

REPUBLICA DEL PERU
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD

**EVALUACION DEL POTENCIAL
HIDROELECTRICO NACIONAL**
VOLUMEN I
INTRODUCCION Y RESUMEN

REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA
SOCIEDAD ALEMANA DE COOPERACION TECNICA, GTZ
CONSORCIO LAHMEYER - SALZGITTER, LIS

VOLUMEN I - INTRODUCCION Y RESUMEN

INDICE

		Pag. N°
1.	INTRODUCCION	
1.1	El Contrato	1.1
1.2	Objetivos y Alcances del Estudio	1.2
1.3	Organización del Estudio	1.4
1.4	Ejecución del Trabajo	1.6
1.5	Reconocimientos	1.7
1.6	Organización del Informe	1.8
2.	EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO NACIONAL	
2.1	Información sobre el Sector Eléctrico Actual y Proyectos de Recursos Hidráulicos estudiados anteriormente	2.1
2.1.1	El Sector Eléctrico	2.1
2.1.1.1	Brve reseña histórica de la Electricidad en el Perú	2.1
2.1.1.2	Estructura Orgánica del Sector Eléctrico	2.1
2.1.1.2.1	El Ministerio de Energía y Minas	2.2
2.1.1.2.2	Electroperú	2.2
2.1.1.2.3	Empresas Estatales Asociadas	2.4
2.1.2	Instalaciones Hidroeléctricas existentes y en construcción	2.4
2.1.2.1	Capacidad Instalada	2.4
2.1.2.2	Sistemas Interconectados	2.4
2.1.2.2.1	Sistema Interconectado de la Región Central	2.7
2.1.2.2.2	Sistema Interconectado de la Región Norte	2.7
2.1.2.2.3	Sistema Interconectado de la Región Sur-Oeste	2.7
2.1.2.3	Autoproductores	2.7
2.1.3	Inventario de Proyectos Hidroeléctricos con estudios previos	2.7
2.1.4	Instalaciones de Irrigaciones existentes y en construcción	2.8
2.2	El Potencial Hidroeléctrico Teórico	2.11
2.3	Proyectos Hidroeléctricos y el Potencial Técnico	2.13
2.4	Estudio de los Diez Proyectos Seleccionados	2.36

2.4.1	Criterios de la Selección de los Diez Proyectos	2.36
2.4.2	Metodología Mejorada	2.44
2.4.2.1	Cartografía	2.44
2.4.2.2	Geología	2.45
2.4.2.3	Hidrología	2.45
2.4.2.4	Diseño	2.45
2.4.3	Resultados	2.46
2.5	El Apoyo de <u>C</u> ómputo <u>E</u> lectrónico	2.50
2.5.1	Procedimiento de <u>C</u> ómputo Implementado para los Estudios Hidrológicos	2.50
2.5.2	Procedimiento de <u>C</u> ómputo Implementado para la Evaluación de Proyectos Hidroeléctricos	2.52
3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
3.1	Actualización Periódica del Proyecto de Evaluación del <u>Po</u> tencial Hidroeléctrico	3.1
3.2	Mejora de la Información Básica	3.1
3.2.1	Topografía	3.1
3.2.2	Geología	3.2
3.2.3	Hidrología	3.4
3.3	Organización Futura para el Plan Maestro	3.6
3.3.1	Consideraciones Previas	3.6
3.3.2	Organización Futura	3.7
3.3.2.1	Hidrología	3.7
3.3.2.2	Ingeniería Civil	3.7
3.3.2.3	Geología	3.7
3.3.2.4	Redes Eléctricas	3.7
3.3.2.5	Organigrama	3.7

INDICE DE FIGURAS

		Pag. N°
2-1	Zonas Eléctricas de Electroperú	2.3
2-2	Sistemas Interconectados Existentes	2.6
2-3	Centrales Hidroeléctricas Existentes y en Proyecto	2.9
2-4	Irrigaciones Existentes y en Construcción	2.10
2-5	Principales Ríos del Perú	2.12
2-6	Flujo de Información y Lógica de Ejecución de la Definición y Evaluación de Proyectos Hidroeléctricos	2.19
2-7	Actividades e Interacciones realizadas en el Campo de Hidrología	2.20
2-8	Localización de Proyectos Hidroeléctricos que definen el Potencial Técnico - A	2.31
2-9	Localización de Proyectos Hidroeléctricos que definen el Potencial Técnico - B	2.32
2-10	Ubicación de los Diez Proyectos Seleccionados	2.44
3-1	Organigrama Propuesto	3.8

INDICE DE TABLAS

		Pag. N°
2-1	Evaluación de la Potencia Instalada en el País	2.5
2-2	Tasas Anuales de Crecimiento de la Potencia Instalada	2.5
2-3	Potencial Teórico - Vertiente Pacífico	2.14
2-4	Potencial Teórico - Vertiente Atlántico	2.15
2-5	Potencial Teórico - Vertiente Lago Titicaca	2.16
2-6	Proyectos Analizados	2.22
2-7	Listado de Proyectos Hidroeléctricos ordenado alfabeticamente	2.28
2-8	Listado de Proyectos Hidroeléctricos ordenado en forma ascendente por FEC	2.34
2-9	Listado de Proyectos Hidroeléctricos ordenado en forma descendente por Potencia Instalada	2.37
2-10	Cuadro comparativo de los 10 Proyectos seleccionados antes y después del Estudio de Detalle	2.45
2-11	Influencia de los transvases hacia la Costa del Pacífico con relación a la economía de los Proyectos afectados	2.46
3-1	Hojas a : 100,000 de la Carta Nacional que se recomienda ejecutar con prioridad	3.3

1. INTRODUCCION

1.1 EL CONTRATO

En base al "Convenio sobre Cooperación Técnica entre el Gobierno de la República Federal de Alemania y el Gobierno de la República Peruana", aprobado por Resolución Legislativa 16780 del 2 de enero de 1968, el 4 de marzo de 1969 ambos Gobiernos concertaron un acuerdo especial fijando términos y condiciones generales para la confección de un "Plan Nacional de Energía" para el Perú.

Para cumplir con el propósito señalado, el Gobierno de la República Federal de Alemania encargó al Consorcio Lahmeyer-Salzgitter prestar asesoramiento técnico al Ministerio de Energía y Minas del Perú, para la formulación del Plan Energético Nacional 1973 - 1982.

El Programa de Cooperación Energética Peruano-Alemana fue adscrito a la Dirección General de Electricidad. Como contraparte, dentro de la estructura orgánica y como parte integrante de la Dirección de Promoción Eléctrica, se constituyó la División Plan Energético Nacional con Ingenieros, Economistas y personal auxiliar peruano. Esta División en forma conjunta con el grupo alemán efectuaron estudios de carácter técnico y económico necesarios para la formulación del Plan Energético Nacional.

