

REVISTA ENERGETICA

AÑO 8

6/84

Noviembre - Diciembre/84
November - December/84



Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization

INTEGRACION ENERGETICA LATINOAMERICANA RECIBIO DECISIVO IMPULSO DURANTE
GESTION DE EX - SECRETARIO EJECUTIVO DE OLADE **olade** LATIN AMERICAN
ENERGY INTEGRATION RECEIVED DECISIVE BOOST DURING ADMINISTRATION OF-EX
EXECUTIVE SECRETARY OF OLADE **olade** EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENER-
GETICO REGIONAL: INFORME PRELIMINAR **olade** EVALUATION OF REGIONAL
HYDROENERGY POTENTIAL: PRELIMINARY REPORT **olade** MINICENTRALES: MI-
LAGRO PARA LOS PUEBLOS OLVIDADOS **olade** MINI POWER STATIONS: A MIRACLE
FOR THE FORGOTTEN PEOPLES **olade** ESTUDIA EL IRHE Y OLADE POTENCIAL GEO-
TERMICO EN PANAMA **olade** IRHE AND OLADE STUDY GEOTHERMAL POTENTIAL IN
PANAMA **olade** UNA APLICACION DE LA TEORIA ESTADISTICA A LA RESOLUCION
DE PROBLEMAS DE INFORMACION ENERGETICA EN PAISES EN VIAS DE DESARROLLO:
ENCUESTA DE ESTACIONES DE SERVICIO **olade** APPLICATION OF THE STATISTICAL
THEORY OF ENERGY INFORMATION PROBLEM - SOLVING IN DEVELOPING COUNTRIES:
SERVICE STATION SURVEYS



AÑO 8

6/84

NOVIEMBRE - DICIEMBRE/84
NOVEMBER - DECEMBER/84

ORGANO DE DIVULGACION TECNICA
DE LA ORGANIZACION LATINOAMERICANA
DE ENERGIA (OLADE)

PERIODICAL FOR DISSEMINATION
OF THE LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION

EDITORIAL	5
EDITORIAL	57
INTEGRACION ENERGETICA LATINOAMERICANA RECIBIO DECISIVO IMPULSO DURANTE GESTION DE EX - SECRETARIO EJECUTIVO DE OLADE	7
LATIN AMERICAN ENERGY INTEGRATION RECEIVED DECISIVE BOOST DURING ADMINISTRATION OF EX - EXECUTIVE SECRETARY OF OLADE	59
<i>ilos</i> EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL: INFORME PRELIMINAR	9
<i>211</i> EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL: PRELIMINARY REPORT	61
<i>ilos, maps, diagrs, graphs</i> MINICENTRALES: MILAGRO PARA LOS PUEBLOS OLVIDA- DOS	37
<i>212</i> MINI POWER STATIONS: A MIRACLE FOR THE FORGOTTEN PEOPLES	89
<i>ilos</i> ESTUDIA EL IRHE Y OLADE POTENCIAL GEOTERMICO EN PANAMA	43
<i>213</i> IRHE AND OLADE STUDY GEOTHERMAL POTENTIAL IN PANAMA	95
<i>ilos, maps</i> UNA APLICACION DE LA TEORIA ESTADISTICA A LA RESO- LUCION DE PROBLEMAS DE INFORMACION ENERGETICA EN PAISES EN VIAS DE DESARROLLO: ENCUESTA DE ESTA- CIONES DE SERVICIO	49
<i>214</i> APPLICATION OF THE STATISTICAL THEORY OF ENERGY INFORMATION PROBLEM - SOLVING IN DEVELOPING COUN- TRIES: SERVICE STATION SURVEYS	101
<i>bib</i>	

Los artículos firmados son de la exclusiva responsabilidad de sus autores y no expresan, necesariamente, la posición oficial de la Secretaría Permanente.

The signed articles are the exclusive responsibility of their authors and they do not necessarily express the official position of the Permanent Secretariat.

REVISTA ENERGETICA es publicada, bimestralmente, por la Secretaría Permanente de la Organización Latinoamericana de Energía. Casilla 6413 CCI. Quito-Ecuador.

REVISTA ENERGETICA is published bimonthly by the Permanent Secretariat of the Latin American Energy Organization, P. O. Box 6413 C.C.I., Quito - Ecuador.

EDITORIAL

Dentro del espíritu de renovación que caracteriza a las instituciones de América Latina, la XV Reunión de Ministros de OLADE celebrada en Managua, Nicaragua en octubre de 1984, eligió por unanimidad al brasileño Márcio Nunes, como Secretario Ejecutivo para el período 1984-1987.

El Doctor Márcio Nunes en su discurso, al agradecer la confianza depositada en él por los Ministros de Energía de los países que conforman OLADE, reiteró su propósito de fortalecer las relaciones entre la Secretaría Permanente y los Países Miembros de modo de lograr, a corto plazo, un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles en América Latina, y así contribuir a la intensificación del diálogo Sur-Sur, fortaleciendo de este modo la posición de América Latina en el diálogo Norte-Sur.

Durante la XV Reunión de Ministros se escuchó, asimismo, el mensaje del Gobierno Argentino anunciando la ratificación del Convenio de Lima, Carta Constitutiva de OLADE, tornándose así ese país en el vigésimo sexto miembro de la organización.

En esta última revista que ofrecemos en el año 1984, incluimos el inventario preliminar de los recursos hidroenergéticos en gran escala de América Latina; un artículo sobre las políticas de desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Perú, una apreciación sobre el potencial geotérmico de Panamá y un artículo sobre aplicaciones estadísticas en la solución de problemas de información energética en los países en desarrollo.

Anunciamos a nuestros lectores que, a partir del próximo número, será reestructurada la Revista Energética con objeto de darle una mayor dinámica en la difusión de los avances tecnológicos de América Latina.

JOÃO PIMENTEL

ASESOR GENERAL DEL SECRETARIO EJECUTIVO

INTEGRACION ENERGETICA LATINOAMERICANA RECIBIO DECISIVO IMPULSO DURANTE GESTION DE EX-SECRETARIO EJECUTIVO DE OLADE

En el mes de diciembre de 1981, asumió la Secretaría Ejecutiva de OLADE el ingeniero venezolano Ulises Ramírez Olmos, experto energético, quien al cumplir el período de 3 años para el que fue electo, retornó a su país dejando una honda huella de trabajo y dedicación en el ente energético latinoamericano.

La gestión de Ramírez se caracterizó por el trabajo cumplido en equipo, que dió como resultado una sólida integración dentro de la organización y una consistente imagen regional y extrarregional que ha merecido el reconocimiento de gobiernos e instituciones a través de convenios y tratados en beneficio de los países miembros del organismo.

En el trienio 81-84, que le tocara cumplir a Ramírez, se alcanzaron metas establecidas, las mismas que pueden sintetizarse así: "dar a conocer el PLACE en el ámbito internacional de manera que se reconociera el esfuerzo que la región hacía para lograr la cooperación de organismos internacionales y fondos de gobiernos fuera de la región".

"Hacer que los países se conviertan en parte activa del nuevo proceso de cooperación nacida en el PLACE, de manera que los proyectos no se generaran en la Secretaría Permanente sino en las Instituciones Energéticas de los países, y que contarán con el aval político de los Ministros de Energía".

"Concretar acuerdos de financiamiento, seminarios, proyectos de evaluación, tareas de planificación y uso racional de la energía, que permitieran que

las tareas, aún cuando fuesen esfuerzos nacionales se multiplicaran y difundieran sus beneficios hacia todos los demás países".

En este lapso se generó una dinámica propia como resultado de un mayor y mejor conocimiento de la realidad latinoamericana y del intercambio continuo de información y experiencias.

Estas actividades, como expresara en su oportunidad el Secretario Ejecutivo saliente, fueron tarea compleja y delicada, no sólo porque debían armonizarse los intereses de los países exportadores, importadores y autoabastecidos de energía, los medianos y pequeños en una proporción económicamente relativa, sino también la de los países con tradiciones y formas de organización socio-políticas muy diversas.

Ramírez enfrentó problemas de variada índole derivados de la propia dinámica del proceso de gerenciar la energía. Entre éstos se encuentran la diversidad en grados de participación de los países en programas y proyectos de cooperación. Tomando en cuenta que el PLACE se creó en torno a lineamientos estratégicos y objetivos generales y no específicos, hubo necesidad de analizar opciones más amplias que respondieran al interés común de los Estados Miembros.

La cooperación Internacional: un logro efectivo

El PLACE pasó a constituirse en el mecanismo adecuado para optimizar y priorizar el destino de los fondos que proporcionara el apoyo de la Comunidad Internacional.





Acto de transmisión de la Secretaría Ejecutiva de OLADE.
Izquierda a derecha: Marcio Nunes, Secretario Ejecutivo 1984-87; Javier Espinosa, Ministro de Recursos Naturales y Energéticos del Ecuador; Ulises Ramírez, Secretario Ejecutivo saliente; Fernando Saltos Alvite, Subsecretario de Recursos Naturales y Energéticos del Ecuador.

Las estrechas relaciones mantenidas con Naciones Unidas a través del PNUD, ONUDI, FAO, DCTD, UNCTAD y UNESCO, así como con la OPEP, Fondo OPEP, y OPAEP permitieron materializar intercambio de expertos, donaciones y préstamos blandos para los países.

El apoyo obtenido de GEPLACEA, IICA, CEPAL, SELA, ARPEL, CAF, JUNAC y CIER, fue fundamental para los programas que se ejecutaron en el trienio 81 - 84.

Los esfuerzos por estrechar la cooperación se manifestaron en los aportes no reembolsables que por un monto de US\$ 4,5 millones, hicieron 7 organismos internacionales: BID, UNESCO, PNUD, CCE, OPEP, IBI, ONUDI y 4 gobiernos de fuera de la región: USA, Canadá, Alemania e Italia.

En conclusión, 27,5 millones de dólares se canalizaron en la región. La concesión de estos recursos se debió a que América Latina demostró tener capacidades propias para programar un desarrollo conjunto armónico, en materia de energía.

Desde Quito se abrió un nuevo camino para alcanzar el desarrollo energético.

La sede de OLADE, fue anfitriona de importantes eventos durante la misión de Ramírez Olmos, donde se

trataron trascendentales asuntos relacionados con la organización y participaron connotadas personalidades del mundo energético regional e internacional.

Las actividades del Secretario Ejecutivo saliente, ingeniero Ulises Ramírez Olmos, realizadas en su mandato frente a la organización, pusieron de manifiesto el interés y el trabajo constante de este experto venezolano por sacar adelante la institución hacia nuevos y prometedores horizontes.



Personal de la Secretaría Permanente despiden al ex-Secretario Ejecutivo.

EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL INFORME PRELIMINAR

PROGRAMA REGIONAL HIDROENERGIA
OLADE

1. INTRODUCCION

Latinoamérica posee un potencial hidroeléctrico muy importante, del cual sólo se aprovecha un pequeño porcentaje. Los altos precios del petróleo y la insuficiencia de recursos de petróleo y gas para cubrir la demanda energética hacia fines del año 2000, han permitido que la hidroenergía se constituya como una de las principales alternativas energéticas para América Latina.

La hidroenergía es uno de los mayores recursos energéticos que dispone Latinoamérica y El Caribe, cuya importancia es aún mayor con respecto a los recursos energéticos utilizables para la generación eléctrica. El potencial hidroeléctrico instalable total es de unos 806.000 MW, del cual sólo se aprovecha un 12.8%.

Si se proyecta al año 2000 la tendencia histórica del desarrollo del sector eléctrico, asumiendo que para ese mismo año el 70% de la capacidad instalada de generación sería de origen hidráulico, en los próximos 20 años sería necesario instalar más de 260.000 MW adicionales en plantas hidroeléctricas, lo que significa incrementar cinco veces la capacidad instalada actual.

Este desarrollo masivo de la hidroenergía definido para mantener la tasa de crecimiento histórico del sector eléctrico incrementando la participación de la hidroenergía, demandará inversiones superiores a 260 x 10⁹ dólares durante los próximos 20 años.

La región en su conjunto está en capacidad de planearse un desarrollo intensivo de la hidroenergía, si

consideramos que la tecnología requerida es ampliamente conocida y que en diferentes países latinoamericanos existen experiencia y capacidades de ingeniería de proyectos y construcción, así como la infraestructura necesaria para la fabricación de equipamientos para centrales hidroeléctricas.

