959.

- Hidroelectricidad en el Río Marowijne

El río Marowijne forma la frontera con la Guayana Francesa; por lo tanto, el desarrollo del potencial hídrico de dicho río no se puede realizar hasta acordarse un convenio entre los gobiernos de Surinam y de la Guayana Francesa. Existe la posibilidad de construir dos represas cerca de los saltos Manbarie y Armina, respectivamente. Aguas abajo del Salto Armina, también hay una ubicación para una represa cerca de la Isla Basien. Otro sitio de represa podría ser Soekratiepoort. Se estima que se podrían generar 1 000 MW. La mitad de eso se puede considerar potencial surinamés.

Fuente: Plan de Desarrollo de los Ríos Surinameses

5. POSIBLES PROYECTOS DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS

Los saltos y rápidos en los ríos cercanos a las comunidades que necesitan nuevos suministros de energía eléctrica, por lo general son muy pequeños y navegables por canoa. Por lo tanto, normalmente no permiten un desarrollo hidroeléctrico económico y solo en pocos casos sería realista considerar la hidroelectricidad como un potencial recurso.

De los diversos aprovechamientos hidroeléctricos considerados, sólo dos sitios se juzgan como económicamente aceptables. Estos son Djoemoe/Tapawatra y Ladowani. Otros, como Njoen Jakob Kondre y Stoelmanseiland, podrían emprenderse por razones sociales.

Cuadro No. 2

RESUMEN DE LOS PROYECTOS PARA PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS

UBICACION	RIO	CAP. INSTALADA (kW)
Njoen Jakob Kondre	Saramacca	40
Poesoegroenoe	Saramacca	180
Ladoewani	Surinam	180
Djoemoe	Surinam	180
Marechallskreek	Marechallskreek	40
Stoelmanseiland	Marowijne	50
Poektie	Tapahony	40

- Aprovechamiento Njoen Jakob Kondre

Njoen Jakob Kondre está en el Gran Río Saramacca, unos pocos kilómetros aguas arriba de la confluencia del Pequeño Río Saramacca. La principal aldea de Njoen Jakob Kondre tiene una población de 450 habitantes.

- Ladoewani

Ladoewani es de relativamente fácil acceso por el río Surinam desde Pokigron (unos 30 km). La población es de unos 3 500 habitantes, en unas nueve aldeas, y al momento existen seis pequeñas unidades a diesel con una capacidad total de 90 - 150 kW.

- Djoemoe/Tapawatra

Los saltos se crean por una barrera irregular de roca, de unos 400 m entre orilla y orilla. Durante épocas de caudales medianos y bajos se exponen varias rocas representando la mitad o más de este largo, por encima del agua. Un caudal de 8 m³/s con un salto de 3,4 m podría suministrar unos 200 kW.

- Marechallskreek

Este sitio está inmediatamente aguas arriba de un puente de carretera. En este punto el caudal tiene una zona de drenaje de 70 km², donde el caudal estimado del área es 1,5 m³/s y el flujo mínimo de 0,1 m³/s. Con una represa, se podría crear un reservorio de unos 3 km, con un salto de hasta 6,1 m.

- Poeketie

Esta pequeña central hidroeléctrica ya ha sido construida por el Ministerio de Recursos Naturales y Energía.

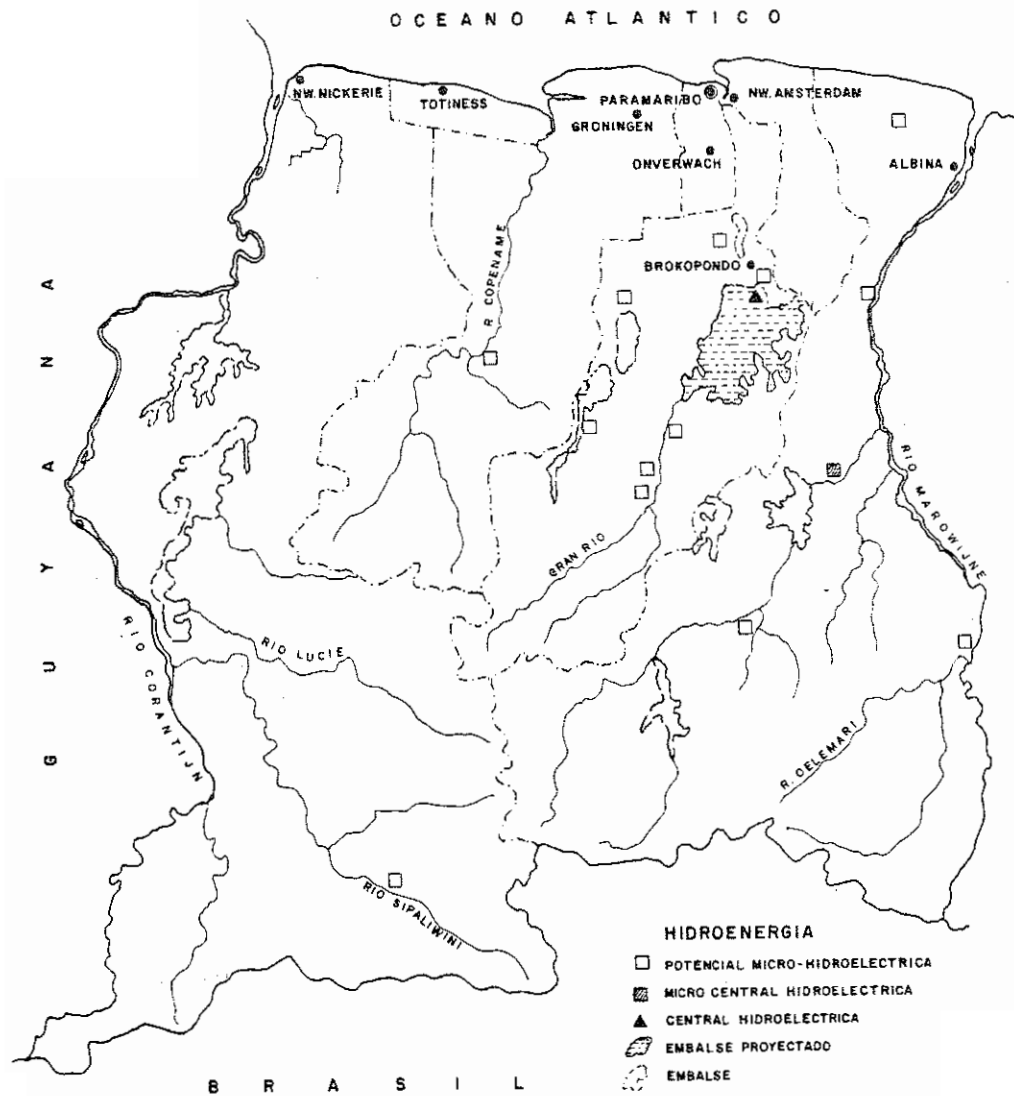
- Stoelmanseiland

En este sitio, han sido identificados dos saltos mayores, los dos un poco aguas abajo de la isla principal. Cada uno cuenta con un caudal fuerte y un salto neto medio de unos 2 m.

Una instalación de 40 - 50 kW sería deseable para la población local de aproximadamente 800 habitantes.

En la actualidad esta isla está servida por dos conjuntos a diesel de 15 kW.

MAPA ENERGETICO DE SURINAM



PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS: VENEZUELA

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

La Dirección de Electricidad, Carbón y otras Energías, dentro de la Dirección General Sectorial de Energía del Ministerio de Energía y Minas (MEM), emprendió en mayo de 1984 el "Programa de Desarrollo e Instalación de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas", para ser llevado a cabo durante el corto y mediano plazo en la Región Andina del país. Con dicho programa se propuso el MEM, cumplir con dos elementos que, además de definir el conjunto de políticas a seguir en el sector, permitieran:

- Recabar la suficiente experiencia como para que las soluciones de diseño propuestas sean coherentes con los requerimientos y condiciones del sistema Eléctrico Nacional y de la industria del país.
- Preparar de esta manera la información necesaria para definir, dentro del criterio de normalización de instalaciones y equipos los "lineamientos generales" y "manual de procedimientos" de Plan Maestro de PCH que abarque la totalidad del país.