Estos estudios se orientaron básicamente a:

- Determinar, en base a la información existente, el potencial energético del Perú;
- Evaluar la demanda nacional por energía eléctrica correspondiente al periodo 1973-1982;
- Analizar los aspectos técnicos y económicos de los estudios y proyectos existentes sobre el aprovechamiento de fuentes primarias de energía para la generación de electricidad;
- Formular un programa de Equipamiento Eléctrico que permita satisfacer la demanda prevista hasta 1982, incluyendo una estimación de las inversiones necesarias para su implementación.

Estas labores se terminaron en julio de 1973 con un total de aproximadamente 400 Hombres-Mes contribuidos por el Gobierno de la República Federal de Alemania. El resultado fue el Plan Energético Nacional, publicado en 1973, que serviría como base para las decisiones de inversiones en generación y transmisión de energía eléctrica.

De julio de 1973 a fines de 1974 el Gobierno Alemán participó con 36 Hombres-Mes en la primera actualización del Plan de Electrificación Nacional 1976 a 1985.

Los Términos de Referencia del Plan Energético Nacional 1973 a 1982 y el Plan de Electrificación Nacional incluido en el Plan Energético incluyeron como

Para establecer el catálogo de proyectos hidroeléctricos se han analizado centrales con las siguientes potencias mínimas, basadas en el caudal medio multi-anual:

- 100 MW Para centrales a filo de agua, es decir con almacenamiento despreciable para regulación
- 50 MW Para centrales con embalse mensual
- 30 MW Para centrales con embalse multianual

Se dió también consideración a la identificación de proyectos potenciales con una capacidad instalada de 20 MW, para dar suministro a sistemas aislados de generación. Sin embargo, un análisis detallado de la ubicación geográfica y la demanda futura probable de tales centros de carga, y su relación con los sistemas interconectados existentes y futuros mostró que es muy improbable que los sistemas aislados justifiquen plantas del orden de 20 MW antes del año 2000.

En la selva Baja no se han evaluado proyectos debido a las siguientes causas:

- ausencia de cartografía y la imposibilidad de elaborarla de acuerdo a la metodología indicada en la sección 5.2.2.2 del Volumen II
- a la formación de lagos gigantes con presas de pequeña altura y la influencia no cuantificable de los mismos sobre la ecología y clima de la región
- a la presencia de condiciones geológicas en general poco favorables,

Otro aspecto potencial tomado en consideración fue la fuerte corrosión de estructuras metálicas y de concreto por el agua enriquecida con ácidos de la descomposición de materias orgánicas. Todos estos problemas imposibilitaron la evaluación de proyectos específicos para esta zona.

En las demás regiones con potencial teórico atractivo y en donde las condiciones topográficas e hidrológicas cumplieran las condiciones mínimas señaladas anteriormente, se definieron y analizaron sistemáticamente proyectos hidroeléctricos. El objetivo principal no fue definir proyectos aislados económicos sino indicar la manera de explotar íntegramente los recursos de una cuenca o sistema hidroeléctrico de la forma más económica, dentro de las limitaciones señaladas. Para este objetivo se definieron cadenas alternativas de desarrollo y se establecieron diagramas de compatibilidad y lógica entre proyectos para cada una de las cuencas analizadas.

Los proyectos del catálogo son todos aquellos que conforman las cadenas óptimas de desarrollo. Para éstos, con el objeto de realizar la optimización del Sistema Eléctrico Nacional, han sido calculados con 15 potencias instaladas, es decir asumiendo operación puramente de base hasta una operación de punta. En una fase posterior a este Proyecto, en base al Catálogo de Centrales Térmicas y a la red de transmisión se procederá a establecer el Plan Maestro de Electrificación Nacional.

1.3 ORGANIZACION DEL ESTUDIO

El Gobierno de la República Federal de Alemania asignó a la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas un grupo de consultores en Planificación por un período de 31 meses y un total de 140 Hombres-Mes aproximadamente. La ampliación del estudio para incluir aquellas regiones del país no contemplados en los Términos de Referencia originales, resultó en 125 Hombres-mes adicionales financiados por el Banco Mundial.

Por su parte, la Dirección General de Electricidad conformó un grupo de profesionales peruanos para actuar como contra-partida de los consultores alemanes y proporcionó el personal y los servicios auxiliares requeridos por el proyecto incluyendo vuelos de helicóptero. Como una valiosa ayuda para la ejecución de los estudios, el Gobierno Alemán donó fondos para la compra de un sistema de minicomputadora Data General Eclipse S/ 200, así como vehículos y equipo necesario requerido para las investigaciones de campo.

El grupo peruano-alemán que participó en los estudios, estuvo integrado por los siguientes profesionales :

Dr. Ing. Manfred Gaertner (LI)	(Jefe del Proyecto - Alemán) 16.08.76/ 30.12.78
Dipl. Ing. Sergio Morariu (LI)	(Jefe del Proyecto - Alemán) ^(*) 01.09.77 c.
Ing. Alejandro Guisse M. (MEM)	(Jefe del Proyecto - Peruano) 16.08.76 / 31.08.78
Ing. Guillermo Echeandía (MEM)	(Jefe del Proyecto - Peruano) ^(**) 01.02.78 c.
Ing. Félix Alfaro (MEM)	(Ingeniero Civil) 01.06.77 / 15.11.78
Mat. Alfredo Becerra (MEM)	(Analista de Sistemas) 16.08.76/ 05.05.78
Dr. Boris Boor (SCG)	(Ingeniero Civil) 10.09.76 / 09.03.79
Ing. Rafael Cabezas (MEM)	(Ingeniero Electrónico) 27.05.77 / 31.12.77
Ing. Carlos Cervantes (MEM)	(Bachiller en Ingeniería Eléctrica) 01.02.79
Ing. Fernando Chacón (LI)	(Ingeniero Electricista) 02.01.79 continúa
Ing. Rosa Chumbe (MEM)	(Ingeniero Agrícola) 01.07.78 continúa
Ing. Alberto Elías (MEM)	(Ingeniero Electricista) 01.02.79 continúa
Ing. Jorge Esaine (MEM)	(Ingeniero Civil) 16.08.76 continúa
Lic. Fernando Figueroa (EP)	(Especialista en Computación) 15.12.78 c.
Ing. Freddy Flores (MEM)	(Ingeniero Civil) 01.03.78 continúa
Ing. Hans-Peter Gust (LI)	(Ingeniero Mecánico) 17.1.79 / 29.01.79
Ing. Alberto Lazo (MP)	(Especialista en Computación) 02.01.79 c.
Ing. Luis León P. (MEM)	(Ingeniero Civil) 16.08.76/continúa