El desarrollo hidroenergético creará condiciones favorables para promover actividades productivas orientadas al suministro de materiales y equipos, así como a una apreciable capacidad de generar empleo durante los procesos de construcción. Como efectos "hacia adelante" en la economía, el desarrollo eléctrico intensivo y el mayor empleo de una fuente renovable de energía, contribuirá a la creación de condiciones favorables para la electrificación del transporte y de la industria.

Para una acción planificada en el desarrollo de un recurso energético de tan grande importancia como es la hidroelectricidad, es necesario tener una imagen confiable de su magnitud. Es por esto que OLADE ha tomado enorme interés en que los países de la región realicen la evaluación de sus recursos hidroenergéticos.

El conocimiento del potencial hidroeléctrico de una cuenca evoluciona gradualmente, haciéndose cada vez más preciso, a medida que las informaciones sobre sus características físicas se hacen disponibles y conforme se hacen estudios de gabinete y de campo, que permitan la definición de divisiones de caídas y aprovechamientos a lo largo de sus ríos.

Dado el costo que representa la obtención de in-



formación de campo, el nivel de esa información se va profundizando a base de un sistemático proceso de priorización. Como consecuencia, el nivel de información de los recursos hidroenergéticos es muy variado, de manera que para obtener valores totales del potencial energético es necesario un proceso de evaluación del recurso que incorpore los valores obtenidos de los diferentes niveles de conocimientos de esos recursos, según las etapas de trabajo que a continuación se indican: estimación, inventario, factibilidad, diseño básico, diseño de ejecución, construcción y operación.

La estimación o evaluación de gabinete es la primera apreciación del potencial y definición de alcances, costos y plazos de los estudios de inventario a realizar. La etapa de inventario es la de definición del potencial energético aprovechable de la cuenca hidrográfica mediante el estudio de la división de caídas y estimación preliminar del costo de cada aprovechamiento.

Dentro de este contexto, OLADE con la cooperación de expertos de algunos de sus países miembros, ha elaborado una metodología que pretende proporcionar a los países de América Latina y El Caribe un instrumento que les facilite un mejor conocimiento del potencial hidroenergético que poseen, conocimiento que los ayudará en la planificación de sus programas de desarrollo. Asimismo, proporcionará a los países una visión comprensiva del potencial hidroeléctrico regional y de las implicaciones que podrá tener un desarrollo en un marco de cooperación regional.

En este documento se presenta una reseña de la metodología y del trabajo realizado por OLADE y por las instituciones competentes de los países miembros, para ejecutar una primera evaluación de los recursos hidroenergéticos regionales.

Se ha tomado como insumo únicamente la información básica disponible en los países, no contemplándose el levantamiento de nueva información; sino más bien, el procesamiento de datos existentes o la transformación de evaluaciones hidroenergéticas realizadas con anterioridad.

Se ha tratado de obtener los valores totales de la magnitud del recurso, con un grado de precisión dependiente de los distintos niveles de conocimiento que del mismo se tuvo. En este trabajo se han establecido tanto los potenciales de cuencas o ríos sobre los cuales no se hicieron estudios específicos, como los correspondientes a cuencas o ríos inventariados, así como también aprovechamientos específicos estudiados, en construcción o en operación.

Los formularios que sintetizan la información de la evaluación han sido llenados por cada país según el nivel de conocimiento de sus recursos hidroenergéticos y por OLADE a nivel de consolidación.

2. ACTIVIDADES REALIZADAS

Considerando que una mayor utilización de los recursos hidroenergéticos disponibles y en consecuencia una reducción significativa del consumo de hidrocarburos para fines de generación de energía eléctrica, es una meta que debe ser alcanzada y que, por otra parte, la planificación del empleo de la hidroenergía requiere de un conocimiento razonablemente preciso de los recursos disponibles, se confirma la importancia de realizar, en forma sistemática y con bajos costos, el levantamiento de dichos recursos.

En este sentido, OLADE preparó una metodología con el fin de realizar la evaluación de los recursos hidroenergéticos regionales, para lo cual reunió un Grupo de Trabajo y un Grupo Asesor con expertos de los países miembros. Esta metodología fue analizada y perfeccionada en el I Seminario Latinoamericano de Hidroenergía organizado por OLADE; de las conclusiones prácticas que se derivaron de su aplicación sobre muestras en un número reducido de países, se contó con elementos suficientes para proceder a su revisión y perfeccionamiento final.

Con la metodología definitiva y ejemplos de aplicación práctica que prepararon Brasil, Perú y Venezuela, se realizó una edición suficientemente amplia de la metodología de evaluación, para que pueda ser de conocimiento no sólo de las instituciones responsables del suministro de la información a OLADE, sino también



de las diversas instituciones que eventualmente participan en el proceso de evaluación en cada país.

Las actividades de ejecución tuvieron como punto de partida los contactos que realizó la Secretaría Permanente de OLADE con los gobiernos de los países miembros, los que fueron informados de las actividades previstas, ubicadas en el contexto del Programa Latinoamericano de Cooperación Energética — PLACE.

Acompañando al envío del documento definitivo de la metodología debidamente perfeccionada, la Secretaría de OLADE propuso a nivel ministerial, el desarrollo de la evaluación inicial de recursos hidroenergéticos en cada país, se sugirieron plazos de ejecución, se solicitó la designación de la contraparte nacional y se anunció el envío de misiones de corta duración, formadas por expertos de la región, para coordinar los detalles de la ejecución de la evaluación, realizar aclaraciones e identificar eventuales necesidades de asistencia técnica.

La distribución inicial de los documentos estuvo seguida de conferencias en varios países, sobre la aplicación de la metodología, en las cuales participaron funcionarios de alto nivel y profesionales de los ministerios e instituciones responsables. Las conferencias se realizaron como parte de las actividades de las visitas para promover y coordinar la ejecución de la evaluación en cada país.

Durante la realización de las visitas fue posible identificar los diferentes grados de información básica disponible, necesaria para la evaluación de los recursos hidroenergéticos y, principalmente, la disponibilidad de cuadros técnicos nacionales capaces de realizarla. Después de este diagnóstico se estableció cuales países estarían aptos para suministrar asistencia técnica y cuáles la requerían. OLADE manifestó a las instituciones responsables del trabajo, que ante cualquier solicitud de éstas a través de los respectivos ministerios, podía coordinar el envío de técnicos de los países que se encuentran en niveles más adelantados de desarrollo relativo a evaluación de recursos hídricos hacia aquellos países con mayores limitaciones.

Como ejemplo de cooperación regional en el mar-

co del PLACE, cabe destacar la asistencia técnica solicitada por Bolivia, la misma que bajo la coordinación y financiamiento de OLADE ha sido proporcionada por la Empresa Nacional de Electrificación del Perú - ELECTROPERU a ENDE en Bolivia con el fin de realizar la evaluación de sus recursos hidroenergéticos.

En los países miembros, OLADE ha realizado la difusión de la metodología de evaluación mediante la presentación de conferencias a entidades responsables del trabajo, establecimiento de compromisos señalando programas y plazos de ejecución, organización de contrapartes nacionales y coordinación de detalles para ejecutar la evaluación.

OLADE ha recibido la evaluación de 16 países, la misma que ha sido realizada por las instituciones nacionales designadas como contraparte; la mayoría de ellas ha presentado su trabajo en forma completa de acuerdo a la metodología propuesta por esta Organización. Para aquellas evaluaciones que no han estado totalmente definidas, OLADE ha realizado un trabajo complementario con el fin de presentar este informe preliminar tratando de dar una visión más objetiva de la realidad en cuanto a recursos hidroenergéticos en Latinoamérica y El Caribe.

3. METODOLOGIA DE EVALUACION

3.1 Criterios empleados

En esta evaluación se consideró que los parámetros más relevantes para determinar las perspectivas hidroenergéticas son la ENERGIA FIRME, la ENERGIA MEDIA y la POTENCIA INSTALABLE.

La ENERGIA FIRME de un sistema interconectado o de una central hidroeléctrica, es el recurso hidroenergético con el cual se puede efectivamente contar.

La ENERGIA MEDIA se define como el promedio aritmético de la energía generable durante todo el período considerado para la serie estadística hidrológica; es en general superior a la energía firme, dado que no todos los años son tan secos como el correspondiente al período crítico.



La POTENCIA INSTALABLE es el potencial de equipamiento de un aprovechamiento hidroeléctrico; limita la máxima producción de energía.

La producción energética de un sistema interconectado o de una central hidroeléctrica está siempre referida al período de generación, en consecuencia, tanto la energía firme como la energía media pueden ser expresadas en forma equivalente a potencia. De esta manera es posible utilizar tanto la unidad "Megavatio medio" \overline{MW} , como "GWh/año". La conversión de un valor expresado en la primera unidad para la segunda, se hace multiplicando el valor de la primera por 8.76.

En los formularios que se presentan en este informe preliminar, la energía firme y media se han expresado en unidades de "Megavatios medios" \overline{MW} o de "GWh/año"; de los países que han enviado su información, el Brasil es el único que adopta la unidad "Megavatio Medio" \overline{MW} .

3.2 Formularios y cuadros empleados

La información se organizó en distintos cuadros resumen o formularios de acuerdo al nivel de conocimiento que se tuvo de cada cuenca, tramo de río, aprovechamiento aislado o sistema de generación.

En este resumen de la metodología de evaluación se presentan esquemas de los cuadros y fórmulas empleados por los países en la ejecución de su evaluación hidroenergética.

Para las etapas más elementales del conocimiento del potencial, esto es para las estimaciones o evaluaciones de gabinete, se utilizó uno de los cuatro primeros formularios de acuerdo a la información disponible para cada caso. En esta situación están todas las cuencas o tramos de río, en los cuales aún no se ha realizado el inventario hidroenergético, en consecuencia se utilizaron procedimientos alternativos para estimar indirectamente la energía firme, energía media y la potencia instalable, utilizando los datos existentes y mediante cálculos matemáticos simples.

El cuadro número 1 se utilizó en aquellas cuencas en las cuales la única información disponible fue el potencial teórico bruto de escurrimiento superficial.

El cuadro 2 se utilizó en aquellas cuencas o tramos de ríos en los cuales la mejor información disponible fue el potencial bruto lineal.

En aquellos tramos de ríos en que no se dispuso de su perfil y que por lo tanto no se han individualizado los aprovechamientos potenciales, se utilizó el cuadro número 3.

Se ha adoptado como criterio general el ser más conservador en la medida en que la información disponible fue menos precisa. Esto es válido tanto en los aspectos energéticos como en los de costos. Para niveles de conocimiento más rudimentarios, se subestimaron las energías y sobreestimaron los costos, mejorando su apreciación para los niveles superiores de conocimiento.

Finalmente, en aquellos tramos de ríos en los cuales no se han realizado estudios de inventario, pero sobre los cuales se conoció su perfil identificándose preliminarmente los aprovechamientos potenciales, se utilizó el cuadro número 4.

Para aquellas cuencas, tramos de río y aprovechamientos aislados o integrados que se encuentran en un nivel de estudios de inventario o en etapas más avanzadas: factibilidad, diseño básico, diseño de ejecución, construcción u operación, se utilizó el cuadro número 5, cuya estructura es más compleja.

Como anexo a los resultados de estos formularios, algunos países presentan mapas topológicos de cada cuenca estudiada, con el objeto de indicar la localización relativa de la información.

Los tres formularios siguientes (cuadros 6, 7 y 8), permiten resumir la información de los cinco primeros e indican el potencial hidroenergético expresado como potencia instalable en MW (cuadro 6,) la energía firme en \overline{MW} y GWh/año (cuadro 7), y finalmente la energía media en \overline{MW} y GWh/año (cuadro 8).

Los formularios restantes (cuadros 9, 10 y 11), son semejantes a los cuadros mencionados en el párrafo anterior, pero se refieren a la información recibida de cada país, y han sido llenados por OLADE, como consolidado regional.