Los objetivos finales que persigue este Programa Nacional son:

- A corto plazo:
 - Suministrar energía eléctrica en zonas marginales del "sistema interconectado nacional" sobre todo en la Región Andina del país, para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes, ampliando sus posibilidades de desarrollo económico.
- A mediano plazo:
 - Aumentar la capacidad instalada de generación eléctrica, aprovechando los recursos disponibles, para diversificar las fuentes de energía y fomentar sistemas autosuficientes, combinándola con otros recursos naturales y renovables.

Dado que el interés principal es proceder en el tiempo a la instalación masiva de PCH, es necesario obtener un conocimiento, lo más amplio posible, de los problemas inherentes a obras e instalaciones de este tipo, tanto en su construcción, operación y mantenimiento como durante el proceso de desarrollo y puesta en

marcha. Para obtener resultados favorables, se ha concebido un plan de trabajo que involucra:

- Las experiencias de otros países en particular los miembros de OLADE.
- Una actividad de inventario y crecimiento poblacional, para establecer los sitios con mayores posibilidades que no dispongan de servicio eléctrico.
- Una evaluación que establezca la capacidad de fabricación nacional de partes y equipos.
- El estudio de diferentes tipos de turbinas evaluando la factibilidad técnico-económica de los equipos, a bien de concretar un(os) modelo(s) de turbomáquina de fabricación nacional.

En consecuencia, y a pesar de la baja disponibilidad de recursos financieros y humanos, el plan tiende a limitarse en actividades que si bien son reducidas y simples, cumplen con el fin de recabar experiencia e información suficiente para poder ampliar en un futuro estos resultados a un ámbito mayor, es decir utilizando las observaciones de esta región específica, (la Región Andina), trasladando a mediano plazo la metodología utilizada al resto del país.

2. ALCANCES DEL PROYECTO

- Como se establece en el punto anterior, se ha definido la Región Andina para el desarrollo de las actividades de inventario e implementación, la cual está limitada para los Estados Mérida, Tachira, Trujillo y parte de Portuguesa. En dicha región se deberá definir al menos veinte sitios entre poblaciones sin servicio eléctrico y plantas antiguas fuera de operación, que se encuentren por debajo de 10 kW de capacidad a instalar. De esta manera se podrá concebir un Plan Piloto (PP) para experimentar tecnologías de construcción y fabricación, métodos de operación y uso de la energía producida; todo de acuerdo con una jerarquización de las condiciones favorables que presenten los sitios escogidos.
- Con el interés de comenzar con el desarrollo de tecnologías propias en la fabricación de partes y equipos hidromecánicos, se dirigirán recursos hacia el diseño y construcción de una turbina de acción del tipo Banki, con una capacidad de producción de potencia de alrededor de 50 kW.

- Puesto que uno de los objetivos del proyecto es evaluar los tipos de tecnologías más baratas y sencillas y comprobar su eficiencia en aprovechamientos de pequeña capacidad, se promoverá una construcción con el criterio de usar tecnologías inmediatas de una PCH con una capacidad instalada por debajo de 100 kW.
- Por último, establecer alguna aproximación acerca de costos, tipos de construcción, métodos de comparación económica y equipos a utilizar, que permitan simplificar los trabajos de factibilidad y anteproyecto. A partir de estos elementos se definirá en qué condiciones deben desarrollarse las acciones a tomar en un futuro para la implementación del Plan Maestro (PM).

3. INVENTARIO POBLACIONAL DE LA REGION ANDINA

En el estudio realizado por la Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE) denominado "Estudio para determinar la Capacidad de Fabricación Nacional de Equipos y Componentes que trabajen con Fuentes no Convencionales de Energía", se realizó un levantamiento poblacional para evaluar la población desabastecida del servicio eléctrico en el país, el cual arrojó como resultado que comparativamente, con el resto de las regiones del país, la Región Andina presenta los más altos índices de desabastecimiento de todo el territorio nacional.

En el siguiente Cuadro se muestra la población sin electricidad de la Región Andina.

	1981	1984		
ESTADO	POBLACION TOTAL	POBLACION SIN ELECT.	% DEL TOTAL	# DE POBLACIONES*
MERIDA	459 361	115 154	25,07	49
TACHIRA	660 234	136 773	20,72	45
TRUJILLO	433 735	144 248	33,26	17
	11 553 330	396 175	25,50	111

* sin electricidad

Esto demuestra la importancia de implementar en esta región un programa de aprovisionamiento de energía a corto plazo como se ha concebido dentro del Programa Nacional.

4. ACTIVIDADES REALIZADAS

Dentro de los aspectos considerados en el Programa Nacional, se ha realizado una recopilación de información referente a PCH y a su vez se han realizado los siguientes trabajos y evaluaciones:

- a. Programa de desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, ingeniería básica.
- b. Evaluación hidroenergética de nueve sitios factibles de ser equipados de PCH en la Región Andina de Venezuela.
- c. Métodos de evaluación hidroenergética.
- d. Estudio de la capacidad de fabricación nacional de equipos que trabajen con fuentes alternas de energía.
- e. Utilización de bombas operando con modo turbina para equipamiento de PCH.

5. CONSIDERACIONES IMPORTANTES QUE HA ARROJADO EL PROGRAMA

Dentro de la evaluación realizada para verificar la posibilidad de fabricación nacional de PCH en el país, se ha comprobado que existen tres alternativas para su implementación:

- a. Fabricación a partir de secuencias normales:
 - . Etapa de diseño
 - . Modelaje
 - . Programa de construcción de piezas
 - . Elementos y ensayos
 - . Producción final
- b. Comparación de patentes y planos de construcción de algún fabricante internacional que se amolde más a las especificaciones que se requieran y que esté dispuesto a la venta de la misma.
- c. Sustitución de las turbinas convencionales por Bombas Centrifugas de flujo radial o axial, la cual ha demostrado, por el estudio efectuado sobre "Utilización de Bombas Operando

en modo Turbina para Equipamiento de PCH", que es una alternativa viable técnica y económicamente hablando, toda vez que existen cuatro fabricantes en el país, con amplia gama de equipos de bombeo.

Es evidente que el uso de las bombas en modo turbina implica correcciones y ensayos en diseño y comportamiento, los que serán realizados cuando se implementen los estudios de ingeniería básica, construcción e instalación, los cuales se piensan realizar al corto plazo.

La primera de estas alternativas resulta muy costosa en el caso que nos compete que es la turbina hidroeléctrica. La segunda posibilidad elimina la etapa de diseño y modelaje, se suplanta la "curva de aprendizaje en la construcción", por el pago de patentes. Esta alternativa resulta también costosa, pero menos que la anterior, hablando, claro está, de las turbinas convencionales.

6. CONCLUSIONES

Aunque como se puede notar en el texto, el desarrollo de PCH en Venezuela está en una etapa de investigación inicial, el Ministerio de Energía y Minas considera que hay estudios suficientes para iniciar la planificación, construcción y puesta en marcha de al menos tres de los sitios evaluados en los Andes como resultado del estudio realizado "Evaluación Hidroenergética de nueve sitios factibles de ser equipados de PCH en la Región Andina de Venezuela".

En tal sentido dentro de un orden de actividades a desarrollar están:

- La ingeniería de detalle del tipo de turbina seleccionada.
- Implementación de una planta piloto.
- Aplicación masiva en la Región Andina.