(*) Se hizo cargo a partir del 01.01.79

(**) Asumió la Jefatura a partir del 01.09.78

Ing. Luis Gil C. (MEM)	(Ingeniero Electricista) 15.11.78 continúa
Ing. Manuel Gonzales (MEM)	(Ingeniero Geólogo) 16.08.76/continúa
Dipl. Ing. Martin Lommatzsch (LI)	(Ingeniero Civil) 13.12.76 / 09.03.79
Dr. Dietrich Mietens (SCG)	(Ingeniero Geólogo) 11.03.77 / 09.03.79
Ing. Dieter Morgenstern (LI)	(Ingeniero Civil) 13.04.77 / 14.04.78
Ing. Javier Muñoz Najar (MEM)	(Ingeniero Geólogo) 01.06.77 / 30.03.79
Ing. Gustavo Ocampo (MEM)	(Ingeniero Civil) 01.03.78 continúa
Ing. Julio Porcel (MEM)	(Ingeniero Electricista) 01.03.78 continúa
Dipl. Geo. Wolfgang Raab (SCG)	(Ingeniero Geólogo) 07.03.77 / 09.06.78
Prof. Dr. Fritz Rhode (LI)	(Asesor Especial) 19 al 24 de Setiembre 77.
Ing. Stephen Robinson (LI)	(Ingeniero Hidrólogo) 12.04.77 / 24.02.78
Sr. Luis Salazar (MEM)	(Geólogo) 16.08.76/continúa
Ing. Pablo Solórzano (MEM)	(Ingeniero Civil) 16.08.76 / 29.11.77
Dr. Wolfgang Trau (SCG)	(Ingeniero Civil) 25.10.76 / 12.01.79
Ing. Julio Velásquez (MEM)	(Ingeniero Civil) 16.08.76 / 16.07.79
Ing. Víctor Vera (MEM)	(Ingeniero Electricista) 01.02.78 / 31.08.78
Ing. Karl Voss (SCG)	(Ingeniero Agrónomo) 03.05.78 / 21.07.78
Ing. Timothy Wyatt (LI)	(Ingeniero Civil Hidrólogo) 29.09.77 c.

En cuanto al personal auxiliar que sirvió de apoyo para un mejor desarrollo de los estudios, el mismo estuvo conformado por las siguientes personas :

Srta. María Rosa Alvizuri (MEM)	(Secretaria Bilingue) 10.02.79 continúa
Sr. Juan Ampuero A. (MEM)	(Oficinista I) 23.06.77 / continúa
Srta. Amanda Andrade (MEM)	(Dibujante) 18.04.78 continúa
Sr. Juan Bellido (MEM)	(Auxiliar de Geología) 16.03.78 / continúa
Sr. Víctor Cáceres (MEM)	(Vigilante) 02.01.79 / continúa
Srta. Nancy Cárdenas (MEM)	(Secretaria Bilingue) 08.03.78 / continúa
Srta. Ana Cervantes (MEM)	(Secretaria Bilingue) 02.01.77 / 26.08.78
Srta. Lucila Chiong K. (MEM)	(Secretaria Bilingue) 15.09.78 / 15.02.79
Sr. Luis Escudero (MEM)	(Empleado de Servicio) 16.08.76 / continúa
Sr. Víctor Fernández (MEM)	(Vigilante) 01.02.79 / continúa
Sr. Francisco Galván (MEM)	(Vigilante) 16.08.76 / continúa
Sr. Pablo García (MEM)	(Auxiliar Administrativo) 23.06.77 / 02.05.79

Sr. José Gutiérrez (MEM)	(Auxiliar Geología) 01.06.76/continúa
Sr. Hilario Hidalgo (MEM)	(Dibujante) 10.07.78/continúa
Sra. Elena Huamán (MEM)	(Dibujante) 15.06.75/continúa
Srta. Esther Juárez (MEM)	(Dibujante) 01.06.77/continúa
Srta. Margarita Llanto (MEM)	(Secretaria Bilingüe) 02.01.79/continúa
Sra. Rosa Llanto de Lacherre (MEM)	(Secretaria Bilingüe) 02.01.78/continúa
Sr. Walter Ocaña (MEM)	(Auxiliar de Hidrometría) 01.03.78/continúa
Sr. Hugo Palomino (MEM)	(Chofer I) 01.06.71/continúa
Sr. José Peral (MEM)	(Coordinador OGA/MAE) 02.05.70/continúa
Sr. Víctor Pereyra (MEM)	(Topógrafo) 01.04.76/continúa
Sr. Raúl Pilares (MEM)	(Chofer I) 01.04.70/continúa
Sr. Jorge Podestá V. (MEM)	(Auxiliar Hidrometría) 01.06.76/continúa
Sra. Isabel Ruez (MEM)	(Dibujante) 15.07.70/15.10.78
Sr. Félix Ríos (MEM)	(Auxiliar Administrativo) 01.02.79/continúa
Sr. Jorge Salas (MEM)	(Chofer I) 02.05.76/continúa
Srta. Stella Samanez (MEM)	(Secretaria) 15.07.70/15.08.78
Srta. Edith Trinidad (MEM)	(Secretaria Bilingüe) 16.09.69/continúa
Srta. Consuelo Tuesta (ELM)	(Secretaria Ejecutiva) 01.03.79/continúa
Sr. David Vargas (MEM)	(Vigilante) 27.09.70/continúa
Sr. Tobías Vargas (MEM)	(Vigilante) 01.02.79/continúa
Sr. Alberto Velezmoro (MEM)	(Chofer I) 23.06.77/continúa
Sr. Melvin Villón (MEM)	(Dibujante) 16.10.75/continúa

1.4

EJECUCION DEL TRABAJO

Los trabajos del Consorcio Alemán se iniciaron en Lima-Perú, el 15 de Agosto de 1976, habiéndose instalado en oficinas cercanas al Ministerio de Energía y Minas obteniéndose de esta manera, una mejor y más estrecha relación con los departamentos y autoridades superiores de ese Ministerio. En la República Federal de Alemania, el contrato suscrito por los consultores fue supervisado por la Sociedad Alemana de Cooperación Ltda. (GTZ), entidad encargada por el Gobierno Alemán para estos fines.

Para la ejecución del Proyecto de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional, se utilizó una mini-computadora Data General Eclipse S/200 instalada exclusivamente para este fin, donada por el Gobierno de la República Federal de Alemania. Se hizo también uso intensivo de vuelos de heli-

cóptero para visitar la casi totalidad de sitios de proyectos identificados.

1.5 RECONOCIMIENTOS

El grupo Peruano-Alemán que participó en la elaboración del estudio, agradece a las autoridades de la República del Perú y la República Federal de Alemania, por el interés demostrado durante la ejecución de los trabajos y por haberles confiado esta grata tarea. Este reconocimiento se hace de manera especial a la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas, quien a través de la Dirección de Desarrollo Eléctrico ha coordinado todos los asuntos técnicos administrativos del estudio realizado.