CUADRO N° 1

POTENCIAL HIDROENERGETICO ESTIMADO BASADO EN EL POTENCIAL BRUTO SUPERFICIAL DE ESCURRIMIENTO

País: _____

Referencia: _____

CUENCA	RIO	POTENCIAL BRUTO SUPERFICIAL EBS		POTENCIAL HIDROENERGETICO ESTIMADO				
				ENERGIA MEDIA EMED		ENERGIA FIRME EFIR		POTENCIA INSTALABLE
		\overline{MW}	$\frac{GWh}{año}$	\overline{MW}	$\frac{GWh}{año}$	\overline{MW}	$\frac{GWh}{año}$	PINS MW

$EFIR = K_1 \times \beta \times EBS$; [GWh/año]
 donde:
 EBS en GWh/año

$EFIR = K_1 \times \beta \times EBS$; [\overline{MW}]
 donde:
 EBS en \overline{MW}

K_1 = Coeficiente que relaciona la energía media con la energía media anual bruta superficial de escurrimiento

β = Relación típica estimada entre la energía firme y la energía media

$EMED = EFIR / \beta$; [GWh/año]
 donde:
 EFIR en GWh/año

$EMED = EFIR / \beta$; [\overline{MW}]
 donde:
 EFIR en \overline{MW}

$PINS = EMED / 8.76 \times FC$; [MW]
 donde:
 EMED en GWh/año

$PINS = EMED / FC$; [MW]
 donde:
 EMED en \overline{MW}

FC = Factor de capacidad

CUADRO N° 2

POTENCIAL HIDROENERGETICO ESTIMADO BASADO EN EL POTENCIAL BRUTO LINEAL.

País: _____

Referencia: _____

CUENCA	RIO	POTENCIAL BRUTO LINEAL EBL		POTENCIAL HIDROENERGETICO ESTIMADO.				
				ENERGIA MEDIA EMED		ENERGIA FIRME EFIR		POTENCIA INSTALABLE
		\overline{MW}	$\frac{GWh}{año}$	\overline{MW}	$\frac{GWh}{año}$	\overline{MW}	$\frac{GWh}{año}$	PINS MW

$EFIR = K_2 \times \beta \times EBL$; [GWh/año]
 donde:
 EBL en GWh/año

$EFIR = K_2 \times \beta \times EBL$; [\overline{MW}]
 donde:
 EBL en \overline{MW}

K_2 = Coeficiente que relaciona la energía media con la energía bruta lineal

POTENCIAL HIDROENERGETICO ESTIMADO NO INDIVIDUALIZADO

CUADRO Nº 3

País: _____

Referencia: _____

CUENCA	RIO	COTA m s.n.m		CAUDAL MEDIO EN LA COTA FINAL QMED m³/s	CAUDAL REGULARIZADO QREG m³/s	ENERGIA FIRME EFIR		ENERGIA MEDIA EMED		POTENCIA INSTALABLE PINS MW	OBSERVACIONES
		SUPERIOR	INFERIOR			MW	GWh/año	MW	GWh/año		
		$EFIR = 0.0219 \times QREG \times \Delta Z;$ [GWh/año]				$EFIR = 0.0025 \times QREG \times \Delta Z;$ [MW]					

CUADRO Nº 4

POTENCIAL HIDROENERGETICO ESTIMADO INDIVIDUALIZADO

País: _____

Referencia: _____

CUENCA	RIO	UBICACION	COTAS DEL APROVECHAMIENTO m s.n.m		AREA DE DRENAJE km²	CAUDAL MEDIO QMED m³/s	CAUDAL REGULARIZADO QREG m³/s	CAIDA BRUTA MAXIMA HMAB m	ENERGIA FIRME EFIR		ENERGIA MEDIA EMED		POTENCIA INSTALABLE PINS MW	OBSERVACIONES
			SUPERIOR	INFERIOR					MW	GWh/año	MW	GWh/año		
		$EFIR = 0.0631 \times QREG \times HMAB;$ [GWh/año]				$EFIR = 0.0072 \times QREG \times HMAB;$ [MW]								

POTENCIAL HIDROENERGETICO INVENTARIADO

CUADRO Nº 5

País: _____

Referencia: _____

CUENCA	RIO	APROVECHAMIENTO	AREA DE DRENAJE km²	PERIODO HIDROLOGICO MES Y AÑO DEL INICIO Y FIN		CAUDAL m³/s				VOLUMEN (10⁶ m³)			NIVEL m				OBSERVACIONES	
				UTILIZADO	CRITICO	MEDIO QMED	GARANTIZADO 98 % Q99D	MEBRI DEL PERIODO CRITICO QCAT	REGULARIZADO QREG	TOTAL VTOT	UTIL. VU	UTIL. ARRIBA VUA	NIVEL MAXIMO NMAX	NIVEL NORMAL NMAN	NIVEL MINIMO NMIN	NIVEL DE RESTITUCION NRES		NIVEL MEDIO NMEC
		CAIDA MAXIMA m BRUTA HMAB NETA HNAN MEDIO HMEC		AREA INUNDADA Km² MAXIMA AMAX MAXIMA OPERACION AMAD MINIMA OPERACION AMIN			ENERGIA FIRME DEL APROVECHAMIENTO EFIR MW GWh/año		ENERGIA MEDIA DEL APROVECHAMIENTO EMED MW GWh/año		POTENCIA INSTALABLE MW PINS	FACTOR DE CAPACIDAD FC	Nº DE UNIDADES	INVERSION ESTIMADA 10⁶ US\$	INVERSION UNITARIA US\$/kW	NIVEL DE CONOCIMIENTO	ENTRADA EN OPERACION	

POTENCIAL HIDROELECTRICO
 POTENCIA INSTALABLE EN MW

CUADRO N° 6

Referencia: _____

CUENCA	INVENTARIADO				ESTIMADO (6)	TOTAL GENERAL (7)=(5)+(6)	DISPONIBLE (8)=(4)+(6)	%/ APROVECHADO $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	APROVECHADO			NO APROVECHADO (4)				
	EN OPERACION (1)	EN CONSTRUCC. (2)	TOTAL APROVECHADO (3)=(1)+(2)					

POTENCIAL HIDROELECTRICO
 ENERGIA FIRME

CUADRO N° 7

País: _____

Referencia: _____

CUENCA	INVENTARIADO										ESTIMADO (6)	TOTAL GENERAL (7)=(8)+(6)	DISPONIBLE (8)=(4)+(6)	%/ APROVECHADO $\frac{(3)}{(7)} \times 100$	
	APROVECHADO						NO APROVECHADO (4)	TOTAL INVENTARIADO (5)=(3)+(4)							
	EN OPERACION (1)		EN CONSTRUCCION (2)		TOTAL APROVECHADO (3)=(1)+(2)										
	MW	$\frac{GWh}{año}$	MW	$\frac{GWh}{año}$	MW	$\frac{GWh}{año}$	MW	$\frac{GWh}{año}$	MW	$\frac{GWh}{año}$					MW

POTENCIAL HIDROELECTRICO
 ENERGIA MEDIA

CUADRO N° 8

País: _____

Referencia: _____

CUENCA	INVENTARIADO										ESTIMADO (6)	TOTAL GENERAL (7)=(5)+(6)	DISPONIBLE (8)=(4)+(6)	%/ APROVECHADO $\frac{(3)}{(7)} \times 100$	
	APROVECHADO						NO APROVECHADO (4)	TOTAL INVENTARIADO (5)=(3)+(4)							
	EN OPERACION (1)		EN CONSTRUCCION (2)		TOTAL APROVECHADO (3)=(1)+(2)										
	MW	$\frac{GWh}{año}$	MW	$\frac{GWh}{año}$	MW	$\frac{GWh}{año}$	MW	$\frac{GWh}{año}$	MW	$\frac{GWh}{año}$					MW

CUADRO Nº 9

POTENCIAL HIDROELECTRICO DE AMERICA LATINA
 POTENCIA INSTALABLE EN MW

Referencia: _____

CUENCA	INVENTARIADO				ESTIMADO (6)	TOTAL GENERAL (7)=(5)+(6)	DISPONIBLE (8)=(4)+(6)	% APROVECHADO $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	APROVECHADO			NO APROVECHADO (4)				
	EN OPERACION (1)	EN CONSTRUC. (2)	TOTAL APROVECHA. (3)=(1)+(2)					

CUADRO Nº 10

POTENCIAL HIDROELECTRICO DE AMERICA LATINA
 ENERGIA FIRME

Referencia: _____

PAIS	INVENTARIADO										ESTIMADO (6)	TOTAL GENERAL (7)=(5)+(6)	DISPONIBLE (8)=(4)+(6)	% APROVECHADO $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	APROVECHADO						NO APROVECHADO (4)		TOTAL INVENTARIADO (5)=(3)+(4)					
	EN OPERACION (1)		EN CONSTRUCCION (2)		TOTAL APROVECHADO (3)=(1)+(2)		MW	GWh/año	MW	GWh/año				
	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año								

CUADRO Nº 11

POTENCIAL HIDROELECTRICO DE AMERICA LATINA
 ENERGIA MEDIA

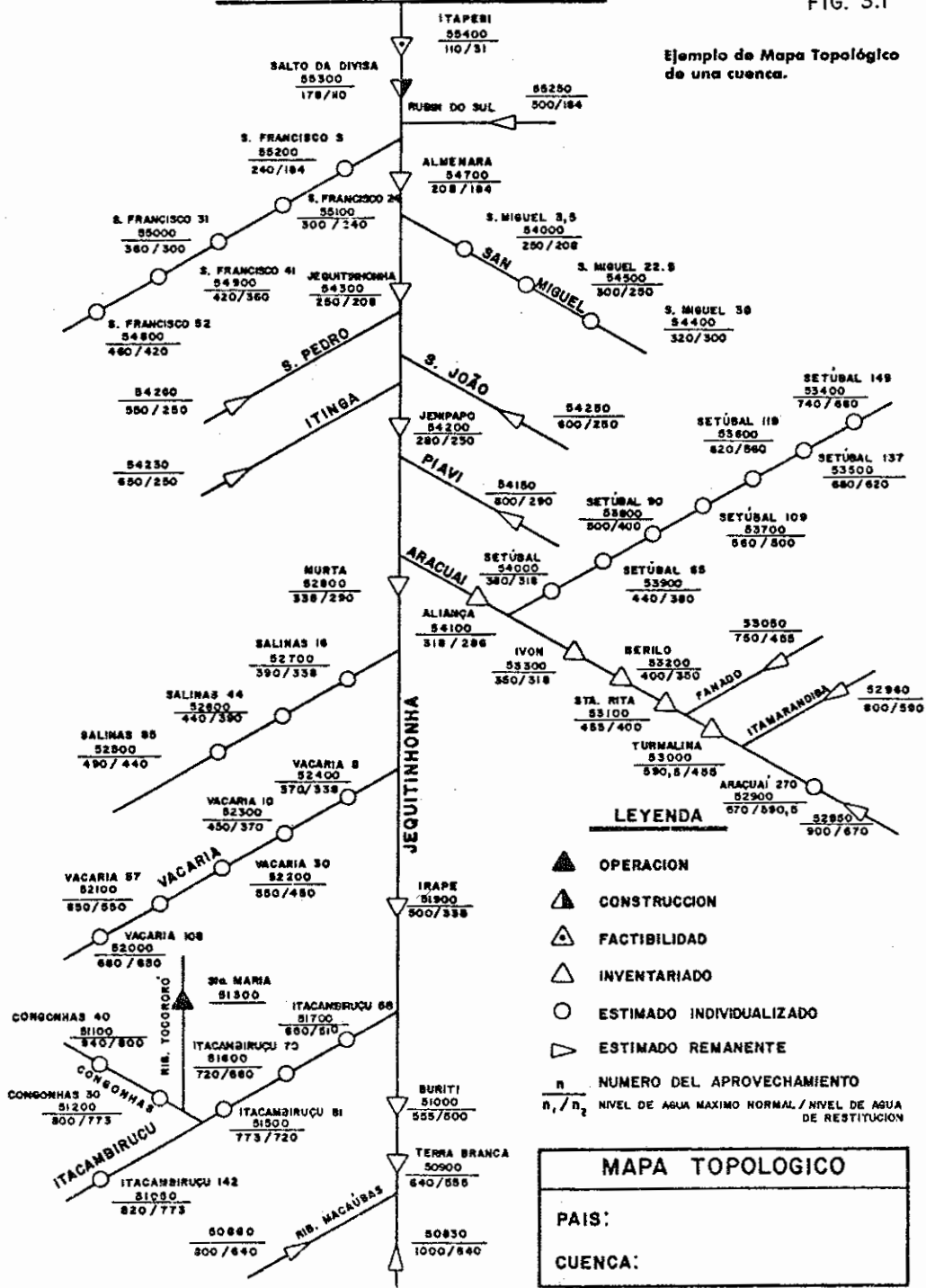
Referencia: _____

PAIS	INVENTARIADO										ESTIMADO (6)	TOTAL GENERAL (7)=(5)+(6)	DISPONIBLE (8)=(4)+(6)	% APROVECHADO $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	APROVECHADO						NO APROVECHADO (4)		TOTAL INVENTARIADO (5)=(3)+(4)					
	EN OPERACION (1)		EN CONSTRUCCION (2)		TOTAL APROVECHADO (3)=(1)+(2)		MW	GWh/año	MW	GWh/año				
	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año								

OCEANO

FIG. 3.1

Ejemplo de Mapa Topológico de una cuenca.