Por esta razón actualmente se hacen todos los esfuerzos para comprometer a las Instituciones relacionadas con el establecimiento del servicio eléctrico, las corporaciones regionales y estatales, así como con organismos internacionales para el desarrollo de las actividades planteadas y lograr así las metas trazadas al corto plazo y también lograr una tecnología nacional en este sector energético.

REGIONAL DOCUMENT ON NATIONAL EXPERIENCES WITH
SMALL HYDROPOWER STATIONS

(Part Four)

PRESENTATION

This fourth and last part of the Regional Document on National Experiences with Small Hydropower Stations includes contributions from Peru, Suriname and Venezuela.

Upon ending this series, it is worthwhile to highlight the extent to which the objectives set by the countries of the Region coincide in their efforts to incorporate marginal rural areas into national productive and economic activities through projects for mini and micro hydroelectric generation.

SMALL HYDROPOWER STATIONS: PERU

1. HISTORICAL SUMMARY

In Peru, given its special hydrographic conditions, many small hydropower stations (SHP) have been built over the last few decades, using national technology and varying degrees of empiricism. Varying results have been obtained, in terms of duration, cost and quality.

The State, through the corresponding ministries, public enterprises, corporations and other entities, has made sporadic efforts to implement hydropower stations having diverse technical characteristics. Many of these have been quite small and, therefore, costly, with no possibility for providing continuous service so as to permit the use of electricity as a driving force, because most of these stations are used only for lighting purposes and are shut down during the day.

Currently, ELECTROPERU S.A. is developing extensive activities in this field, through a program of rural electrification. In this regard, there are three international agreements and ten decentralized project units which are developing around 70 SHP.

Furthermore, small- and medium-scale mining, pressured by the high cost of the oil which they use to operate electrogen groups, have even built SHP using national turbines, but without demanding acceptable efficiency. Such stations operate satisfactorily, however, and solve the energy problem for these units of production.

These disperse efforts and the volume of investment that they entail call for efforts at organization and rationalization of the process through a program in which the main activities to be carried out are ordered.

Despite the fact that the activities have been undertaken without strictly following a national plan or program, it can be said that the rate of activity is high but somewhat disperse and that most of the investments are made with funds generated by consumer taxes charged to the electric power users in urban zones, primarily in the capital.

Nonetheless, the most well-ordered actions in the field of small hydropower stations are concentrated in the agreements signed by ELECTROPERU S.A.: 1) with the Agency for International

al Development (AID); 2) with the Government of the Federal Republic of Germany; and 3) with the British Government. Furthermore, there is a set of small projects with varying degrees of advance, which mostly use equipment contracted with the governments or companies of China, Brazil and the U.S.A., under tenders made at the end of the past decade.

2. INSTITUTIONAL STRUCTURE

The activities related to small hydropower stations are carried out not only within the public sector but also within the private sector, but the former plays the role of promoter, and their respective responsibilities will be discussed in that order.

2.1 Public Sector

Within the public sector, the policy-directing body is the Ministry of Energy and Mines, but the organization which is most active in the field of SHP is ELECTROPERU, which is responsible for overall planning, formulation of studies, and implementation of works, up to the start-up, operation and maintenance of stations.

In order to be able to perform these functions, the structure illustrated in Appendix 1 exists; it forms part of the general organizational structure of ELECTROPERU but must handle matters related to the SHP program.

First of all, as far as general programming is concerned, it is the Office of the Technical Manager which, through its Rural Electrification Unit, as a function of the guidelines growing out of the Office of the Planning Manager and the Master Plan, must oversee the programs of implementation geared to rationalizing investments and ordering the different actions demanded by the development of this strategic activity which extends into almost all the corners of the country's interior.

Therefore, the Rural Electrification Unit of the Office of the Technical Manager is in charge of carrying out, directly or through national consultants, all of the activities related to project studies which will later be submitted to the Works Manager for construction. At present, through the Consultancy Services Agreement signed between ELECTROPERU and COMMSA, the Energy and Mining Sector's public enterprise, a first group of studies is being negotiated and will be undertaken this year. Parallelly, also through COMMSA and other national consulting firms, the

First National Inventory of Small Hydropower Resources is being organized. It will serve to establish an order of priorities for carrying out those studies which require preferential attention.

However, it is necessary to indicate that the efforts made regarding studies are not recent and have not been restricted to such studies; most activities have been oriented to project implementation for more than five years now, through a program of Electric Power Expansion, with investments on the order of US\$ 10 to 20 million per year. The part corresponding to SHP comprises more than 70 projects, which can be divided into four groups:

- a) The AID (Agency for International Development) Agreement, whereby 40 feasibility studies and 15 final studies have been carried out, on the basis of which 12 stations and their adjacent small electrical systems have been built.
- b) The Balfour-Beatty (UK) Contract to finance hydroelectric studies and equipment for use in 20 to 30 projects.
- c) The agreement with the Federal Republic of Germany, which is basically a program of technical assistance whereby four model micro-regional studies are being done and another four pilot projects are being built with equipment donated by the German Government.
- d) A group of 20 to 25 smaller projects which began some time ago without the corresponding studies and which, generally speaking, use equipment purchased from China, Brazil and the U.S.A.

For the construction of the respective works, the Works Manager has ten decentralized executing offices (UPE - Electrification Project Units) which carry out projects within the scope of geographical jurisdiction, in coordination with the corresponding regional office of ELECTROPERU and the respective Departmental Development Corporation. It is worthwhile to note that efforts are in progress to have these offices transferred to the regional company in charge of the corresponding electric power services. These transfers are done in keeping with the decentralization policy for which ELECTROPERU has created eight affiliated regional companies whose main task is to operate, manage and maintain the existing services; however, due to reasons of regional development, they must gradually assume the task of expanding the country's electric power frontiers, accepting the greater responsibility that this entails. In this period of transition the rural electrification programs, given their smaller size and greater dispersion, should therefore be promoted, controlled and supervised centrally, until the regional companies are in a position to develop SHP projects by themselves.

As mentioned above, within the public sector, directly under the Presidency of the Republic, there are Departmental Development Corporations and organizations supportive of the development of depressed zones in the interior of the country. In both cases, allocations for the construction of small local hydropower stations is frequent; generally, these are disbursed through PETROPERU, but where the decision of carrying out the project does not always respond to criteria of regional or national interests, but rather to local enthusiasm.

It is also worthwhile to mention the participation of the Industrial Marine Service (SIMA), to which the manufacture of the most important metal parts of the stations, e.g., grates, gates and penstocks, has been assigned, the value of which amounts to around 10% of the total value of the civil works; its role of promoter of the use of national resources is of great importance for national interests.

2.2 Private Sector

Although ELECTROPERU carries on several tasks directly, it also fosters the participation of the private sector in some important activities, such as formulation of projects, preparation of the corresponding studies and construction of works, including the fabrication of some hydroelectric equipment; the group of private consulting firms and contractors which are involved in the studies and works, respectively, total close to fifty.

It should also be noted that small- and medium-scale national mining, pressured by the high cost of fuels and the difficulties in transporting them to the remote places where mineral deposits are found, has built, and continues building, small hydropower stations to meet the electric power needs of their concentrating plants, furnaces, camps, etc., thus constituting another important center of promotion of SHP, with the subsequent multiplier effects for the national and regional economy.

3. PROJECT DEVELOPMENT

The organizational set-up described above develops the different SHP projects in all of their phases, from identification, studies and construction up through operation; therefore, an attempt will be made below to discuss how each of these is handled in Peru.

First of all, it is necessary to mention that the experience of recent years leads to the conclusion that small hydropower stations, given their primary destination to public service, should have a limit on minimum size, no lower than 200 or 300 kW. The use of the smallest stations (micros) is intermittent and should therefore be geared to more localized service or sporadic use, e.g., in small communities, farms, etc., where the hours of supply could be matched to the needs of the user group, without calling for continuous operations, whereas SHP of up to 2000 or 3000 kW should function 24 hours a day, thus offering continuous service and permitting the development of daytime demand from the use of electricity as a driving force oriented to the establishment of productive activities.