El grupo consultor deja expresamente sentada su satisfacción de haber tenido la oportunidad de trabajar muy estrechamente con sus colegas de la contra parte peruana, ya que sin este apoyo, hubiese sido casi imposible el desarrollo del estudio. Asimismo, es necesario resaltar el trabajo efectuado por el personal auxiliar del Proyecto Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional cuyas tareas asignadas fueron imprescindibles para el normal desarrollo del proyecto.

Finalmente, se quiere agradecer a las diversas entidades y personas que colaboraron gentilmente prestando su valiosa ayuda y cooperación. La relación de éstas resultaría demasiado extensa si se intentara enumerarlas, sin embargo, seguidamente se señalan a aquellas con las cuales se tuvo un mayor contacto:

Entidades Peruanas

- Instituto de Investigaciones Energéticas y Servicios de Ingeniería Eléctrica INIE
- Electricidad del Perú - ELECTROPERU -
- Petróleos del Perú - PETRO PERU-
- Banco Minero del Perú
- Empresa Minera del Perú - MINERO PERU -
- ELECTROLIMA
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales -ONERN-
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI -
- Instituto Geográfico Militar - IGM
- Ministerio de Agricultura y Alimentación
- Fuerza Aérea del Perú FAP - Grupo Aéreo N° 3
- Empresa Nacional de Ferrocarriles del Perú - ENAFER -Zona Sur
- Cuarta Región Militar del Perú
- Benemérita Guardia Civil del Perú
- Dirección General de Aduanas
- Misión Franciscana - Puerto Ocopa
- Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial - CORPAC
- Empresa Minera del Centro del Perú - CENTROMIN PERU
- Brown Boveri
- Sulzer
- Pirelli

Organizaciones y Entidades Internacionales:

- Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento - BIRF
- Sociedad Alemana de Cooperación Técnica - GTZ
- Carl Duisberg Gesellschaft
- Comisión Económica para América Latina - CEPAL

1.6 ORGANIZACION DEL INFORME

El informe de la Evaluación del Potencial Hidroeléctrico del Perú consta de 18 volúmenes y a continuación se da una breve descripción de su contenido.

VOLUMEN I	INTRODUCCION Y RESUMEN
VOLUMEN II	METODOLOGIA Y RESULTADOS
VOLUMEN III	PROFUNDIZACION DE LA EVALUACION DE LOS DIEZ PROYECTOS SELECCIONADOS
VOLUMEN IV	ATLAS HIDROLOGICO Mapas de cuencas y ubicación de las estaciones hidrométricas y pluviométricas
VOLUMEN V	INFORMACION HIDROMETRICA Y PLUVIOMETRICA Características de las estaciones de control y cronograma de las series de datos históricos
VOLUMEN VI	DIAGRAMAS FLUVIALES Y CARACTERISTICAS DE LOS TRAMOS DE LOS RIOS Definición de los sistemas de ríos según se utilizaron en los modelos matemáticos y en la información morfométrica correspondiente
VOLUMEN VII	CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS Relaciones utilizadas en los modelos y resultados de la estimación de caudales medios
VOLUMEN VIII	EL POTENCIAL HIDROELECTRICO TEORICO Potencial bruto lineal estimado para cada cuenca considerada.
VOLUMEN IX	RESULTADOS HIDROLOGICOS PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS Curvas adimensionales de entrega de reservorios y relaciones para el transporte de sedimentos, avenidas y evaporación.
VOLUMEN X	BENEFICIOS SECUNDARIOS Metodología detallada y resultados de los análisis para evaluar los beneficios de irrigación.
VOLUMEN XI	DESCRIPCION DEL BANCO DE DATOS Y PROGRAMAS DE COMPUTO Parte "A" : Hidrología Parte "B" Proyectos Hidroeléctricos

VOLUMEN XII-XVII	DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS
XII	Cuencas de los ríos de la Costa Norte (excluyendo aquellos afectados por el transvase del río Marañón.)
XIII	Cuencas de los ríos Costa-Sur
XIV	Cuencas de los ríos Apurímac y Pampas
XV	Cuencas de los ríos Mantaro, Perené, Tambo y Ene
XVI	Cuencas de los ríos Huallaga, Pachitea, Vilcanota, Uribamba, Inambari y Madre de Dios
XVII	Cuencas de los ríos Marañón (incluyendo aquellas cuencas de la costa afectadas por el transvase del río Marañón.)
VOLUMEN XVIII	PLANTAS DE ACUMULACIÓN POR BOMBEO

2 EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO NACIONAL

2.1 INFORMACION SOBRE EL SECTOR ELECTRICO ACTUAL Y PROYECTOS DE RECURSOS HIDRAULICOS ESTUDIADOS ANTERIORMENTE

2.1.1 El Sector Eléctrico

2.1.1.1 Breve Reseña Histórica de la Electricidad en el Perú

La electricidad como servicio público se inicia en Lima en 1886 cuando la compañía Peruvian Electric Construction and Supply inaugura el alumbrado de la Plaza de Armas y de algunas calles centrales por encargo del Gobierno del General Iglesias. En años posteriores se forman otras tres compañías que independientemente dan servicio de electricidad a Lima y Callao y que en 1906 se fusionan para formar lo que hoy en día es ELECTROLIMA. En 1905 se funda en Arequipa la Sociedad Eléctrica para abastecer de fluido a dicha ciudad. En años posteriores en las capitales departamentales se organizan pequeñas empresas de electricidad y en otras las municipalidades, abastecen de fluido eléctrico a las ciudades.

Esta situación se mantiene en la primera mitad del siglo, sin que exista un ordenamiento legal que norme esta actividad. En 1955, se dicta la Ley 12378, más conocida como la Ley de la Industria Eléctrica, que reglamenta e impulsa el crecimiento de la electrificación en el país, dando incentivos adecuados para la inversión privada. En 1962, mediante Ley 13979 se crean los Servicios Eléctricos Nacionales para explotar las numerosas centrales eléctricas dependientes del Estado y abastecer la electricidad a las poblaciones en donde la acción del capital privado o las municipalidades no fuera efectiva.

En 1972 se dicta el Decreto Ley 19521, Normativo de Electricidad en el que se declara de "necesidad, utilidad y seguridad públicas y de preferente interés nacional el suministro de energía eléctrica para servicio público, por ser básica para el desarrollo económico y social del país". En virtud de la misma se reserva para el Estado las actividades de generación, transformación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica para servicios públicos, quedando el Ministerio de Energía y Minas como entidad rectora y reguladora y se crea la Empresa Pública Electricidad del Perú - ELECTROPERU - como organismo encargado de la actividad empresarial del Estado.

Para la formación de ELECTROPERU fueron fusionados los Servicios Eléctricos Nacionales, la Corporación de Energía Eléctrica del Mantaro y la Corporación Peruana del Santa, encargadas las dos últimas de la explotación de los recursos hídricos de los Ríos Mantaro y Santa, respectivamente. Mediante la capitalización en favor del Estado de los Bienes de Dominio Público, así como la compra de las acciones en poder de inversionistas extranjeros, las empresas privadas se convertirían en Empresas Estatales Asociadas, conservando su status funcional y administrativo.