4. RESULTADOS PARCIALES DE LA PRIMERA EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

CUADRO Nº 9

HOJA 1 DE 1

POTENCIAL HIDROELECTRICO DE AMERICA LATINA POTENCIA INSTALABLE EN MW

FECHA : AGOSTO 1984

PAIS	INVENTARIADO					ESTIMADO (6)	TOTAL GENERAL (7)=(5)+(6)	DISPONIBLE (8)=(4)+(6)	% APROVECHADO $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	APROVECHADO			NO	TOTAL				
	EN OPERACION (1)	EN CONSTRUC. (2)	TOTAL APROVECHA. (3)=(1+2)	APROVECHADO (4)	INVENTARIADO (5)=(3)+(4)				
1. ARGENTINA	3.620	4.517	8.137	38.650	46.787	----	46.787	38.650	17.4
2. BARBADOS									
3. BOLIVIA	304	7	311	10.704	11.015	28.842	39.857	39.546	0.8
4. BRASIL	31.765	19.512	51.277	81.675	132.952	80.200	213.152	161.875	23.4
5. COLOMBIA	3.834	4.921	8.755	87.365	96.120	23.880	120.000	111.245	7.3
6. COSTA RICA	620	96	716	7.514	8.230	----	8.230	7.514	8.7
7. CUBA									
8. CHILE	1.736	520	2.256	18.737	20.993	881	21.874	19.618	10.3
9. ECUADOR	322	686	1.008	26.183	27.191	42.762	69.953	68.945	1.4
10. EL SALVADOR	232	180	412	1.220	1.632	218	1.850	1.438	22.3
11. GRENADA									
12. GUATEMALA	164	300	464	3.989	4.453	5.189	9.642	9.178	4.8
13. GUYANA									
14. HAITI									
15. HONDURAS									
16. JAMAICA									
17. MEXICO	6.500	2.160	8.660	19.214	27.874	36.932	64.806	56.146	13.7
18. NICARAGUA	100		100	2.826	2.926	2.229	5.155	5.055	1.9
19. PANAMA	246	300	546	1.917	2.463	4.683	7.146	6.600	7.6
20. PARAGUAY									
21. PERU	1.809	497	2.315	59.927	62.242	13.139	75.381	73.066	3.1
22. REP. DOMINICANA	188	54	242	683	925	1.087	2.012	1.770	12.1
23. SURINAM									
24. TRINIDAD Y TOBAGO									
25. URUGUAY	2.400	----	2.400	282	2.682	----	2.682	282	91.7
26. VENEZUELA	3.170	8.314	11.484	40.116	51.600	31.877	83.477	71.993	13.8
TOTAL PAISES EVALUADOS	57.010	42.064	99.074	401.000	500.074	271.926	772.000	672.926	12.8

POTENCIAL HIDROELECTRICO DE AMERICA LATINA
 POTENCIA INSTALABLE EN % DEL TOTAL

FECHA: AGOSTO 1984

PAIS	INVENTARIADO					ESTIMADO (6)	MW TOTAL GENERAL (7)=(5)+(6)	DISPONIBLE (8)=(4)+(6)	% APROVECHADO $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	APROVECHADO			NO	TOTAL				
	EN OPERACION (1)	EN CONSTRUC. (2)	TOTAL APROVECHA. (3)=(1)+(2)	APROVECHADO (4)	INVENTARIADO (5)=(3)+(4)				
ARGENTINA	7.74	9.65	17.39	82.61	100		46.787	82.61	17.39
BOLIVIA	0.76	0.02	0.78	26.86	27.64	72.36	39.857	99.22	0.80
BRASIL	14.90	9.15	24.05	38.32	62.37	37.63	213.152	75.95	24.05
COLOMBIA	5.19	4.10	7.29	72.80	80.09	19.90	120.000	92.70	7.29
COSTA RICA	7.53	1.17	8.70	91.30	100		8.230	91.30	8.70
CHILE	7.94	2.38	10.32	85.66	95.97	4.03	21.874	89.68	10.32
ECUADOR	0.46	0.98	1.44	37.43	38.87	61.13	69.953	98.56	1.44
EL SALVADOR	12.54	9.73	22.27	65.94	88.21	11.79	1.850	77.73	22.27
GUATEMALA	1.70	3.11	4.81	41.36	46.18	53.82	9.642	95.19	4.81
MEXICO	10.00	3.33	13.33	29.65	42.98	56.99	64.806	86.64	13.33
NICARAGUA	1.94		1.94	54.82	56.76	43.24	5.155	98.06	1.90
PANAMA	3.44	4.20	7.64	26.83	34.47	65.53	7.146	92.36	7.64
PERU	2.40	0.66	3.06	79.50	82.56	17.44	75.372	96.94	3.06
REP. DOMINICANA	9.34	2.68	12.03	33.95	45.97	54.03	2.012	87.98	12.10
URUGUAY	89.49	---	89.49	10.51	100	---	2.682	10.51	91.70
VENEZUELA	3.80	9.96	13.76	48.06	61.81	38.19	83.477	86.24	13.80
TOTAL PAISES EVALUADOS	7.38	5.45	12.83	51.94	64.78	35.22	772.000	87.16	12.8

POTENCIAL HIDROELECTRICO DE AMERICA LATINA

ENERGIA FIRME

CUADRO Nº 10

HOJA 1 DE 1

FECHA : AGOSTO 1984

PAIS	INVENTARIADO										ESTIMADO		TOTAL GENERAL		DISPONIBLE		% APROVECHADO
	APROVECHADO					NO APROVECHADO		TOTAL INVENTARIADO									
	EN OPERACION (1)		EN CONSTRUCCION (2)		TOTAL APROVECHADO (3) = (1) + (2)		(4)		(5) = (3) + (4)		(6)		(7) = (5) + (6)		(8) = (4) + (6)		(3) / (7) x 100
	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	
1. ARGENTINA	1.192	10.439	872	7.639	2.064	18.078	9.156	80.206	11.220	98.284			11.220	98.284	9.156	80.206	18,4
2. BARBADOS																	
3. BOLIVIA	148	1.300	2	17	150	1.317	4.633	40.585	4.783	41.902	7.494	65.650	12.277	107.551	12.127	106.235	1,2
4. BRASIL	16.024	140.370	10.502	91.998	26.526	232.368	39.951	349.971	66.477	582.339	40.099	351.267	106.576	933.606	80.050	701.238	24,9
5. COLOMBIA	1.587	13.904	186	16.313	3.449	30.217	35.961	315.021	39.411	345.238	9.728	85.228	49.140	430.466	45.690	400.249	7,0
6. COSTA RICA	313	2.745	40	350	353	3.095	2.625	22.999	2.978	26.094			2.978	26.094	2.625	22.999	11,9
7. CUBA																	
8. CHILE	490	4.290	223	1.954	713	6244	9.097	79.688	9.810	85.932	510	4.465	10.319	90.397	9.606	84.153	6,9
9. ECUADOR	187	1.636	319	2.791	505	4.427	13.510	118.350	14.016	122.777	11.954	104.716	25.970	227.494	25.464	223.067	1,9
10. EL SALVADOR	112	984	60	526	172	1.510	260	2.276	432	3.787	63	550	495	4.336	323	2.827	34,8
11. GRENADA																	
12. GUATEMALA	36	312	123	1.077	159	1.389	1.045	9.155	1.204	10.544	1.757	15.394	2.961	25.939	2.802	24.549	5,3
13. GUYANA																	
14. HAITI																	
15. HONDURAS																	
16. JAMAICA																	
17. MEXICO	1.984	17.390	515	4.527	2.499	21.917	4.256	37.289	6.755	59.206	7.711	67.480	14.466	126.686	11.967	104.769	17,3
18. NICARAGUA	33	288			33	288	981	8.593	1.014	8.881	502	4.394	1.516	13.275	1.483	12.987	2,2
19. PANAMA	97	854	169	1.476	266	2.330	691	6.051	957	8.381	1.664	14.573	2.620	22.954	2.417	20.624	10,1
20. PARAGUAY																	
21. PERU	947	8.295	260	2.275	1.207	10.570	27.152	237.855	28.359	248.425	7.176	62.866	35.536	311.291	34.329	300.721	3,4
22. REP. DOMINICANA	51	448	27	234	78	682	150	1.311	228	1.993	390	3.419	618	5.412	540	4.731	12,6
23. SURINAM																	
24. TRINIDAD Y TOBAGO																	
25. URUGUAY	813	7.121			813	7.121	76	668	889	7.789			889	7.789	76	668	91,4
26. VENEZUELA	1.055	9.240	3.961	34.701	5.013	43.941	13.737	120.336	18.753	164.277	11.105	97.288	29.858	261.565	24.842	217.624	16,7
TOTAL PAISES EVALUADOS	25.070	219.615	18.936	165.878	44.006	385.493	163.283	1.430.354	207.289	1.815.849	100.147	877.290	307.436	2.693.138	263.431	2.307.650	14,3

MW = Megavatio medio

POTENCIAL HIDROELECTRICO DE AMERICA LATINA
ENERGIA MEDIA

CUADRO Nº 11

HOJA 1 DE 1

FECHA : AGOSTO 1983

PAIS	INVENTARIADO										ESTIMADO		TOTAL GENERAL		DISPONIBLE		% APROVECHADO	
	A PROVECHADO						NO APROVECHADO		TOTAL INVENTARIADO									
	EN OPERACION (1)		EN CONSTRUCCION (2)		TOTAL APROVECHADO (3) = (1) + (2)		(4)		(5) = (3) + (4)		(6)		(7) = (5) + (6)		(8) = (4) + (6)		(3) / (7) x 100	
	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año	MW	GWh/año		
1. ARGENTINA	1.594	13.962	2.270	19.883	3.864	33.845	1.967	148.628	20.830	182.473	-	-	20.830	182.473	16.967	148.628	18.4	
2. BARBADOS																		
3. BOLIVIA	172	1.507	2	21	174	1.528	5.731	50.200	5.905	51.728	14.415	126.272	20.320	178.000	20.146	176.472	0.8	
4. BRASIL													136.400	1194.864				
5. COLOMBIA	2.255	19.754	2.243	19.647	4.498	39.401	58.156	509.446	62.654	548.847	11.940	104.594	78.000	683.280	70.096	614.040	5.8	
6. COSTA RICA	376	3.290	59	515	435	3.805	3.811	33.385	4.246	37.190	-	-	4.246	37.190	3.811	33.385	10.2	
7. CUBA																		
8. CHILE	937	8.205	361	3.160	1.297	11.365	12.404	108.656	13.701	120.12	637	5.583	14.338	125.604	13.040	114.230	9	
9. ECUADOR	213	1.864	524	4.588	737	6.452	16.114	141.155	16.850	147.607	21.382	187.303	38.232	334.910	37.495	328.458	1.9	
10. EL SALVADOR	148	1.300	86	757	235	2.057	371	3.253	606	5.310	90	786	696	6.096	461	4.039	41.3	
11. GRANADA																		
12. GUATEMALA	60	527	205	1.798	265	2.325	1.417	12.417	1.690	14.802	3.215	28.160	4.904	42.962	4.639	40.637	5.4	
13. GUYANA																		
14. HAITI																		
15. HONDURAS																		
16. JAMAICA																		
17. MEXICO	2.828	24.843	735	6.468	3.563	31.311	6.083	53.266	9.646	84.577	11.009	96.454	20.655	181.031	17.092	149.720	17.3	
18. NICARAGUA	39	345	-	-	39	345	1.143	10.017	1.183	10.362	1.114	9.762	2.297	20.124	2.258	19.779	1.7	
19. PANAMA	136	1.190	176	1.543	312	2.733	1.225	10.730	1.537	13.463	3.009	26.355	4.545	39.817	4.233	37.085	6.9	
20. PARAGUAY																		
21. PERU	1.213	10.624	394	3.452	1.607	14.076	44.457	389.442	46.064	403.518	10.422	91.300	56.486	494.818	54.879	480.742	2.8	
22. REP. DOMINICANA	68	600	34	298	102	898	229	2.009	332	2.909	571	5.000	903	7.909	800	7.011	11.3	
23. SURINAM																		
24. TRINIDAD Y TOBAGO																		
25. URUGUAY	1.068	9.351	-	-	1.068	9.351	139	1.227	1.207	10.578	-	-	1.207	10.578	139	1.227	88.4	
26. VENEZUELA	1.754	15.363	5.333	46.717	7.087	62.080	20.900	183.109	27.990	245.189	15.855	138.890	43.845	384.079	36.755	321.999	16.1	
TOTAL PAISES EVALUADOS													447.915	3'923.733				