3.1 Programming

As could be seen in the items above, to date there has been an interesting group of projects with various degrees of advance in studies; from these must be selected the ones to be constructed in coming years.

Within the AID Agreement, nine SHP will be concluded: eight in the Department of Cajamarca and one in San Martin. The German Agreement should conclude another three: two in Ayacucho and one in Pasco. Meanwhile, the British Agreement will lead to three or four medium-scale projects.

Development Strategies and Policies

As a policy guideline, the Government has defined as a priority zone the Andean Trapezoid, made up mainly of the Departments of Ayacucho, Apurimac, Cuzco and Puno, where it is expected to develop SHP projects with greater intensity, as part of the infrastructure needed to activate the economy of depressed areas.

In order to reinforce the organizing process, a project of Identification of the Small Hydropower Potential has been scheduled, with the following objectives:

- To identify the potential of small hydropower stations (SHP) in the interior of the country.
- To carry out an inventory of existing resources, including SHP not used or poorly used, as well as other thermoelectric services.
- To identify possible SHP sites as a function of proximity to the respective centers of demand (isolated rural settlements).

- To outline, at the level of a first approximation, the small electric power systems (PSE) which cover the needs of a micro-region from a common source of generation.
- To provide for mixed services based on hydropower stations and electrogen groups for peak hours, as a solution at the micro-regional level.
- To apply the methodology followed in recent cases to identify utilizable resources, and to improve it with the experience gained.
- To propose a program of interconnection of PSE to optimize the use of SHP and to facilitate their future integration into the national grid.
- To develop the activities described above, using qualified national consultancy services so that all of the utilizable basins can be covered parallelly in the short term.
- To organize the contents of the studies on their two levels: feasibility and final studies, with uniform terms of reference, technical specifications, bases for tenders and bids, budgeting, unit prices, contracts, etc.

3.1.1 Tentative Program

However, taking into account the advances made and the experience gained, it is expedient to establish an order of activities and to rationalize the efforts of the various responsible organizations, through a medium-term program outlined below, based on objectives and a consistent set of actions.

3.1.2 Program Objectives

- To order the actions of the organizations involved in SHP in order to complement them and hinder duplication of efforts.
- To initiate a rate of implementation permitting conclusion of 10 to 15 SHP per year, with proper supervision.
- To develop national engineering starting with 200-kW SHP which, within five years and without foreign intervention, could come to design and implement medium-scale hydro plants, including their equipment.

3.1.3 Actions

The program discussed below may be structured on the basis of eight main actions:

- Organization and concentration of efforts.
- Micro-regional concept of projects.
- Greater participation by national engineering.
- Support to national turbine industry.
- Promotion of local participation.
- Promotion of productive uses of electricity.
- Procurement of international cooperation.
- Systematic formulation and evaluation of projects.

3.2 Studies

What is expected is to continue conducting studies on two levels: feasibility and final studies. The former determines demand, hydroelectric potential, the principal components (installations) of the project and the socioeconomic assessment.

The latter corresponds to the definitive studies which develop designs, drawings, budgets and bases for tenders. Every SHP project is divided into three parts: civil works, hydroelectric equipment, and electrical systems (lines and grids).

In order to reduce costs and shorten the time for formulating studies, the designs should be simple but complete. This means that in the construction stage the resident engineer should make the small adjustments and complementary designs that may be necessary.

To do this, there are terms of reference and bases for selection of qualified services both for the feasibility and final studies, so that simple but efficient, economical projects will be designed. There are also terms of reference and bases for public tenders for the works; these are organized into three main parts: civil works, hydroelectric equipment and electrical systems for lines and grids, thus providing work for three kinds of firms: builders, suppliers and assembly plants.

3.3 Construction

Within the projects under the AID Agreement for Small Hydro-power Stations (SHP), construction has just ended on the 1,000-MW Chongos Alto (Macho) Station and significant headway has been made in another three projects.

- To outline, at the level of a first approximation, the small electric power systems (PSE) which cover the needs of a micro-region from a common source of generation.
- To provide for mixed services based on hydropower stations and electrogen groups for peak hours, as a solution at the micro-regional level.
- To apply the methodology followed in recent cases to identify utilizable resources, and to improve it with the experience gained.
- To propose a program of interconnection of PSE to optimize the use of SHP and to facilitate their future integration into the national grid.
- To develop the activities described above, using qualified national consultancy services so that all of the utilizable basins can be covered parallelly in the short term.
- To organize the contents of the studies on their two levels: feasibility and final studies, with uniform terms of reference, technical specifications, bases for tenders and bids, budgeting, unit prices, contracts, etc.

3.1.1 Tentative Program

However, taking into account the advances made and the experience gained, it is expedient to establish an order of activities and to rationalize the efforts of the various responsible organizations, through a medium-term program outlined below, based on objectives and a consistent set of actions.

3.1.2 Program Objectives

- To order the actions of the organizations involved in SHP in order to complement them and hinder duplication of efforts.
- To initiate a rate of implementation permitting conclusion of 10 to 15 SHP per year, with proper supervision.
- To develop national engineering starting with 200-kW SHP which, within five years and without foreign intervention, could come to design and implement medium-scale hydro plants, including their equipment.

3.1.3 Actions

The program discussed below may be structured on the basis of eight main actions:

- Organization and concentration of efforts.
- Micro-regional concept of projects.
- Greater participation by national engineering.
- Support to national turbine industry.
- Promotion of local participation.
- Promotion of productive uses of electricity.
- Procurement of international cooperation.
- Systematic formulation and evaluation of projects.

3.2 Studies

What is expected is to continue conducting studies on two levels: feasibility and final studies. The former determines demand, hydroelectric potential, the principal components (installations) of the project and the socioeconomic assessment.

The latter corresponds to the definitive studies which develop designs, drawings, budgets and bases for tenders. Every SHP project is divided into three parts: civil works, hydroelectric equipment, and electrical systems (lines and grids).

In order to reduce costs and shorten the time for formulating studies, the designs should be simple but complete. This means that in the construction stage the resident engineer should make the small adjustments and complementary designs that may be necessary.

To do this, there are terms of reference and bases for selection of qualified services both for the feasibility and final studies, so that simple but efficient, economical projects will be designed. There are also terms of reference and bases for public tenders for the works; these are organized into three main parts: civil works, hydroelectric equipment and electrical systems for lines and grids, thus providing work for three kinds of firms: builders, suppliers and assembly plants.

3.3 Construction

Within the projects under the AID Agreement for Small Hydro-power Stations (SHP), construction has just ended on the 1,000-MW Chongos Alto (Macho) Station and significant headway has been made in another three projects.

The results that have been obtained, although on a small scale, should be the motive of serious reflection in the public enterprises which handle investments in the infrastructure works needed to achieve socioeconomic development.

Concretely, this first hydropower station, built through the system of direct administration, has cost US\$ 1 600 000. This means that each installed kilowatt has a unit cost of less than US\$ 1 100, which is surprising for large-scale hydro project managers but confirms the hypothesis of the few which are truly interested in small projects, since the costs of the other SHP which are being concluded confirm that the unit value per installed kW will rarely be over US\$ 1 500.

The great importance of these findings lies in the fact that, according to the few quantified references on investments in large hydropower stations, these have cost two or three times as much per kW, or even more, than the small plants being built under new concepts.

In order to take advantage of experience and positive results on a utilizable scale and to avoid repeating errors, some points which call for special attention are discussed below. These are grounded in four main concepts:

- Simple designs.
- Technical supervision.
- Economic control.
- Project continuity.

First of all, special attention should be granted to the overall project concept, since cost will depend to a large extent on the degree of sophistication with which its parts are designed. Peru is a poor country and our projects must be simple and austere. Nonetheless, simplicity should not be confused with deficiency. The projects should be complete and should have all that which is indispensable and should be efficiently designed and austere developed.