2.1.1.2 Estructura Orgánica del Sector Eléctrico

Al promulgarse el Decreto Ley Normativo de Electricidad el Sub-Sector queda integrado por el Ministerio de Energía y Minas como organismo rector, la Empresa ELECTROPERU, los autoproductores y las instituciones descentralizadas.

2.1.1.2.1 El Ministerio de Energía Y Minas

El Ministerio, entidad superior del sector, tiene una Alta Dirección que está constituida por el Ministro y el Director Superior disponiendo de Organos de Asesoramiento y Apoyo.

El Ministro cuenta con la Inspectoría, el Comité de Asesoramiento (COA MEM) y una Secretaría y tiene como órganos consultivos: El Consejo Consultivo de Energía y Minas, el Consejo de Empresas Públicas de Energía y Minas (CONSEPEM) y el Consejo Superior de Minería.

El Sector se encuentra organizado en los siguientes Sub-Sectores: Minería, Electricidad e Hidrocarburos.

El Sub-Sector Electricidad cuenta con un órgano Central, que es la Dirección General de Electricidad, encargada de normar, promover y controlar las actividades de energía eléctrica. La Dirección General de Electricidad cuenta con Organos de Asesoramiento y Apoyo, que son: Unidad de Asesoría Legal, Unidad de Programación, Unidad de Racionalización y Area Administrativa, y su estructura está constituida por los Organos de Línea que son : La Dirección de Fiscalización Eléctrica y la Dirección de Desarrollo Eléctrico.

La Dirección de Fiscalización Eléctrica está encargada de normar, fiscalizar y controlar las actividades técnico-económicas de los Servicios Eléctricos, Sistemas Tarifarios y Uso de Materiales y Equipos Electromecánicos; para tal efecto, cuenta con tres Divisiones y dos Departamentos.

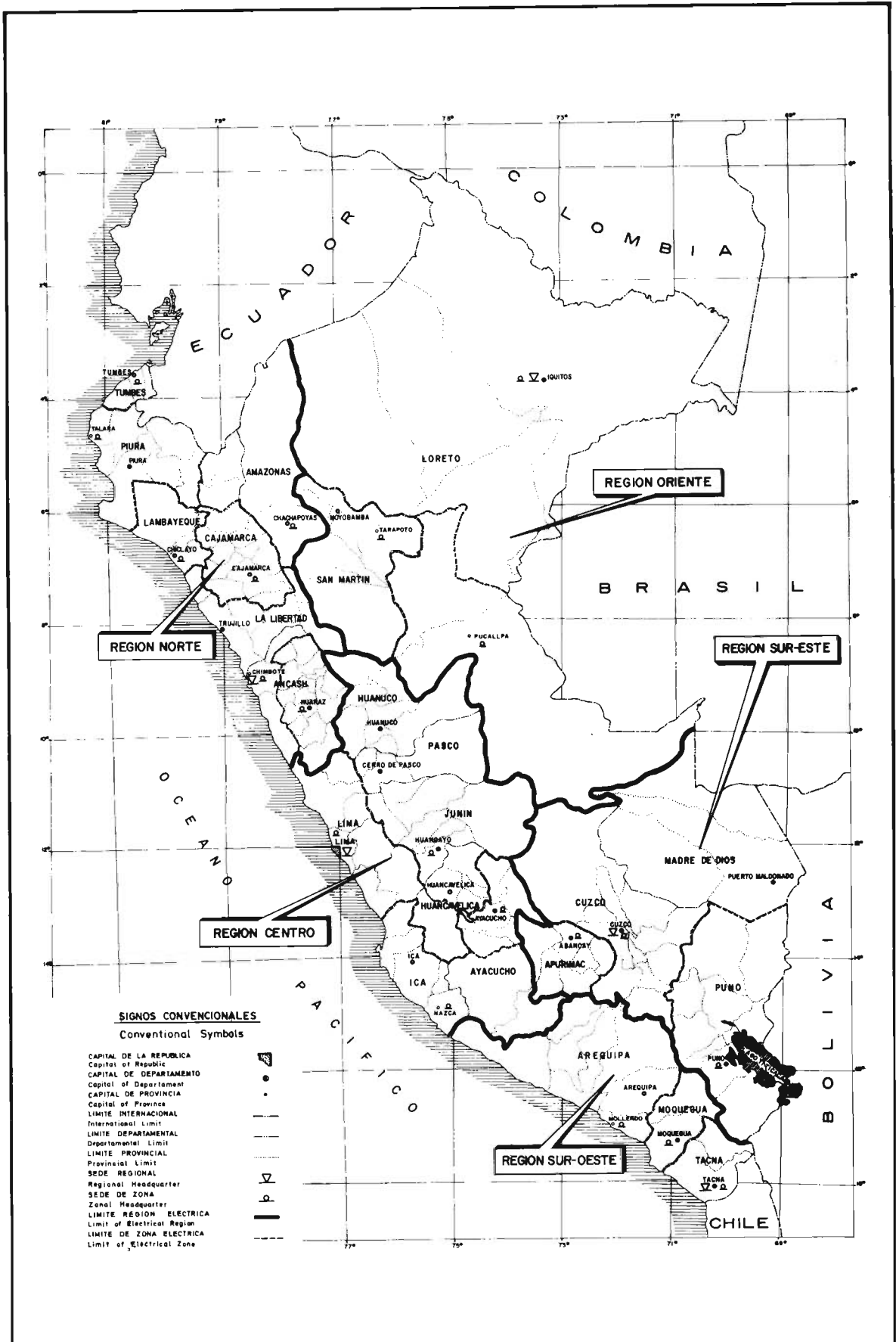
La Dirección de Desarrollo Eléctrico está encargada de promover y fomentar el desarrollo de la Industria Eléctrica; cuenta con dos Divisiones.

2.1.1.2.2 Electroperú

La Empresa Pública del Sector Energía y Minas " Electricidad del Perú " ELECTROPERU, fue creada por D.L. N° 19521, como organismo público descentralizado del Sector Energía y Minas. El D.L. N°19522, ley orgánica de Electroperú específica que asumirá la gestión empresarial del Estado en el Sub-Sector Electricidad encargándose del planeamiento, estudios y proyectos, construcción, supervisión de obras y operación de los sistemas eléctricos de servicio público del Estado con el fin de asegurar el abastecimiento oportuno, suficiente, garantizado y económico de la demanda de energía eléctrica del país. Para una mejor operación y administración de sub sistemas eléctricos, ELECTROPERU, ha dividido el país en regiones eléctricas, tal como puede verse en la Fig. 2 - 1.