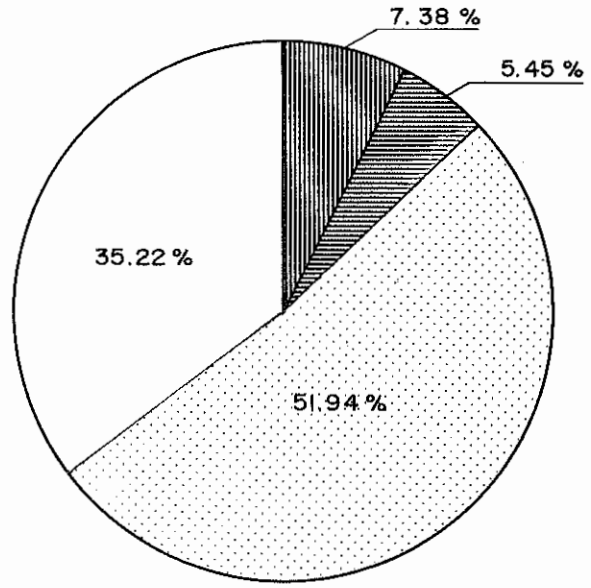
MW = Megavatio medio







EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

INFORME PRELIMINAR

POTENCIAL HIDROELECTRICO REGIONAL PARCIAL



POTENCIA INSTALABLE TOTAL — 772 000 MW
(16 PAISES EVALUADOS)

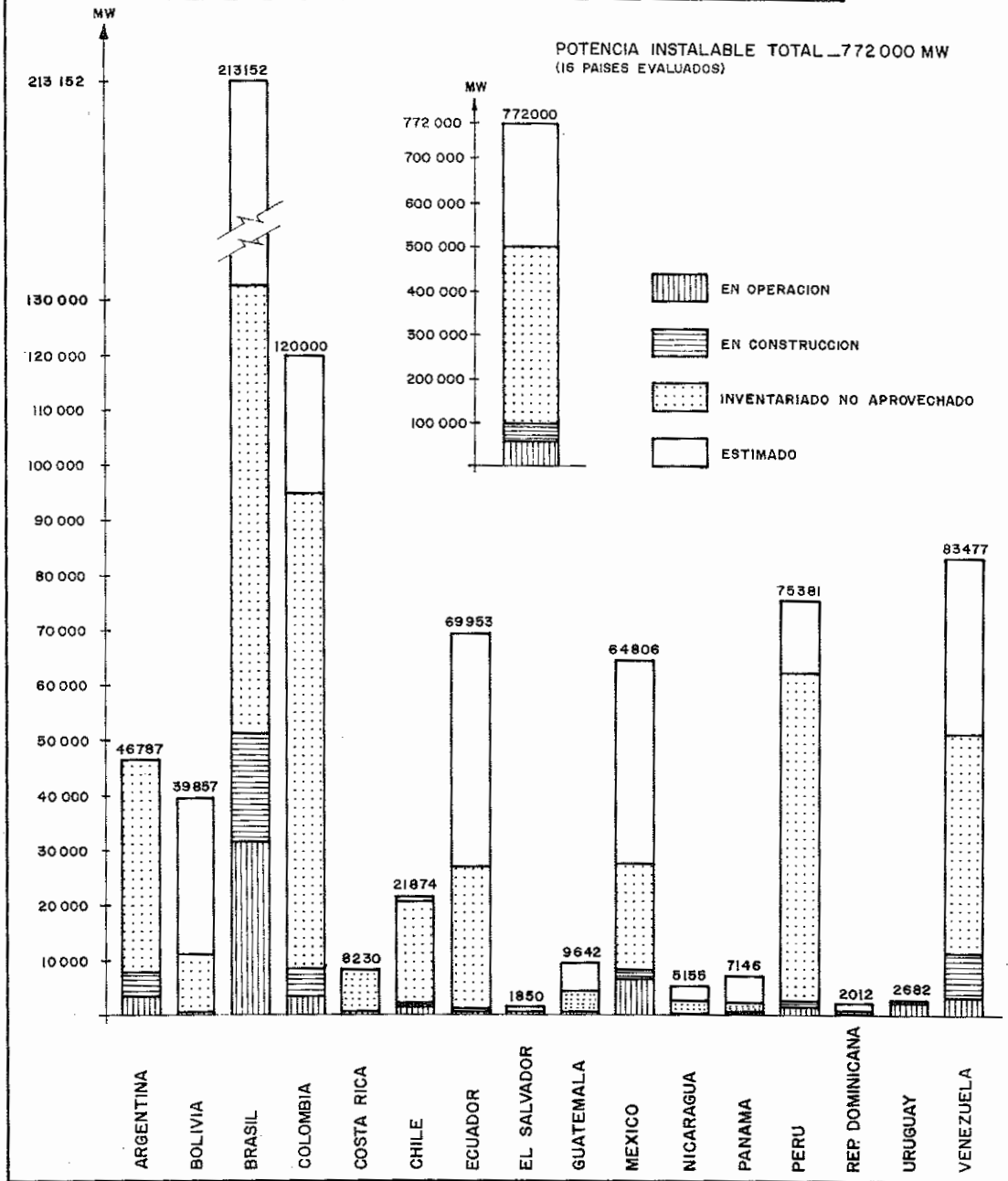
-  EN OPERACION
-  EN CONSTRUCCION
-  INVENTARIADO NO APROVECHADO
-  ESTIMADO



EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

INFORME PRELIMINAR

POTENCIAL HIDROELECTRICO REGIONAL PARCIAL



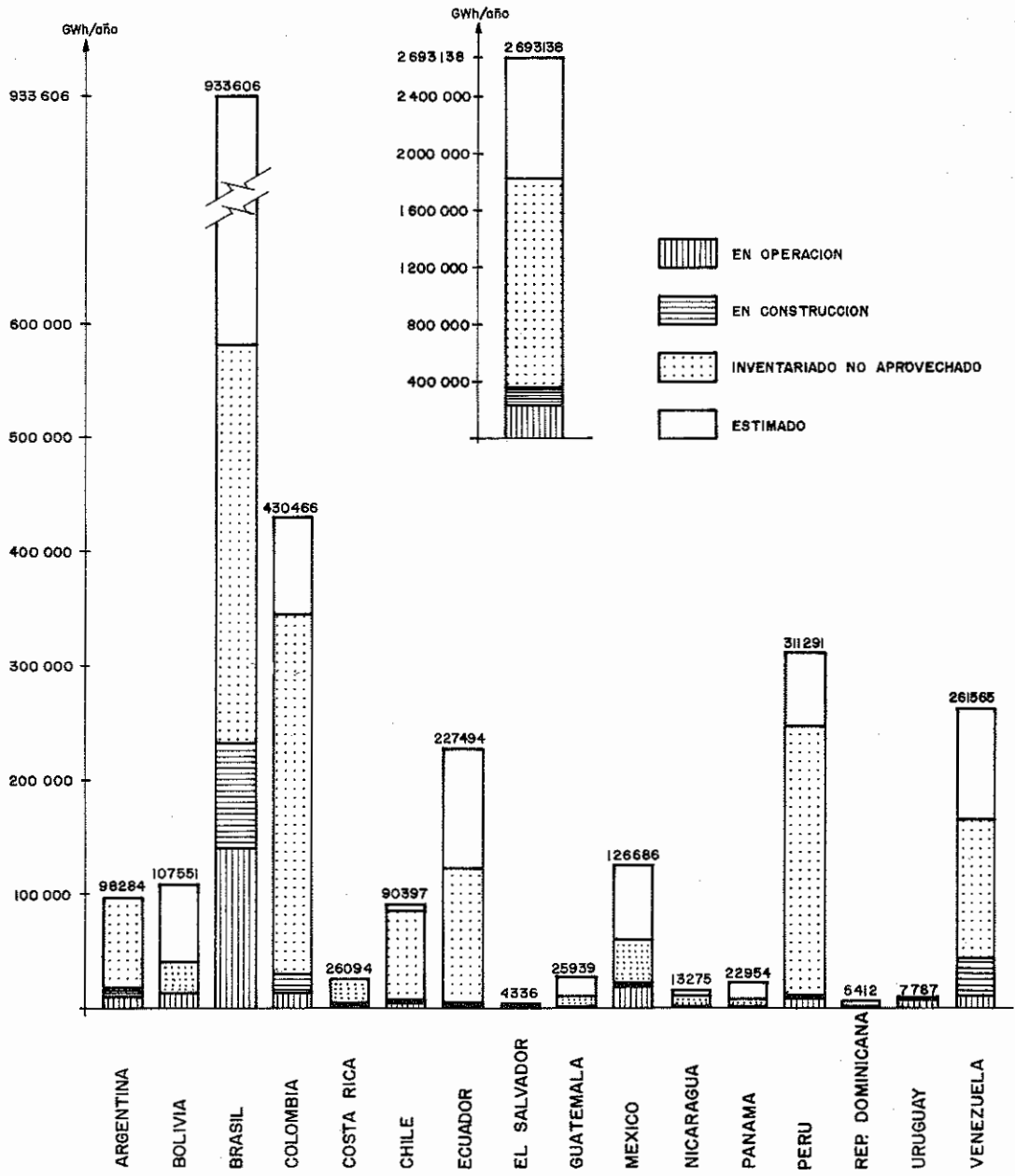


EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

INFORME PRELIMINAR

POTENCIAL HIDROELECTRICO REGIONAL PARCIAL

ENERGIA FIRME TOTAL — 2 693 138 GWh/año
(16 PAISES EVALUADOS)