The other item of the projects where there should be detail is unit prices. Currently, with the advantages offered by micro-computers, it is easy to implement a system or program of unit prices at the level of companies, which, by varying the basic prices, can be periodically updated and of compulsory use in all the areas in which economic studies and projects are carried out. It is frequent, if not inevitable, that once the project has begun, the builder will introduce changes which, if not

controlled, may alter the direction of the project. Therefore, it is very important that the project be carried out with periodical supervision of its progress and that the contractor be able to explain the purpose of each part and to give his opinion and/or authorize any modification. Furthermore, in many cases construction difficulties call for the execution of supplementary structures which, although sometimes necessary, should not always be authorized, since the facility or benefit obtained therefrom does not justify the expense they would entail and since the additional cost could make the project anti-economical.

Parallely, there should be financial-accounting control. The needs of each decentralized executing unit will inevitably be greater than the resources which are usually available and there is a tendency to use resources in unprogrammed works and activities which, nonetheless, because of personal or institutional pressures have to be undertaken, thereby continuously sacrificing the goals of the priority projects.

The frequent presence of an accounting supervisor both obliges a stricter allocation of funds and provides backing for the executing unit's decisions in this regard.

A by-product of this supervising action is that it facilitates and even forces cost control, a fundamental aspect which has been neglected of late but which should be an ongoing, compulsory activity in investment-management areas.

Finally, the fourth pillar on which this plan for reduction of investment rests is project continuity.

It is not easy to quantify this heading, but the additional cost entailed by reactivation of a project paralyzed for some time is extremely high, since it is necessary to cover the direct costs of equipment mobilization, access road cleaning, administrative and logistical reorganization, as well as indirect costs due to payment of interests and overdue settlements of loans and disbursements. Neither can the estimated value of immobilized capital be overlooked, nor the value of earnings not received during the period in which the construction paralysis delayed project start-up.

The magnitude of the losses or higher costs that can and must be avoided means that measures of austerity in countries such as ours should not be poorly interpreted and that rational, positive criteria should be applied, so as to maintain an equilibrium proportional to the amount of the expenditures that must be made, in order to be able to achieve greater savings.

The item of hydroelectric equipment deserves some explanation, since in recent years major strides have been made to attain its integrally national manufacture. All of the experience of previous decades has been used to try to resolve the problem of turbine and regulator fabrication, since the generator, switchboards and valves have been constructed for some time and it can even be said that there is already at least one national firm that, with advising from a European company, has managed to achieve the levels of quality and efficiency normally required in the power plants serving public utilities.

3.4 Operation and Maintenance of Facilities

One of the weightiest reasons in the decision to build hydroelectric stations instead of thermoelectric ones (usually diesel-run) is undoubtedly their low cost of operation and maintenance.

However, the fact that a plant is put into operation, whether it be hydraulic or thermal, entails hiring new personnel having stability; and the organizations in charge of management put up resistance to increasing staff, since during the early years of operation it is very difficult for the service to yield earnings.

This aspect calls for a strategy at the national level, with impact on two levels: supply and demand. On the first, administrators must subsidize the initial years of stations if need be. Meanwhile, on the second, there should be rural campaigns to propitiate the use of electricity as a driving force for the development of local productive activities; this requires coordinated action primarily between the agricultural/livestock and industrial sectors, to expand and intensify the audiovisual programs of ELECTROPERU S.A., prepared specially in collaboration with CESPAC of the Ministry of Agriculture, to disseminate knowledge about SHP and to promote the productive use of electricity through portable television modules which can also be used for promotional programs in the area of agriculture, in farm communities and settlements in the interior of the country.

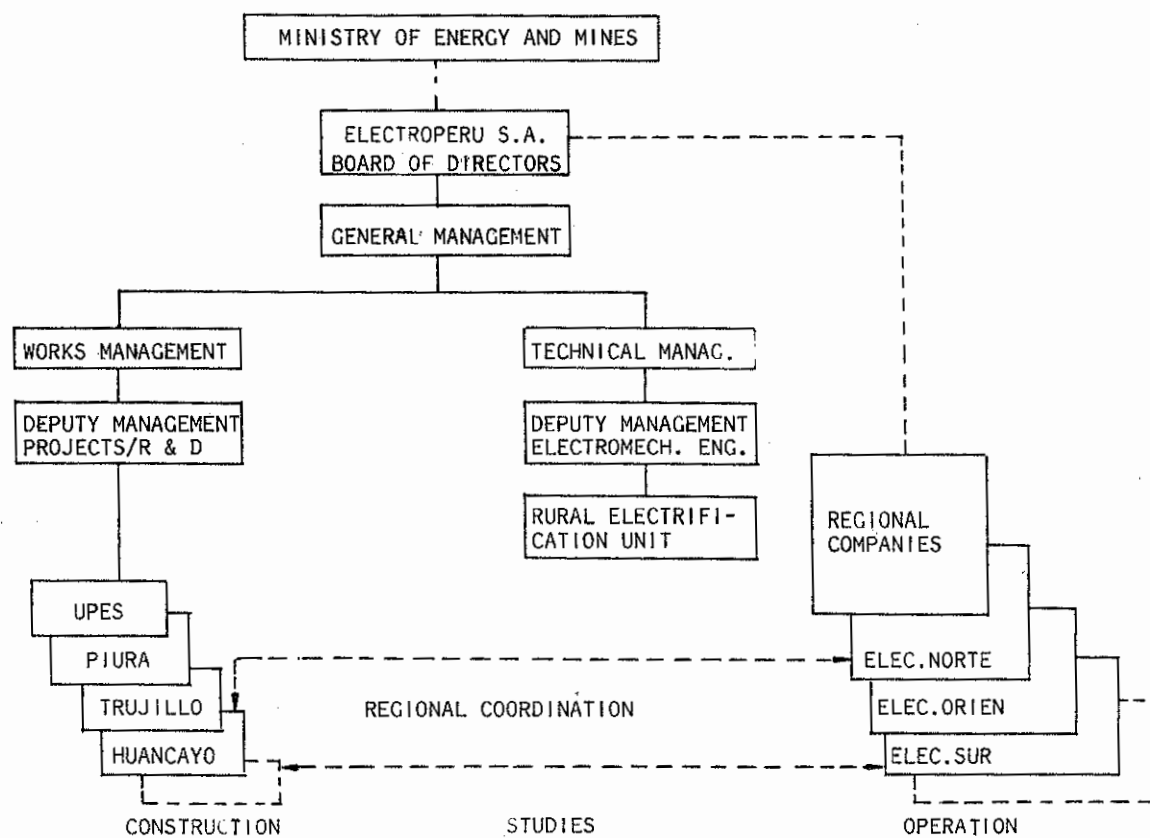
4. CONCLUSIONS

The elements needed to develop an SHP program exist, since throughout the territory-- especially in the inter-Andean valleys-- there is a variety of hydroelectric resources. It has also been possible to gain sufficient experience, whereby costs are being significantly lowered; there are institutions to build SHP; and soft-term financing is available.

There is a certain dispersion of efforts among the various institutions involved, and it is necessary to unite their efforts.

An element of order is called for, acting on three main levels:

- a. The projects should be formulated with criteria of simplicity and efficiency, but following uniform guidelines permitting their assessment and the establishment of priorities with a view to optimizing investments.
- b. For construction programs, special care should be taken with technical supervision, economic control and project continuity.
- c. Efforts should be made to take advantage of the low SHP operating and maintenance costs, so that they will function during the day and country-dwellers will become accustomed to the idea of having a secure, continuous supply of electricity.



SMALL HYDROPOWER STATIONS: SURINAME

1. PREFACE

The energy crisis of the nineteen seventies has had its impacts on Suriname as well. However, they were less far-reaching for us than for most developing countries.