La estructura orgánica de ELECTROPERU está conformada por :

- a) Organos de Gobierno
- b) Organos Ejecutivos
- c) Organos Operativos
- d) El Instituto de Investigaciones Energéticas y Servicios de Ingeniería Eléctrica.



EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO NACIONAL	ZONAS ELECTRICAS DE ELECTROPERU	FIG. 2-1
	ELECTROPERU Electrical Zones	

2.4

2.1.1.2.3 Empresas Estatales Asociadas

Entre las principales que prestan servicio público se cuentan a:

- ELECTROLIMA, que presta servicio en la ciudad de Lima, con una potencia instalada de 584 MW.
- COSERELEC, que tiene a su cargo el suministro a las ciudades de Chiclayo, Ica, Pisco, Chincha, Paracas y sus poblaciones aledañas
- EEPSA, que suministra energía a las ciudades de Piura, Sullana y Catacaos
- SEAL, que suministra energía a la ciudad de Arequipa.

Estas empresas cuentan con una decisiva participación del Estado, quien posee alrededor del 95% del Capital Social de ellas.

2.1.2 Instalaciones Hidroeléctricas Existentes y en Construcción

2.1.2.1 Capacidad Instalada

El total de la potencia instalada en el país hasta el año 1976 es de 2,516 MW, correspondiendo a origen hidráulico el 55.9% y a origen térmico el 44.1%, tanto de servicio público como de autoprodutores.

Del total de la potencia hidráulica instalada, el 82.2% corresponde a servicio público y el 17.8% a los autoprodutores. Sin embargo, la producción de energía para el mismo año ha sido de 7,911.1 GWh, siendo 5,795.5 GWh de origen hidroeléctrico (73.3% del total generado) y 2,113.4 GWh de origen térmico (26.7% del total). Estos porcentajes mayores que aquellos de la potencia instalada muestran la mayor utilización que se hace de las instalaciones hidroeléctricas y su mayor gravitación en el panorama energético.

En la Tabla N° 2 - 1 se puede ver la evolución de la potencia instalada en el país y en la Tabla N° 2 - 2 se indican las tasa anuales de crecimiento para cada uno de los rubros considerados.

Las centrales hidráulicas más importantes del sistema de generación actual son: Mantaro (342 MW) en el río Mantaro; Huinco (258 MW) y Matucana (120 MW) en el río Rímac; y Cañón del Pato (100 MW) en el río Santa.

2.1.2.2 Sistemas Interconectados

La configuración del sistema actual puede verse en la Fig. 2 - 2. Comprende los siguientes sistemas interconectados:

Tabla N° 2-1

EVOLUCION DE LA POTENCIA INSTALADA EN EL PAIS (MW)
PERIODO : 1952 - 1976

AÑOS	SERVICIO PUBLICO			AUTOPRODUCTORES			TOTALES		
	Hidráulica	Térmica	Total	Hidráulica	Térmica	Total	Hidráulica	Térmica	Total
1952	114.4	44.4	158.8	83.6	80.7	164.3	198.0	125.1	323.1
1954	113.6	59.2	172.8	104.7	113.0	217.7	218.3	172.2	390.5
1956	135.6	70.3	205.9	116.1	138.3	254.4	251.7	208.6	460.3
1958	213.1	77.6	290.7	187.8	174.2	362.0	400.9	251.8	652.7
1960	221.8	126.6	348.4	193.7	236.6	430.3	415.5	363.2	778.7
1962	247.6	147.8	395.4	196.2	274.5	470.7	443.8	422.3	866.1
1964	342.2	138.2	480.4	197.1	375.4	572.5	539.3	513.6	1 052.9
1965	495.4	147.6	643.0	197.6	456.2	653.8	693.0	603.8	1 296.8
1966	572.7	158.2	730.9	199.6	493.2	692.8	772.2	651.5	1 423.7
1967	670.1	166.5	836.6	200.8	521.6	722.4	870.9	688.1	1 559.0
1968	676.6	167.7	844.3	238.5	523.7	762.2	915.1	691.4	1 606.5
1969	677.1	174.0	851.1	241.5	559.8	801.3	918.6	733.8	1 652.4
1970	681.1	181.5	862.6	241.5	573.0	814.5	922.6	754.5	1 677.1
1971	747.7	226.3	974.0	241.5	581.2	822.7	989.2	807.5	1 796.7
1972	810.9	264.7	1 075.6	245.9	608.5	854.4	1 056.8	873.2	1 930.0
1973	1 038.1	282.0	1 320.1	240.1	593.7	833.8	1 278.3	875.6	2 153.9
1974	1 149.3	281.9	1 431.2	239.5	594.9	834.4	1 388.0	876.8	2 265.7
1975	1 156.3	311.5	1 467.8	240.9	650.0	890.9	1 397.3	961.5	2 358.8
1976	1 156.0	339.0	1 495.0	249.8	771.0	1020.8	1 405.8	1 110.0	2 515.8

Tabla N° 2-2

TASAS ANUALES DE CRECIMIENTO DE LA POTENCIA INSTALADA
PERIODO : 1964- 1976
TASAS DE CRECIMIENTO (PORCENTAJE)

Año	Servicio Público	Autoprodutores	Potencia Térmica	Potencia Hidráulica	Potencia Total
1964	21.50	21.63	21.62	21.52	21.57
1965	33.85	14.20	17.56	28.50	23.16
1966	13.67	5.97	7.90	1.13	9.79
1967	14.46	4.27	5.62	12.78	9.50
1968	9.20	5.51	0.48	5.08	3.05
1969	0.81	5.13	6.13	0.38	2.86
1970	1.35	1.65	2.82	0.44	1.49
1971	12.91	1.01	7.02	7.22	7.13
1972	10.43	3.85	8.14	6.83	7.42
1973	22.73	- 2.41*	0.27	20.96	11.60
1974	8.41	0.07	0.13	8.58	5.19
1975	2.55	6.77	9.66	0.67	4.10
1976	1.86	14.58	15.53	0.60	6.65

* El signo (-) indica decremento.



OPTIMIZACION DE LA EXPANSION DEL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL

SISTEMAS INTERCONECTADOS EXISTENTES

Existing Interconnected Systems

FIG. 2-2

2.1.2.2.1 Sistema interconectado de la Región Central

Está constituido actualmente por el Sistema Interconectado ELECTROLIMA- ELECTROPERU (Mantaro), el cual suministra energía a gran parte de los Departamentos de Lima e Ica. Entre las cargas servidas por este sistema se cuentan principalmente a Lima Metropolitana y a las ciudades de Chancay, Cañete, Chincha, Pisco, Ica y Huancayo, así como también el Centro Minero Hierro Perú ubicado en Marcona. El sistema interconectado de la Región Central se extiende actualmente desde Chancay por el Norte, a Marcona por el Sur y hasta Huancayo por el Este.

Se prevé que en 1980 el sistema eléctrico de CENTROMIN se integrará al sistema interconectado de la Región Central y en el año 1982 se interconectará con el sistema Norte.