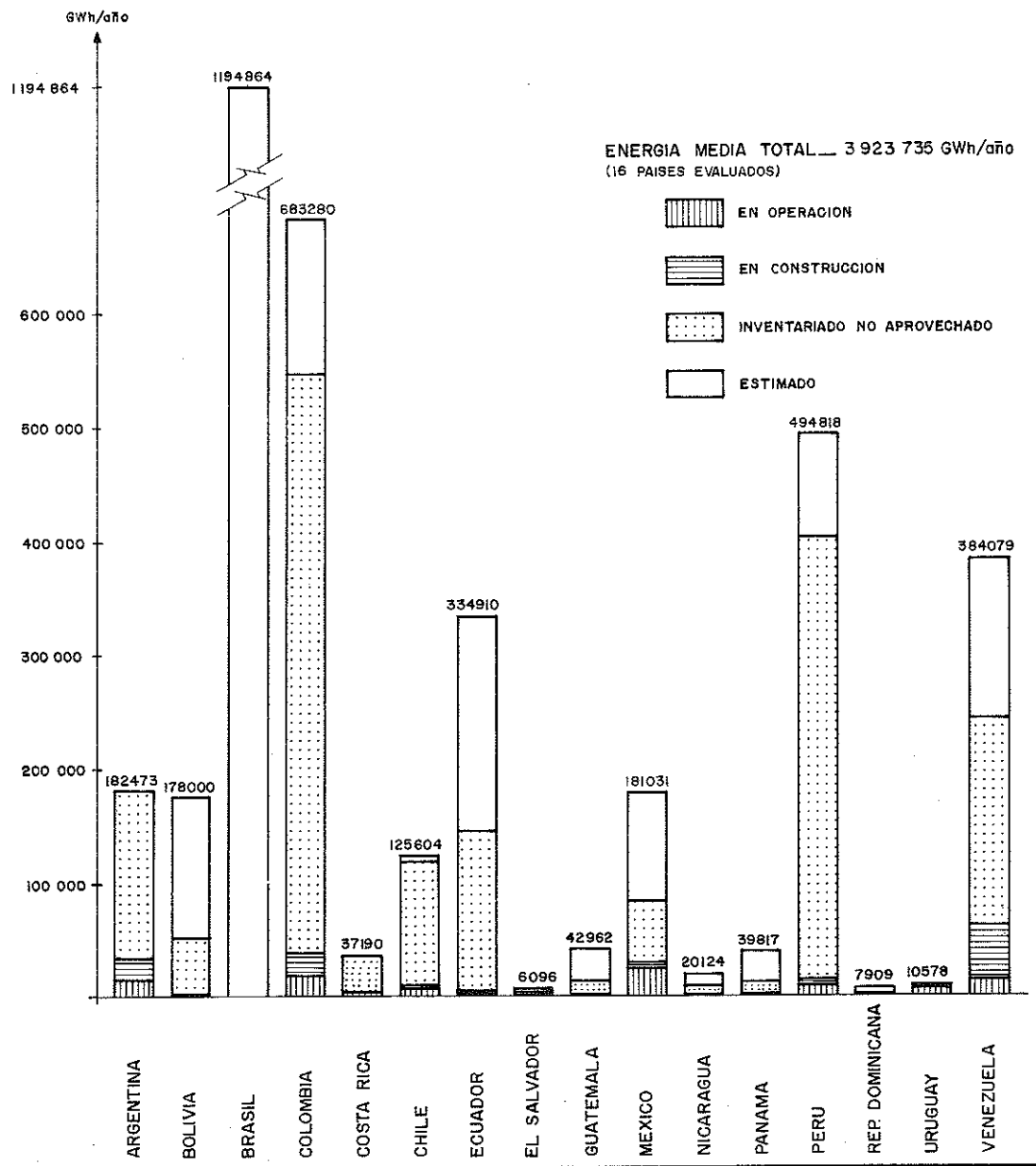




EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

INFORME PRELIMINAR

POTENCIAL HIDROELECTRICO REGIONAL PARCIAL



5. ANALISIS DE LA INFORMACION OBTENIDA

- Según datos del Banco Mundial presentados en 1974 en la Conferencia Mundial de Energía sobre estudio de recursos energéticos, la región tiene un potencial instalable total de aproximadamente 328 MW.
- Según la estimación de OLADE realizada en 1980 con datos aproximados de 1979, el potencial instalable total de la región es de 617 550 MW; en su momento se consideró que esta cifra era optimista sobre todo al compararla con los datos del Banco Mundial.
- OLADE desarrolló una metodología de evaluación del potencial nacional y regional para ser utilizada por todos los países miembros en el marco del Programa Regional de Hidroenergía y su aplicación se inició en 1983 con la cooperación de todas las instituciones competentes de la región. Hasta julio de 1984 respondieron 16 países y sus respectivas evaluaciones arrojaron un potencial de 772 000 MW. Si proyectamos la información empleando los datos de la estimación realizada en 1980 para aquellos países que aún no terminaron su evaluación, se tendría un potencial regional de 805 800 MW, el cual podrá aún incrementarse al culminar el proceso de evaluación regional.
- Otros parámetros relevantes para caracterizar el potencial hidro-energético son la energía firme y la energía media, las cuales también se determinaron en el marco de la evaluación aplicando la metodología de OLADE. Según estos datos, la región tiene una energía total de 2'791 719 GWh/año, y una energía media total de 4'068 705 GWh/año.
- Según la información obtenida en esta evaluación, América Latina ocupa el primer lugar en el mundo en potencialidad hídrica, la misma que corresponde al 35% del total de recursos hidroenergéticos con los que cuenta el mundo.

Para una apreciación más detallada del análisis anterior se presentan los cuadros 9 y 9.1, así como las

figuras 4.1 y 4.2. En los cuadros y figuras mencionados se muestra el resultado de las evaluaciones hidroenergéticas realizadas en los diferentes países; así como en los cuadros 5.1 y 5.2 se presentan datos estimativos para aquellos en los cuales esta actividad aún no ha concluido.

Por otro lado, en el cuadro 9.1 y fig. 4.2 se puede observar que la región solamente aprovecha el 12.8% del total de sus recursos hidroenergéticos, y que los países que presentan un aprovechamiento más elevado, en porcentajes de sus recursos hidroeléctricos son; Uruguay, Brasil, El Salvador, Argentina y Venezuela.

Asimismo se muestra que el mayor potencial hidroeléctrico de la región está concentrado en los países del Grupo Andino y en el Brasil.

Sin embargo se debe indicar que de acuerdo a la información obtenida en esta evaluación, los países que disponen de mayor potencial hidroeléctrico total, no necesariamente tienen mayor potencialidad por habitante o por unidad de superficie; y es así como se puede observar en el cuadro N° 5.3 y figuras 5.2, 5.3, 5.4, y 5.5, que las relaciones Kw/hab. y Kwh/año-hab. son mayores en su orden en los siguientes países: Ecuador, Bolivia, Venezuela, Colombia y Perú.

Asimismo debemos notar que el mayor potencial por Km² tenemos en los siguientes países: Ecuador, Costa Rica, Colombia, Panamá y Venezuela.

Por otro lado, de acuerdo a la información obtenida en cuanto al costo de proyectos vemos que éste tiene un promedio en la región de US\$ 1 700 el KW instalado, lo que se puede observar en el cuadro No. 5.4.



CUADRO N° 5.1
POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL
POTENCIA INSTALABLE (MW)
 Estimaciones y Evaluaciones realizadas

P A I S	A. Potencial Evaluado OLADE Julio 1984 MW	B. Potencial Estimado OLADE 1980 MW	C. Potencial Estimado Bco. Mundial 1974 MW	D. Potencial Total Proyectado-OLADE MW
1. Argentina	46.787*	45.000 **	48.120 **	46.787 **
2. Barbados				
3. Bolivia	39.857	18.000	18.000	39.857
4. Brasil	213.152	213.000	90.240	213.152
5. Colombia	120.000	120.000	50.000	120.000
6. Costa Rica	8.230*	8.900 **	4.326 **	8.230 **
7. Cuba				
8. Chile	21.874	12.000	15.780	21.874
9. Ecuador	69.953	22.000	21.000	69.953
10. El Salvador	1.850	850 **	900 **	1.850 **
11. Grenada				
12. Guatemala	9.642	9.900 **	1.176 **	9.642 **
13. Guyana			12.000 **	**
14. Haití		**	**	**
15. Honduras		2.800 **	4.800 **	2.800 **
16. Jamaica				
17. México	64.806	25.250	20.344	64.806
18. Nicaragua	5.155	2.950	3.600	5.155
19. Panamá	7.146	2.900	2.400	7.146
20. Paraguay		17.000	6.000	17.000
21. Perú	75.381	58.000 **	12.500 **	75.381 **
22. Rep. Dominicana	2.012	**	**	2.012 **
23. Surinam		**	260 **	**
24. Trinidad y Tobago		**	**	**
25. Uruguay	2.682*	7.000	2.512	2.682
26. Venezuela	83.477	36.000	11.644	83.477
Grupo Países del Caribe**		16.000	2.400	13.988
TOTAL REGION	772.000	617.550	328.000	805.800

FUENTE: Programa Regional de Hidroenergía - OLADE

* Es únicamente el potencial instalable inventariado, no incluye el estimado.

**Valor estimado para un grupo de países del Caribe (Barbados, Cuba, Grenada, Guyana, Haití, Jamaica, República Dominicana, Surinam, Trinidad y Tobago), todavía no evaluados.

A. Según aplicación de metodología OLADE (Evaluación de Recursos

Hidroenergéticos en América Latina 1983, 1984).

B. Según estimación realizada por el Programa de Hidroenergía de OLADE en 1980.

C. Según estimación realizada por el Banco Mundial en 1974.

D. Según datos del potencial evaluado por OLADE en 1984 y estimaciones realizadas en 1980 por el Programa Regional de Hidroenergía para el caso de los países que aún no disponen de la evaluación.

CUADRO N° 5.2.

POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

	Potencia Instalable Total (PINS) MW	Energía Firme Total (EFIR) GWh/año	Energía Media Total (EMED) GWh/año	
1. Argentina	46.787	98.284	182.473	
2. Barbados	**	**	**	EST.
3. Bolivia	39.857	107.551	178.000	
4. Brasil	213.152	933.606	1'194.864	
5. Colombia	120.000	430.466	683.280	
6. Costa Rica	8.230	26.094	37.190	
7. Cuba	**	**	**	EST.
8. Chile	21.874	90.397	125.604	
9. Ecuador	69.953	227.494	334.910	
10. El Salvador	1.850	4.336	6.096	
11. Grenada	**	**	**	EST.
12. Guatemala	9.642	25.939	42.962	
13. Guyana	**	**	**	EST.
14. Haití	**	**	**	EST.
15. Honduras	2.800	8.160	12.000	EST.
16. Jamaica	**	**	**	EST.
17. México	64.806	126.686	181.031	
18. Nicaragua	5.155	13.275	20.124	
19. Panamá	7.146	22.954	39.817	
20. Paraguay	17.000	49.620	72.970	EST.
21. Perú	75.381	311.291	494.818	
22. Rep. Dominicana	2.012	5.412	7.909	
23. Surinam	**	**	**	EST.
24. Trinidad y Tobago	**	**	**	EST.
25. Uruguay	2.682	7.789	10.578	
26. Venezuela	83.477	261.565	384.079	
Grupo Países**	13.988	40.800	60.000	EST.**
TOTAL REGION	805.800	2'791.719	4'068.705	

FUENTE: Programa Regional de Hidroenergía de OLADE

* Valor correspondiente al potencial instalable inventariado, no incluye el estimado.

** Valor estimado para un grupo de países del Caribe (Barbados, Cuba, Grenada, Guyana, Haití, Jamaica, Surinam, Trinidad y Tobago), todavía no evaluados.

— Los datos que se presentan son aquellos de la evaluación reali-

zada por OLADE en 1984 y de estimaciones (EST) realizadas en 1980 por el Programa Regional de Hidroenergía para el caso de los países que aún no disponen de la evaluación.