The greater part of imported fuel is being used as an input for the bauxite industry, and the latter has been able to pass on the rising oil prices to consumers.

Furthermore, we are developing the energy potential of hydropower.

In the development of the energy production of our country, we aim at an integral approach to new local production options, the importation and distribution of oil and other energy resources, and the distribution of locally produced forms of energy.

2. OBJECTIVES

The public electricity supply in Suriname is based on the use of diesel fuel, although a limited amount of energy is delivered to the city from the privately-owned hydroelectric station. The future expansion of the electricity supply is to be based on progressive development of hydropower resources.

Various projects, such as Saramacca, Phedra and Jaikreek, have already been defined for supplying the main populated area around Paramaribo, and the large Kalebo project is to support major industrial development at some future stage.

The demand growth in the Paramaribo system and elsewhere is being met in the short term by installation of new diesel units.

Even smaller hydropower projects are considered, which might serve the needs of the isolated interior villages. Many of these communities have a limited electricity service, depending on small diesel units.

3. BACKGROUND INFORMATION

Suriname is roughly square, measuring about 400 km in the East-West and North-South directions. Its area is 164 000 km², with its northern border the Atlantic Ocean. Its eastern and western borders are the Marowijne and Corantijn Rivers, respectively, separating Suriname from French Guiana and Guyana. The southern boundary is the mountain watershed between the countries of Suriname and Brazil.

The topography is an alluvial plain near the coast, hilly between the valleys in the interior and highest along the south-eastern and central-west mountain ranges, which rise to peaks of 700 to 1 200 m above sea level.

Except for the cleared and cultivated areas along the coastal strip, the whole area is forested.

The climate is tropical rain forest with distinct wet and dry seasons. Although it rains the year round, May and June are the wettest months and September and October the driest. The mean annual temperature is 27 °C. Relative humidity averages 84%.

The population is about 350 000, with a density of 2.1 persons/km².

4. THE HYDROELECTRIC POWER POTENTIAL OF SURINAME

Suriname has sufficient waterforce potential to meet our country's need for electricity for many decades.

The total hydroelectric potential amounts to approximately 2 419 MW. This hydroelectric potential can be considered as medium- and large-scale projects. (See Table No. 1.) The small hydroelectric projects are listed in Table No. 2.

TABLE No. 1

MEDIUM- AND LARGE-SCALE HYDROELECTRIC POTENTIAL

LOCATION	RIVER	CAPACITY (MW)
Afobakka	Suriname	189
Davis Falls	Kabalebo/Corantijn	500
Kabalebo Airfield	Kabalebo	300
Matapi	Corantijn	150
Mao Pityan Falls	Coeroeni	250
Tapatosso	Tapanahony	400
Soekratiepoort	Marowijne	500*
Phedra	Suriname	21
Saramacca I	Saramacca	16
Saramacca III	Saramacca	48
Saramacca IV	Saramacca	45

TOTAL 2 419

* Only half of the Marowijne River potential has been taken into account, since it is a border river.

4.1 The Kabalebo River

- Phase I

The construction of a dam near Davis Falls, with an installed capacity of 300 MW and diversion of the Lucie River to Kabalebo. The average energy to be generated amounts to 1 278 GWh.

- Phase II

Due to the diversion of part of the Corantijn River to the Kabalebo Reservoir, the capacity can be increased by 200 MW. The total average of energy is thus brought to 3 234 GWh. Phase I and Phase II have been worked out in detail.

- Phase III

In this phase a dam will be built near the Kabalebo Airfield with an installed capacity of 300 MW. This possibility has not yet been examined.

4.2 The Saramacca River

The waterpower potential of the Saramacca River can be developed by the construction of three barrages at various locations. The total gross height of drop amounts to 98 meters.

Saramacca I will be built with an installed capacity of 36 MW, approximately 3 km upstream of Kwakoebron, while Saramacca IV will be built at a distance of 4 km from Pakka Pakka.

The installed capacity will amount to 45 MW. These two projects can be executed after the Saramacca III has been realized.

- The Saramacca I Project

The location indicated for the construction of this hydro-electric station is approximately 3 km upstream of the village of Kwakoebron.

The average capacity to be generated is approximately 16 MW. This corresponds to a yearly energy generation of 140 million kWh. The construction will take about 4 years.

The capital outlay was estimated in 1961 by Harza Engineering at Sf. 49 million ^{1/}. The present outlay shall be about Sf. 300 million.

- The Saramacca III Project

The Saramacca III project comprises the construction of a hydro station at approximately 9 km upstream of the conjunction of the Saramacca River and the Kleine Saramacca, as well as the diversion of the Kleine Saramacca to the formed reservoir.

The maximum height of the rise will be partly determined by the Saramacca IV project upstream. The total fall between these two locations, which are situated 43 km. from each other, is 36 m. The average height of fall with the turbine of the Saramacca III project will amount to approximately 32 m. The constant firm power then will be 20 MW (the extra firm power caused by the

^{1/} Surinamese florins.

diversion of the Kleine Saramacca III reservoir is 7 MW). The duration of the construction is being estimated at 3 years.

General Data:

Location	9 km upstream of New Jakob Kondre
Average head	32 m
Flow rate	77 m ³ /s
Installed capacity 3 x 16 MW	48 MW
Firm energy	175 million kWh
Average to be generated	235 million kWh
Construction period	3 years

- The Saramacca IV Project

This project can be generated as a follow-up to the Saramacca III project. There is a possibility for this hydro station to be built near the village of Pakka Pakka.

General Data:

Reservoir height	+ 100 m NSP
Average fall near barrage	38 m
Average delivery	80 m ³
Capacity to be installed	45 MW
Annual energy production	220 million kWh

Source: Harza Engineering - Saramacca River Development (1961).

4.3 The Suriname River

The Suriname River is already developed by Suralco's Afo-bakka Dam and 189-MW powerhouse with the associated Brokopondo Reservoir (known as the Brokopondo Hydroelectric Plant). The reservoir is very extensive and permits multi-annual regulations of river flows. However, the average river flow is sufficient to operate only about two thirds of the powerhouse capacity.

Downstream of the dam and only about 70 km from Paramaribo, another possible hydropower site has been identified on the Suriname River. This would be a very low-head project (about 4 m) of 14-20 MW, at Phedra, and the unit costs would be relatively high (about US\$ 4 000 per kW in 1982).

- The Brokopondo Hydroelectric Power Plant

General Data:

Location	Afobakka, approx. 130 km south of Paramaribo
Construction costs	Sf. 100 million (1965)
kWh-price	0.4 Sct (cents)
Average flow rate	350 m ³ /s
Installed capacity	189 MW (3 x 30 + 3 x 33)
Average energy	1 030 million kWh
Length of main dam	53 m
Number of saddle dams	16
Surface of reservoir	1 560 km ²
Average head	40 m
Construction period	6 years

Source: The Brokopondo Project

- The Jaikreek Project

The purpose of the Jaikreek hydroelectric project is to divert Jaikreek by stowing up the water via a diversion canal to Marowijne Creek, in order to be carried off to the Brokopondo Reservoir. The Brokopondo Hydroelectric Plant has six turbines (3 x 30 and 3 x 33 MW), four of which are in use. By diverting Jaikreek, the fifth turbine can be set in operation as well. Jaikreek is a left tributary of the Tapanahony River and will be dammed at a distance of 2 000 m down the mouth of the Olenskreek. The basin area of Jaikreek is in the Tapanahony Basin and amounts to approximately 1 925 km².

Jaikreek finds its way through a range of hills varying from 220 m to 120 m above the average sea level. The greatest length from the origin to Olenskreek amounts to 100 km. The estimated capacity is 14 MW or an average of 121 million kWh.