2.1.2.2.2 Sistema interconectado de la Región Norte

Comprende principalmente el suministro de energía eléctrica a las ciudades de Chimbote (SIDERPERU) y Trujillo y a las localidades situadas en el Callejón de Huaylas como Caraz, Carhuaz y Huaraz.

2.1.2.2.3 Sistema interconectado de la Región Sur - Oeste

Comprende el suministro de energía eléctrica a las ciudades de Moquegua, Ilo, Locumba y Tacna a cargo de ELECTROPERU y además incluye la transferencia de energía con el sistema eléctrico de la Southern Peru Copper Corporation que proporciona electricidad a las minas de Cujone y Toquepala y a la Fundición de Ilo.

2.1.2.3 Autoproductores

La potencia instalada correspondiente a autoproducidos es de 1,028.8 MW, que representa el 30.5% (Hidráulica 9.3% y Térmica 29.6%) de la potencia total instalada en el país; habiendo tenido un incremento para 1976 del orden del 14.58% con respecto al año anterior. (Ver Tabla N° 2 - 2).

El más importante de los autoproducidos que poseen centrales hidroeléctricas es la Empresa Minera del Centro - CENTROMIN PERU que opera las centrales de Malpaso (54 MW) y Yaupi (108 MW) para el suministro de energía eléctrica para sus operaciones mineras en la Región Central. En la Figura 2 - 2 puede verse la extensión y ubicación de este sistema.

2.1.3 Inventario de Proyectos Hidroeléctricos con Estudios Previos

De acuerdo al Inventario efectuado, existen en el Perú 138 proyectos hidroeléctricos mayores de 5 MW, con estudios a diferente nivel y elaborados por diversas firmas consultoras.

A nivel definitivo se cuenta con los siguientes proyectos: YUSCAY, CERRO MULATO, AMPLIACION HUINCO y AMPLIACION MACHU PICCHU, RESTITUCION y CHARCANI V.

A nivel de factibilidad se identificaron 15 proyectos hidroeléctricos, siendo algunos de ellos: SHEQUE, MAJES-SIGUAS, EL CHORRO.

Los proyectos restantes se encuentran a nivel de: Pre-Factibilidad, Preliminar y de reconocimiento, siendo en su mayoría los que se encuentran a nivel preliminar.

Al realizar el inventario de proyectos hidroeléctricos se ha encontrado que para un mismo proyecto existen estudios a diferentes niveles, razón por la cual se ha considerado para cada proyecto el estudio más actualizado.

En la Figura N^o 2 - 3 se puede observar la ubicación de los proyectos hidroeléctricos distribuidos en todo el territorio nacional. En el Volumen II del informe se dan las características de cada uno de los proyectos con estudios previos.

2.1.4 Instalaciones de Irrigaciones Existentes y en Construcción

Un análisis de las irrigaciones existentes debe hacerse teniendo en cuenta las tres regiones: Costa, Sierra y Selva, en que se encuentra dividido geográficamente el País, ya que cada una de ellas presenta características topográficas y climáticas bastante diferentes entre sí.

La Costa, es la zona donde mejor se han desarrollado estos asentamientos agrícolas, debido a una topografía relativamente uniforme, que favorece la existencia de áreas llanas bastante grandes. El clima es benigno y permite el cultivo de una gran variedad de especies vegetales de panllevar. Sin embargo, tiene como factor en contra, la escasez de agua en gran parte del año, ya que mayormente el riego se realiza con el agua que transportan los ríos en forma natural.

En la generalidad de los casos las irrigaciones se inician en la cabecera de los valles, ubicándose éstos a lo largo de toda la Costa tal como se observa en la Figura N^o 2 - 4.

El área actualmente irrigada en la Costa sobrepasa las 500 000 hectáreas.

En la Sierra, el número de hectáreas irrigadas es menor comparado con la Costa pues su desarrollo tiene el factor limitante de la configuración topográfica muy irregular; ello condiciona que las áreas de cultivo no sean muy grandes y que su asentamiento se de en forma dispersa. El tipo de riego en la mayoría de los casos es por lluvia, denominado también por secoano, pues los ríos discurren en su mayor parte a un nivel del terreno más bajo que el de las zonas irrigables, lo que hace por lo general sea difícil captar agua de los mismos. Sin embargo en los Departamentos de Junín,