— Potencia instalable: PINS

— Energía Media: EMED = 8.76 x FC x PINS; FC = Factor de Capacidad

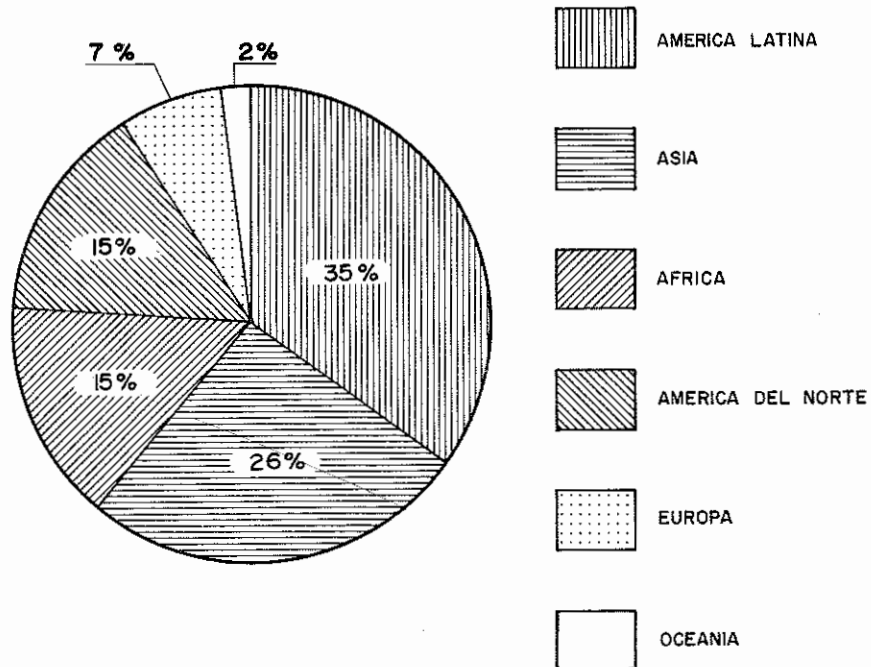
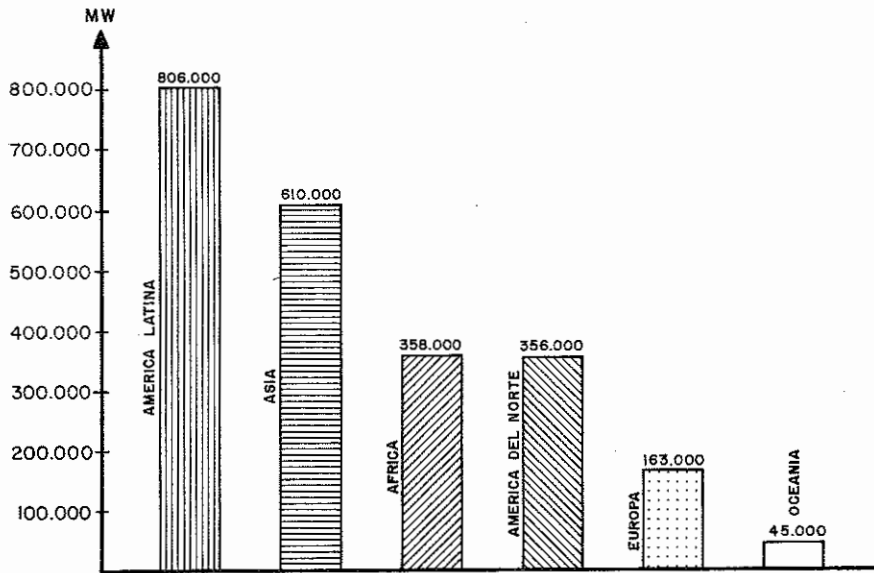
— Energía Firme: $EFIR = \beta \times EMED$; $\frac{EFIR}{EMED} = \beta$

FIG. 5.1



POTENCIAL HIDROENERGETICO MUNDIAL

TOTAL 2'338.000 MW





EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL
POTENCIAL HIDRICO DE LOS PAISES EVALUADOS

CUADRO N° 5.3

P A I S	POTENCIA INSTALABLE MW	ENERGIA FIRME GWh/año	POBLACION x 10 ⁶ Hab.	AREA x 10 ³ Km ²	PRODUCTO INTERNO BRUTO		KW/Hab.	KWh/año-Hab.	KW/Km ²
					TOTAL US\$ x 10 ⁶	PER CAPITA US\$			
1. Argentina	46 787	98 284	27,7	2 767	66 203	2 390	1,7	3 548	16,9
2. Bolivia	39 857	107 551	5,6	1 099	3 192	570	7,1	19 205	36,3
3. Brasil	213 152	933 606	118,7	8 512	243 335	2 050	1,8	7 865	25,0
4. Colombia	120 000	430 466	26,7	1 139	31 506	1 180	4,5	16 122	105,4
5. Costa Rica	8 230	26 094	2,2	51	3 806	1 730	3,7	11 861	161,4
6. Chile	21 874	90 397	11,1	757	23 865	2 150	2,0	8 144	28,9
7. Ecuador	69 953	227 494	8,0	284	10 160	1 270	8,7	28 437	246,3
8. El Salvador	1 850	4 336	4,5	21	2 970	660	0,4	964	88,1
9. Guatemala	9 642	25 939	7,3	109	7 884	1 080	1,3	3 553	88,5
10. México	64 806	126 686	69,8	1 973	145 882	2 090	0,9	1 815	32,8
11. Nicaragua	5 155	13 275	2,6	130	1 924	740	2,0	5 106	39,6
12. Panamá	7 146	22 954	1,8	77	3 114	1 730	4,0	12 752	92,8
13. Perú	75 381	311 291	17,4	1 285	16 182	930	4,3	17 890	58,7
14. República Dominicana	2 012	5 412	5,4	49	6 264	1 160	0,4	1 000	41,1
15. Uruguay	2 682	7 789	2,9	176	8 149	2 810	0,9	2 686	15,2
16. Venezuela	83 477	261 565	14,9	912	54 087	3 630	5,6	17 555	91,5
TOTAL (PAISES EVALUADOS)	772 000	2'693 138	326,6	19 341	628 523	1 924	2,4	8 246	39,9



EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

INFORME PRELIMINAR

POTENCIAL POR HABITANTE (Kw/Hab.)

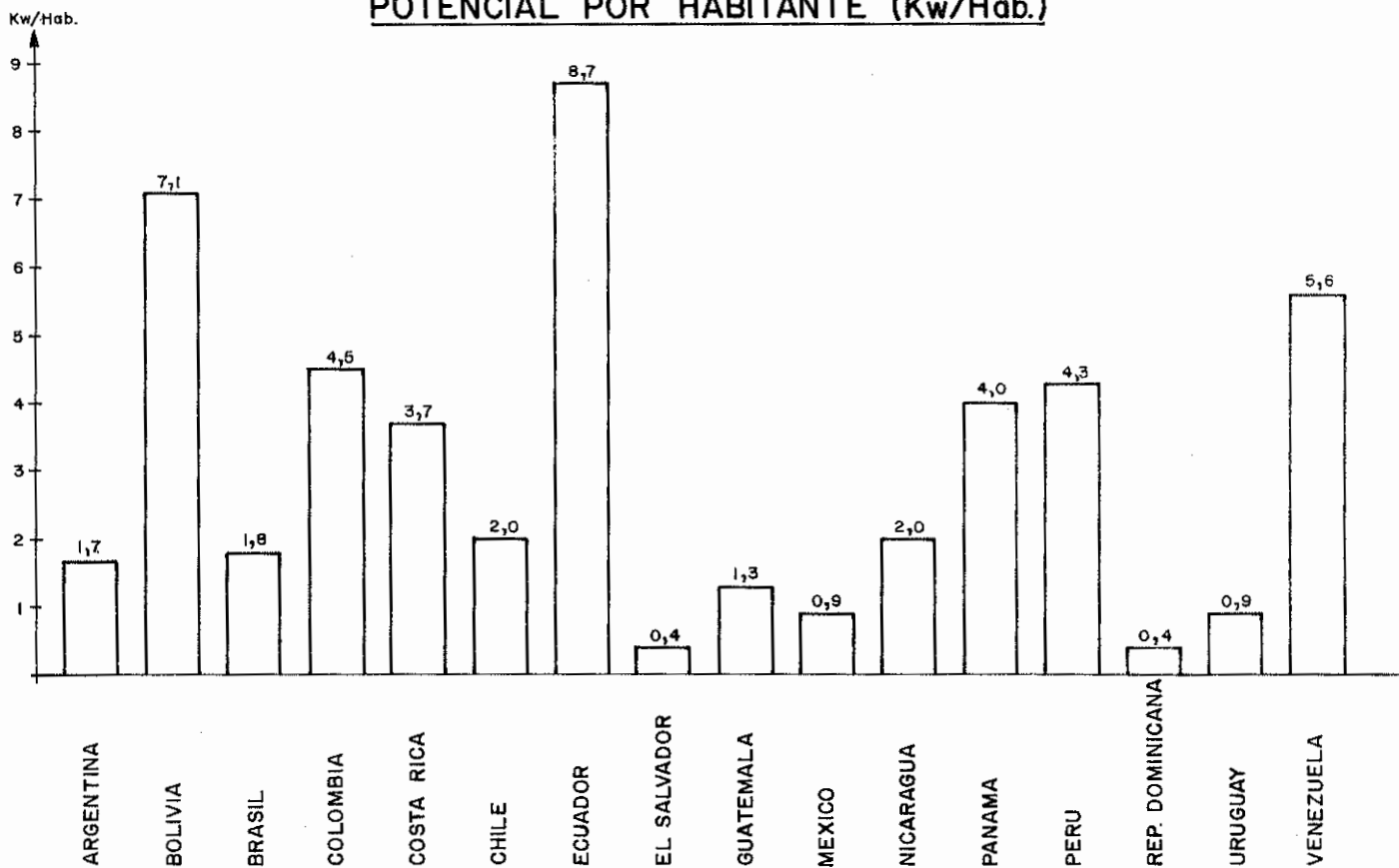


FIG. 5.3



EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

INFORME PRELIMINAR

ENERGIA FIRME POR HABITANTE (Kwh/año-Hab.)