General Data:

Location	Approx. 280 km south of Paramaribo
Average flow rate	65 m ³ /s
Average energy capacity	14 MW
kWh price	0.06 Sct.
Length of main dam	4.5 km
Height of main dam	22 m
Construction period	2 years

Source: Jaikreek Foundation

- The Phedra Hydroelectric Project

The Phedra Project aims at the construction of a low weir in the Suriname River, near Phedra, at a distance of 60 km from Paramaribo, for the purpose of generating electricity for the benefit of Greater Paramaribo. The water carried off from the Afobakka Hydro Station at present flows unutilized to the sea through the Suriname River. This water can be used again in a simple way for generation of electricity by building a barrage at Phedra and installing therein 6 low-head turbines having a capacity of 3.5 MW each. The average energy capacity will be about 16 MW.

The barrage will have an average height of 5 m and a length of 1 650 m.

General Data:

Average head	3.8 m
Flow (incl. Jaikreek diversion)	450 m ³
Installed capacity (6 x 3.5)	21 MW
Average energy (cap.)	16 MW (14 million kWh)
kWh price	Sf. 0.10
Length of dam	1 650 m
Height of dam	5 m
Construction period	3 years

4.4 The Marowijne River

East of the Suriname River there are minor coastal rivers, but the only major river is the Marowijne River, along the French Guiana border. Its upstream portion is called the Lawa, upstream above the confluence of the Tapanahony River at Stoelmanseiland.

The Tapanahony drainage basin is of interest because it lies just south of the drainage to the Brokopondo Reservoir. It is planned to divert Jaikreek, a left-bank tributary of the Tapanahony across the divide, so as to feed into the Brokopondo Reservoir and the Afobakka Power Station.

4.5 The Tapanahony River

The water power potential of the Tapanahony River can be developed in several ways. First, through a diversion of the water to the Suriname River and, as a second possibility, by building hydroelectric units in the Tapanahony River itself.

- Diversion of the Tapanahony River to the Suriname River

Diverting the water of the Tapanahony River to the Suriname River will add an extra output of approximately 400 m³/s to the existing Brokopondo Reservoir. Further, it has been pointed out that when diverting the water of the Tapanahony River to the Suriname River, there should be an agreement with French Guiana, since the Tapanahony River flows into the Marowijne River.

- Hydroelectric Units in the Tapanahony River

There are various locations in the Tapanahony River to set up hydroelectric units.

The places considered for setting up hydroelectric units are: Tepoe, Pepejoe, Palomeu and Tapa Toso. The total energy that can be generated by means of these hydroelectric units amounts to approximately 400 MW. When executing one or more of these projects, no problems will arise with French Guiana, since the water finds its normal passage to the Marowijne River.

Source: Appraisal Survey of Hydropower Reservoirs in Suriname, Harza Engineering, 1959.

- Hydroelectric Power in the Marowijne River

The Marowijne River forms the border with French Guiana; therefore, development of the waterpower potential in the Marowijne River cannot take place until an agreement has been reached between the Governments of Suriname and French Guiana. There are possibilities to build two dams near the Manbarie and Armina Falls, respectively. Downstream of the Armina Falls there is also a dam location near Basien Island. Another barrage location could be Soekratiepoort. An estimated 1 000 MW could be generated. Half of this can be regarded as Surinamese potential.

Source: Development Plan of Surinamese Rivers.

5. POSSIBLE SMALL HYDROPOWER PROJECTS

The falls and rapids in rivers close to the communities needing new power supplies are generally quite small, usually navigable by canoes. They are therefore usually inadequate to allow economic hydropower development and in only a few cases would it be realistic to consider hydroelectricity as a potential resource.

Of the various hydropower sites considered, only two sites are judged as economically acceptable. These sites are Djoemoe/ Tapawatra and Ladoewani. The other sites, such as Njoen Jakob Kondre and Stoelmanseiland, might be undertaken for social reasons.

TABLE No. 2
SUMMARY OF SMALL HYDROPOWER PROJECTS

LOCATION	RIVER	CAPACITY (kW)
Njoen Jakob Kondre	Saramacca	40
Poesoegroenoe	Saramacca	180
Ladoewani	Suriname	180
Djoemoe	Suriname	180
Marechallskreek	Marechallskreek	40
Stoelmanseiland	Marowijne	50
Poeketie	Tapanahony	40

- Njoen Jakob Kondre

Njoen Jakob Kondre is on the Main Saramacca River, a few kilometers upstream from the confluence of the Little Saramacca River. The main village of Njoen Jakob Kondre has a population of 450.

- Ladoewani

Ladoewani is relatively easily accessible up the Suriname River from Pokigron (about 30 km). The population is about 3 500 in some nine villages, and at present there are six small diesel units, totalling a 90-to-150-kW capacity.

- Djoemoe/Tapawatra

The falls are created by an irregular rock barrier some 400 m from bank to bank, although, during times of medium and low flow variations, rocks totalling half or more of this length are exposed above water. A flow of 8 m³/s with a 3.4-m head could provide about 200 kW.

- Marechallskreek

This site is immediately upstream of a highway bridge. At this point the stream has a drainage area of 70 km², from which the estimated area flow is 1.5 m³/s, with a minimum flow of 0.1 m³/s. With a dam, a reservoir of about 3 km² could be created, with a head of up to 6.1 m.

- Poeketie

This small hydroelectric plant has already been built by the Ministry of Natural Resources and Energy.

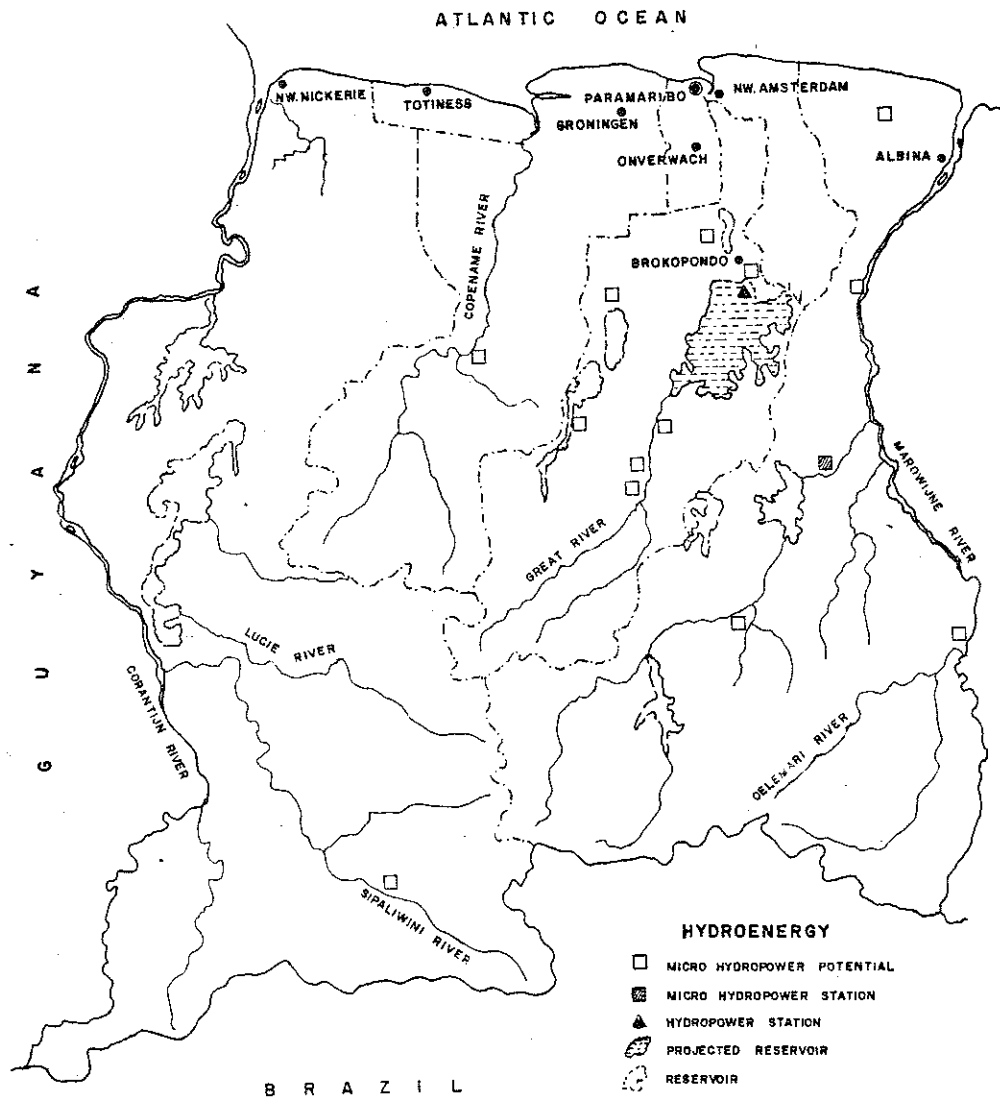
- Stoelmanseiland

At this site two main falls have been identified, both a little downstream from the main island. Each has a large flow available, and an average gross head of about 2 m.