2.10

CANAL INTERNACIONAL DE ZARUMILLA (1,500)Has

TUMBES (6,168)Has

VALLES CHIRAY PIURA(115,000)Has

SACHABAMBA Y SUYUPAMPA (5,000)Has

SAN LORENZO (33,500)Has

VALLE DE OLMOS

JAYANCA (12,000)Has

TINAJONES (70,000)Has

CAJAMARCA (5,000)Has

VALLE DE JEQUETEPEQUE (36,000)Has

VALLES CHAO VIRU

MOCHE Y CHICAMA (84,800)Has

HUACAYBAMBA (4,400)Has

PAMPAS DE CHIMBOTE (4,263)Has

VALLE DE CASMA (10,353)Has

PALLASCA (3,000)Has

CHAUPIHUARANGA (1,200)Has

M.D. RIO CUNAS (2,200)Has

VALLES DEL FORTALEZA PATIVILCA Y SUPE (21,445)Has

IRRIGACION SANTA ROSA (6,500)Has

HUATAYA-YUNGUY-HUACHINGA (4,000)Has

IRRIGACION SAN FELIPE (4,500)Has

ATOCONGO LURIN SAN BARTOLO (6,000)Has

LA ESPERANZA (3,000)Has

HUAYTAPALLANA (2,430)Has

EL IMPERIAL (8,156)Has

HUANDO CUENCA (2,300)Has

CHOCLOCOCHA DESARROLLADO (28,000)Has

VALLES PALPA Y NAZCA (8,000)Has

CORACORA (4,000)Has

ANCASHCOCHA (4,000)Has

BELLA UNION (4,500)Has

LOS MORRILLOS (3,700)Has

EL BRAZO (4,000)Has

ONGORO-MAJES (2,700)Has

STA. RITA DE SIGUAS (3,000)Has

COTAHUASI (3,093)Has

IRRIGACION LA JOYA (3,400)Has

AMPL. LA JOYA (7,000)Has

MAJES SIGUAS 49,720 Has

LAGUNILLAS (6,100)Has

PAMPAS DEL CURAL (3,100)Has

LA ENSENADA MEJIA (2,050)Has

MOQUEGUA (3,700)Has

CANAL AZUCARERO (4,600)Has

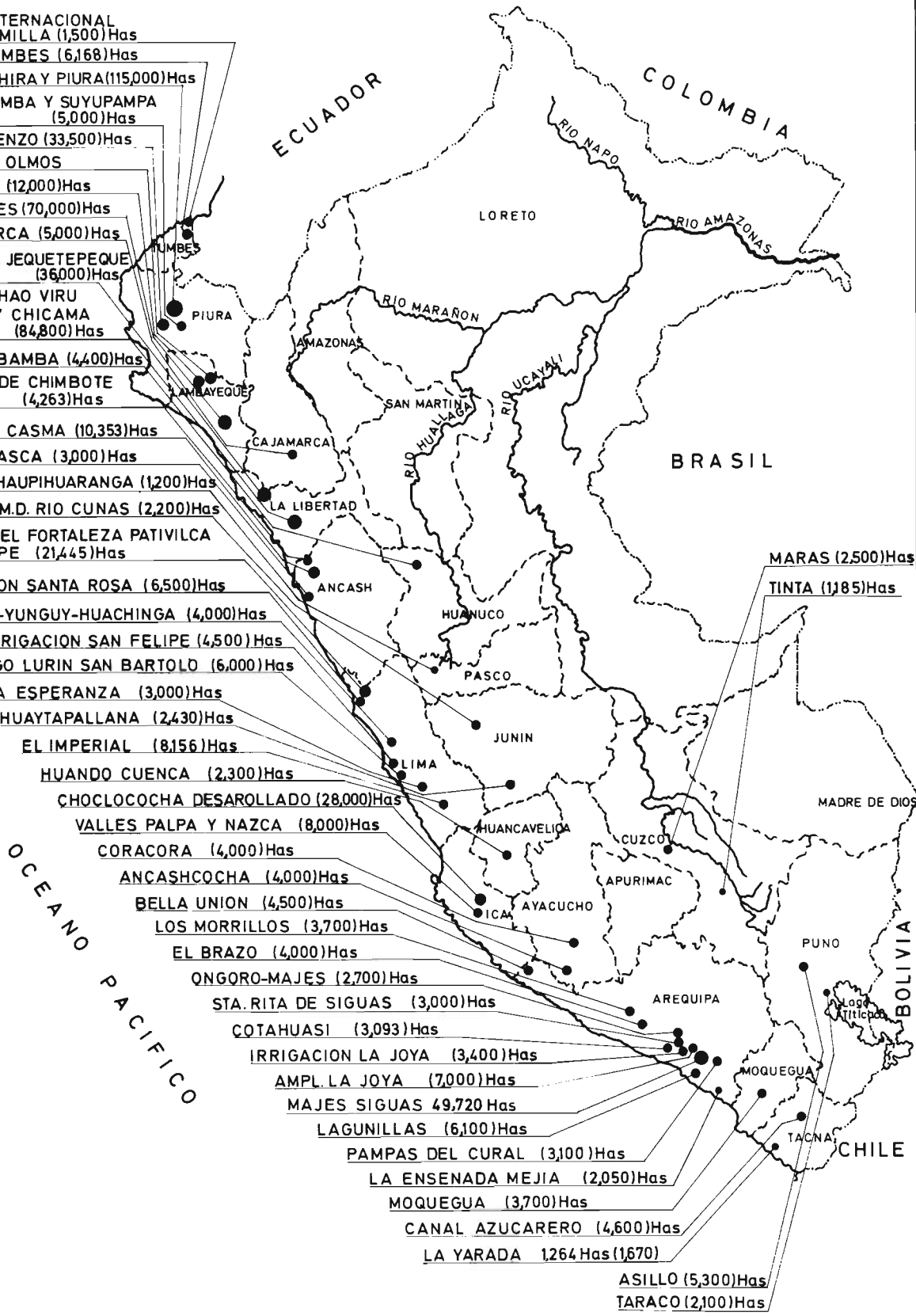
LA YARADA 1,264 Has (1,670)

ASILLO (5,300)Has

TARACO (2,100)Has

MARAS (2,500)Has

TINTA (1,185)Has



NOTA.- LA CIFRA ENTRE PARENTESIS CORRESPONDE A LAS AREAS DE CULTIVO EXISTENTES

LA CIFRA SIN PARENTESIS A LAS AREAS SIN CULTIVO DE LAS IRRIGACIONES EN CONSTRUCCION

Note.- Figures in parenthesis correspond to Existing Cultivated Areas.

Figures without parenthesis to uncultivated areas to be served by irrigations Projects under Construccion.

EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO NACIONAL

IRRIGACIONES EXISTENTES Y EN CONSTRUCCION

Existing Irrigation Projects and Those under Construccion

FIG. 2.4

Huancavelica y Ayacucho existen zonas servidas por el río Mantaro, cuyas condiciones topográficas son bastante favorables, lo que ha permitido el desarrollo de varias irrigaciones.

El área actualmente irrigada en la Sierra es aproximadamente de 120 000 hectáreas.

En la Selva, la gran cantidad de vegetación silvestre y un clima demasiado lluvioso, no permiten en la actualidad el desarrollo de una agricultura mejor orientada. El suelo es casi plano, y la vegetación tan exuberante que sólo es posible cultivarlo tras una constante y árdua tarea de limpieza, por lo que se prefiere sembrar en las riberas de los ríos. El tipo de clima favorece solamente el cultivo de determinadas especies, sin embargo en las zonas de ceja de Selva es posible encontrar pequeñas irrigaciones con una mayor variedad de especies de panllevar. Actualmente el área irrigada se calcula aproximadamente en 50 000 hectáreas.

En la actualidad son pocas las irrigaciones que se están construyendo en el País, siendo la de mayor envergadura, la de Majes que se está llevando a cabo en el Departamento de Arequipa.

2.2

EL POTENCIAL HIDROELECTRICO TEORICO

El desarrollo del Estudio Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional requirió, en primer lugar, efectuar la investigación del Potencial Bruto o Teórico de todos los ríos del país. En la Fig. 2-5 se puede observar los principales ríos del Perú. El Potencial Hidrológico Teórico o Bruto de una cuenca o sistema fluvial es una medida de los recursos naturales totales disponibles para producción de energía, sin tomar en cuenta cualquier cambio proveniente de obras que pudieran ser construidas a fin de obtener dicha energía. De acuerdo con este concepto, se considera que toda el agua es capaz de generar electricidad en razón de su elevación natural y con 100% de eficiencia.

A fin de estimar el caudal medio - a largo plazo - en cada tramo definido del río se construyó un modelo matemático simple de cada cuenca que permite calcular el caudal medio multianual para diversas secciones fluviales distribuidas en todo el país, situadas en puntos hidrológicamente significativos, y a distancias entre sí que no superan los 10 Kms., salvo excepciones. Estos modelos operan sobre la base de los valores medios promedio a largo plazo de escorrentía y precipitación y de su variación con los parámetros morfométricos. Por consiguiente fue necesario estandarizar todos los registros históricos disponibles a un periodo base que sea representativo de las condiciones a largo plazo.

El potencial hidroeléctrico teórico lineal de un tramo de río se puede calcular con la fórmula

$$PL = 9.81 * \bar{Q} * \Delta H$$