An installation of 40-50 kW would be desirable for the local population of around 800.

This island is currently served by two 15-kW diesel sets.

ENERGY MAP OF SURINAME



SMALL HYDROPOWER STATIONS: VENEZUELA

1. INTRODUCTION AND OBJECTIVES

In May 1984 the Office of Electricity, Coal and Other Energy Sources, within the General Energy Sector Division of the Ministry of Energy and Mines, undertook the Program of Development and Installation of Small Hydropower Stations, for implementation in the short and medium terms in the country's Andean region. With this program, the MEM's purpose was to provide two elements which, besides defining the set of policies to be followed in the sector would make it possible:

- To obtain sufficient experience so that the proposed design solutions would be coherent with the requirements and conditions of the national electric power system and industry.
- To prepare the information needed to define, within the criterion of standardization of facilities and equipment, the "general guidelines" and "procedures manual" of the SHP Master Plan covering the entire country.

The ultimate aims of the national program are:

- In the short term:
 - . To supply electricity to marginal zones of the national interconnected system, especially in the country's Andean region, in order to upgrade the living conditions of its inhabitants, by expanding the possibilities for economic development.
- In the medium term:
 - . To increase the installed electricity-generating capacity, taking advantage of available resources so as to diversify energy sources and propitiate self-sufficient systems, in combination with other renewable natural resources.

Given that the major interest is the eventual massive implementation of SHP, it is necessary to obtain as broad a knowledge as possible of the problems inherent in facilities of this kind, in terms of construction, operation and maintenance during the process of development and start-up. In order to obtain favorable results, a work plan involving the following has been formulated:

- The experiences of other countries, particularly members of OLADE.
- An inventory of population and population growth, to establish the sites having no electric power service and offering the best prospects.
- An assessment establishing the national capacity for manufacturing parts and equipment.
- A study on the different types of turbines, to evaluate the technical-economic feasibility of the equipment and specify the turbomachine model(s) for national fabrication.

Consequently, and despite the low availability of financial and human resources, the plan tends to be restricted to simple activities which meet the objective of gathering information and experience sufficient to be able to expand these results to a broader scope in the future, i.e., using the observations made in this specific region (the Andean region) and transferring the methodology to the rest of the country in the medium term.

2. SCOPE OF THE PROJECT

- As established in the preceding item, the Andean region has been selected for development of the inventorying and implementation activities. It is bounded by the states of Merida, Tachira, Trujillo and part of Portuguesa. At least twenty sites are to be defined in that region, among settlements which do not have electric power service and those where there are old, out-of-service plants with an installable capacity of less than 10 kW. Thus, a Pilot Plan (PP) can be conceived of, to experiment with construction and fabrication technologies and with methods of operation and use of the energy produced-- all in keeping with the hierarchy of favorable conditions in the selected sites.
- In the interest of beginning to develop our own technologies for the manufacture of hydromechanical equipment and parts, resources will be allocated for the design and construction of a Banki-type turbine with a power output capacity of around 50 kW.
- Since one of the aims of the project is to evaluate the cheapest, simplest types of technology and to test their efficiency in small-capacity projects, construction will be promoted with the criterion of using readily available SHP technologies with an installed capacity of less than 100 kW.

- Finally, costs will be estimated in light of types of construction and the economy of the methods and equipment to be used, in order to simplify the feasibility and design efforts. On the basis of these elements, it will be decided under what conditions actions should be undertaken in the future for implementation of the Master Plan (MP).

3. POPULATION INVENTORY IN THE ANDEAN REGION

In the study done by the Electric Power Development and Management Company (CADAPE) on "Determination of the National Capacity for Manufacturing Equipment and Components Working with Non-Conventional Energy Sources," a population survey was conducted to evaluate the population having no electric power service. The findings of this study showed that, in comparative terms with the other regions of the country, the Andean region has the highest indexes for unserved areas in the entire national territory.

The following table indicates the Andean region population which has no electricity:

STATE	TOTAL POPULATION	POP. W/OUT ELECTRICITY	% OF TOTAL	# OF SETTLEMENTS W/OUT ELECTRICITY
MERIDA	459 361	115 154	25.07	49
TACHIRA	660 234	136 773	20.72	45
TRUJILLO	433 735	144 248	33.26	17
	11 553 330	396 175	25.50	111

This demonstrates the importance of implementing a program of energy supply in this region for the short term, as conceived of within the national program.

4. ACTIVITIES CARRIED OUT

Within the aspects considered by the national program, there has been information-gathering on SHP and the following efforts and evaluations have been made:

- a. Small Hydropower Station Development Program: Basic Engineering
- b. Hydroenergy Assessment of Nine Sites Feasible for Locating SHP in the Andean Region of Venezuela
- c. Methods of Hydroenergy Evaluation
- d. Study on the National Capacity for Manufacturing Equipment Working with Alternative Energy Sources
- e. Use of Pumps Run in Turbine Modes for SHP

5. IMPORTANT CONSIDERATIONS GROWING OUT OF THE PROGRAM

Within the evaluation done to verify the possibility of national SHP manufacturing in the country, it has been proven that there are three implementation alternatives:

- a. Fabrication on the basis of normal sequences:
 - . Design stage
 - . Modelling
 - . Component construction program
 - . Testing
 - . Final production
- b. Comparison of patents and construction drawings from some international manufacturer that would better match the required specifications and that would have products readily available for purchase.
- c. Substitution of conventional turbines by radial- or axial-flow centrifugal pumps. Through the study done on "Use of Pumps in the Turbine Mode for SHP," it has been demonstrated that this is a technically and economically viable alternative, since four of the manufacturers in the country could offer a wide range of pump equipment.

Obviously, the use of pumps in the turbine mode entails corrections and testing of design and performance; these tests could be done in the short term, following the basic engineering studies, construction and installation.

The first of these two alternatives is very costly in the case of hydraulic turbines. The second possibility eliminates the design and modelling stage and supplants the construction learning curve with the purchase of patents. This alternative is also expensive, but less expensive than the first when conventional turbines are involved.

6. CONCLUSIONS

Although, as can be seen in the text, the development of SHP in Venezuela is in an initial research stage, the Ministry of Energy and Mines considers that there are sufficient studies to begin planning, construction and start-up of at least three of the sites evaluated in the Andes, as the result of the study "Hydroenergy Assessment of Nine Sites Feasible for Locating SHP in the Andean Region of Venezuela".

Along that vein, the activities to be developed include:

- Detail engineering for the selected type of turbine.
- Implementation of a pilot plant.
- Massive application in the Andean Region.

For this reason, in carrying out the proposed activities, utmost efforts are being made to promote participation by the institutions involved in the establishment of electric power service, regional and state corporations, as well as international organizations, so as to accomplish the targeted goals in the short term and develop national technology in this energy sector.