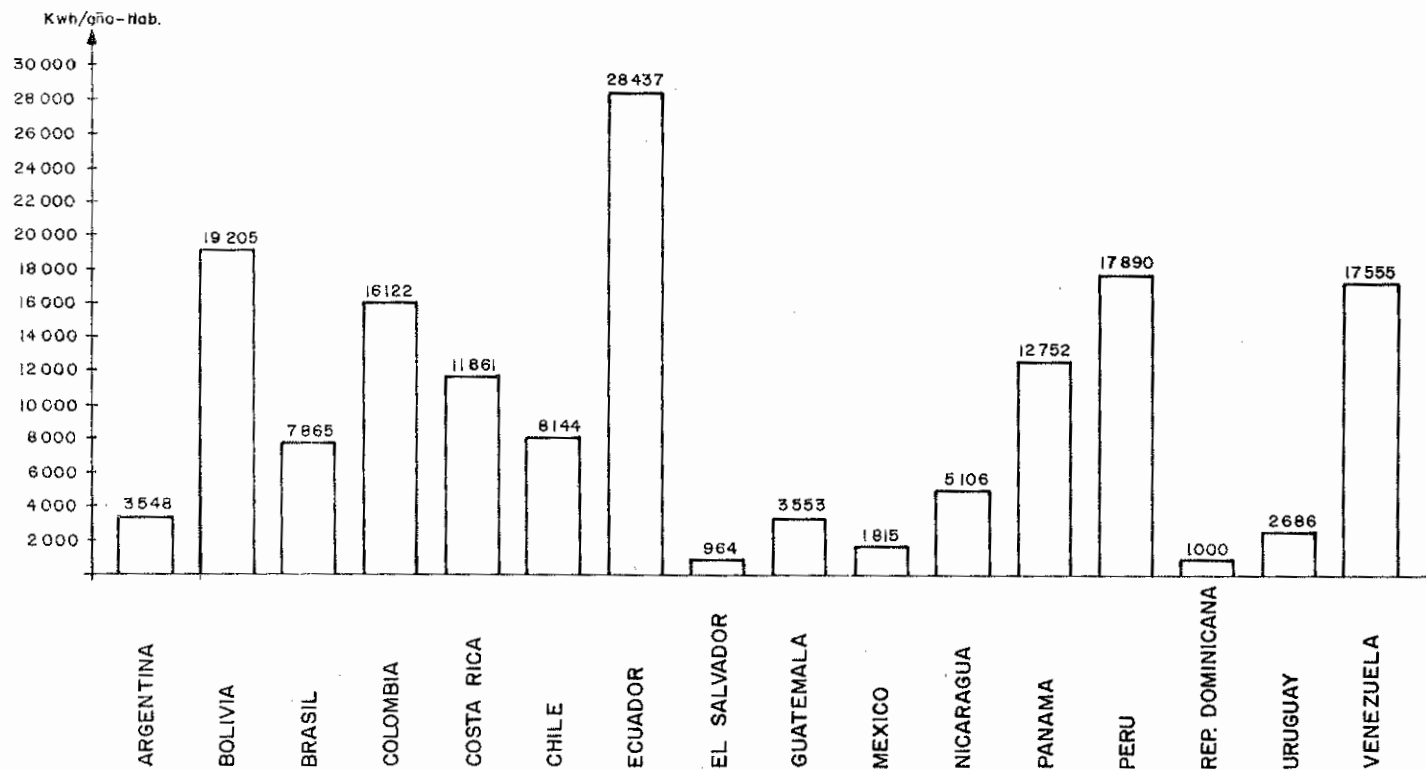


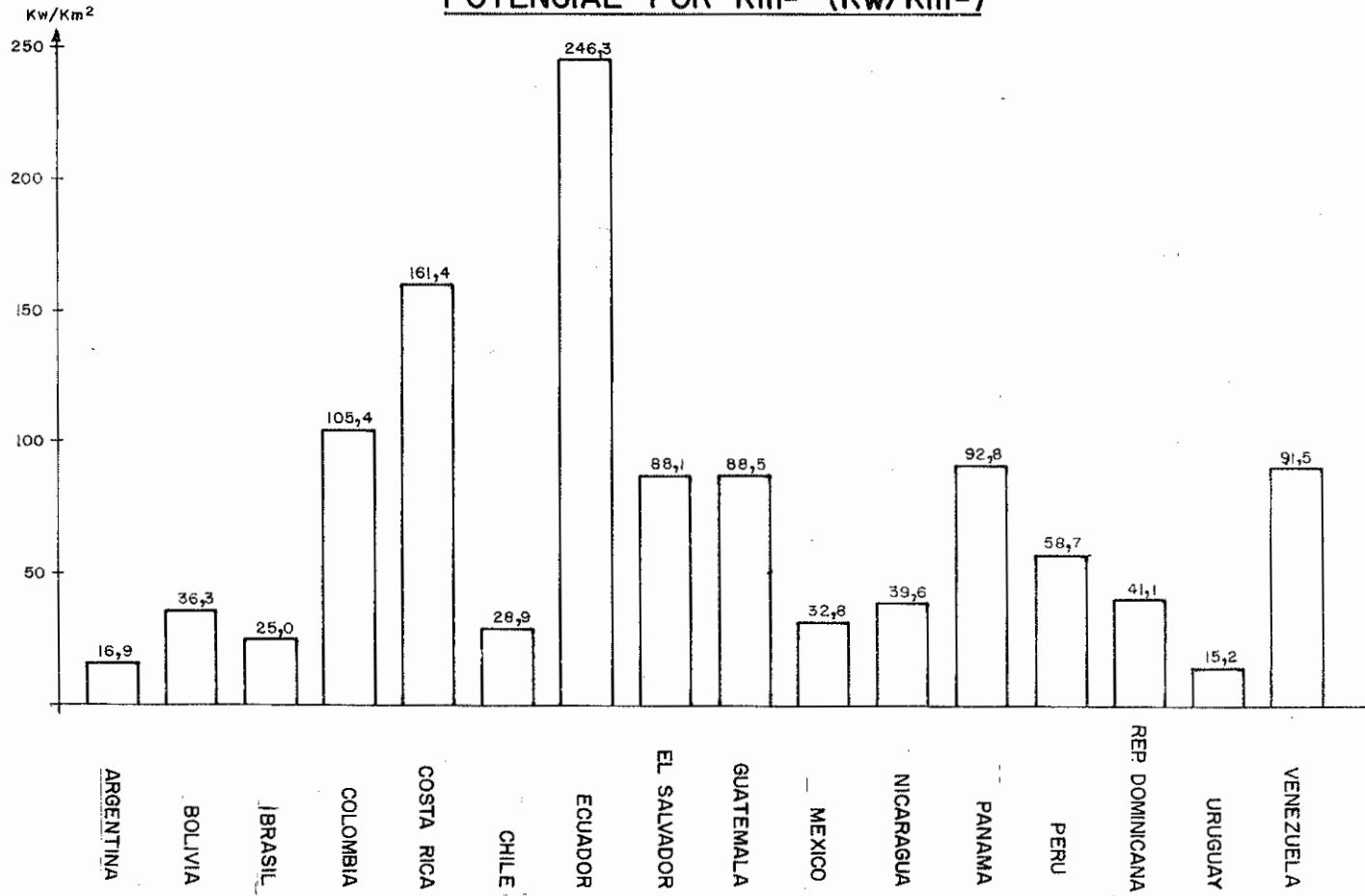
FIG. 5.4



EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

INFORME PRELIMINAR

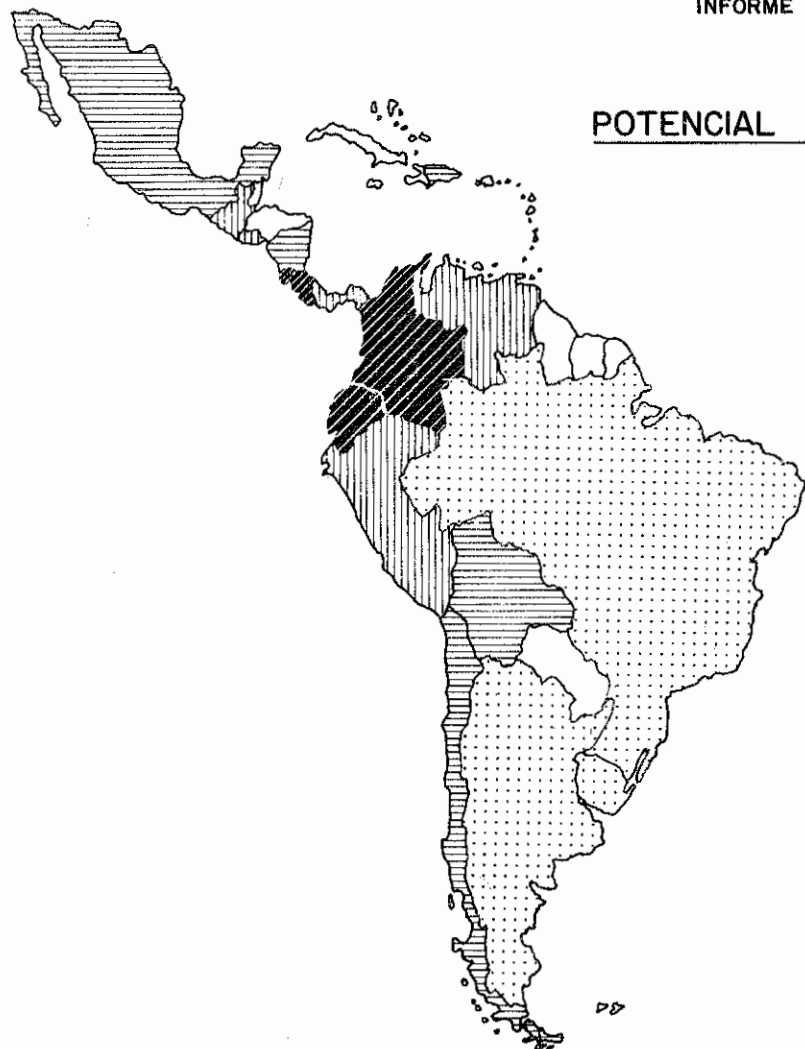
POTENCIAL POR Km² (Kw/Km²)







EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

INFORME PRELIMINAR

POTENCIAL POR Km² (Kw/Km²)



-  MENOS DE 25 Kw/Km²
-  25 - 50 Kw/Km²
-  50 - 100 Kw/Km²
-  MAS DE 100 Kw/Km²

NOTA: EL MAPA ES ILUSTRATIVO. OLADE NO HACE NINGUN JUICIO DE VALOR SOBRE LOS DIFERENDOS LIMITOPES EXISTENTES.



EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO REGIONAL

COSTO DE PROYECTOS

CUADRO N° 5.4

P A I S	COSTO DE PROYECTOS US\$/KW								
	EN OPERACION	CONSTRUCCION	DISEÑO EJECUCION	DISEÑO BASICO	FACTIBILIDAD	PREFACTIBILIDAD	INVENTARIO	EVALUACION	COSTO PROMEDIO
Argentina			571	1 010	975		840		349
Bolivia			1 915	1 496	1 440	647	1 385	968	1 308
Colombia		899		754	904		1 523		1 020
Chile					957		2 180	3 782	2 306
Ecuador	838	827	2 030	1 339	1 472	1 830	2 066		1 486
El Salvador	631	1 611			1 536		4 356		2 033
Nicaragua					1 855	1 664	3 893		2 470
Panamá					1 857	1 140			1 499
Perú		1 381	1 397		1 112	925	2 817		1 526
República Dominicana	1 020	1 780		1 797					1 532
Uruguay	1 110				4 558		5 396		3 688
Venezuela	1 250	2 663			1 110		2 437		1 865
COSTO PROMEDIO US\$/KW	970	1 527	1 478	1 279	1 616	1 241	2 689	2 375	1 700

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En términos generales se puede manifestar que la mayoría de los países disponen de considerables recursos hidroeléctricos, pero el porcentaje de aprovechamiento de los mismos es reducido. En todo caso, el recurso hídrico es de tal magnitud que por más que se cubra e 100% de las necesidades energéticas con hidroenergía en la mayoría de los países, no se aprovechará sino un porcentaje bajo de su potencial disponible.

La región en su conjunto está en capacidad de plantearse un desarrollo intensivo de la hidroenergía, si consideramos que la tecnología requerida es ampliamente conocida y que en diferentes países latinoamericanos existen experiencia y capacidades de ingeniería de proyectos y construcción, así como la infraestructura necesaria para la fabricación de equipamiento electromecánico para centrales hidroeléctricas.

Si observamos la dimensión de los proyectos y las magnitudes de las inversiones requeridas, es evidente que el financiamiento constituye el problema fundamental para el desarrollo hidroenergético de la región. La obtención de recursos para financiar el desarrollo hidroenergético constituye uno de los grandes retos de la región. En este sentido es necesario ampliar la base financiera regional, mediante la articulación de acciones conjuntas.

A partir de la primera evaluación del potencial hidroenergético regional será posible promover diversas actividades tendientes a fortalecer el desarrollo energético de América Latina, entre las cuales merece considerarse las siguientes:

- Comparación del potencial y características básicas de aprovechamiento (principalmente aquellos inventariados) entre los países.
- Identificación de experiencias, semejanzas y diferencias en el desarrollo de la evaluación de recursos y sus características con respecto a otros países de la región, con miras a aprovechar experiencias y establecer áreas de interés para la cooperación bilateral y multilateral.

- Mejorar el conocimiento de los recursos compartidos, lo que contribuirá a una mejor definición de políticas para el desarrollo energético.
- Mejorar el conocimiento de las perspectivas de intercambio de suministros energéticos en las áreas de frontera y perspectivas de interconexión regional.
- Utilizar el conocimiento de la magnitud y características del recurso para definir políticas tecnológicas y de fabricación de equipos y materiales a nivel nacional y regional.
- Continuar perfeccionando el conocimiento integral y consistente del potencial hidroenergético de la región mediante evaluaciones periódicas.
- Identificar necesidades de realizar inventarios hidroenergéticos en varios países de la región.
- Definir el marco concreto de las perspectivas de cooperación regional en el ámbito hidroenergético y en particular en lo referente a procesos de elaboración de inventarios, mediante el conocimiento concreto de necesidades de asistencia técnica y por otro lado de la experiencia y disponibilidades existentes.
- Contribuir a la formulación de políticas de desarrollo hidroenergético a largo plazo a nivel de los países y para la región en su conjunto, mediante el conocimiento integral del recurso, en el contexto de otras alternativas energéticas.
- Buscar bases de referencia para futuras gestiones de apertura de líneas de financiamiento para el desarrollo de inventarios hidroenergéticos y posteriormente para financiar estudios y proyectos conjuntos.
- Identificar posibilidades de cooperación regional mediante el aprovechamiento de cuencas comunes.
- Precisar la magnitud y perspectivas del desarrollo hidroenergético regional con miras a establecer planes regionales y definir las prioridades de acción futura.



MINICENTRALES: MILAGRO PARA LOS PUEBLOS OLVIDADOS

Gilberto Miranda Paz

JEFE DE PRENSA - MINISTERIO
DE ENERGIA Y MINAS, PERU

El célebre científico Antonio Raymondi, italiano de nacimiento pero tan peruano como el más ilustre de los Incas, amaba tanto al Perú que en una ocasión, a modo de metáfora pero también de queja, acuñó la frase: "El Perú es un mendigo sentado en un banco de oro".

En sus palabras había impotencia por trastocar una situación hasta cierta forma inadmisibles y que se ha mantenido inexplicablemente a lo largo de toda la era republicana.

Era tal su decepción, su fuerza amainada por la realidad, su coraje abatido, que lanzó entonces una arenga con un contenido de súplica:

"Jóvenes peruanos os pido vuestro concurso ...

Ayudadme, dad tregua a la política y consagraros a dar a conocer vuestro país, los inmensos recursos que tiene!".

Raymondi no hurgó el potencial hidroeléctrico, porque tal vez su protesta y amargura hubieran sido mayores. Parafraseándolo, tal vez habría exclamado:

"El Perú es un gigante que duerme en una inmensa cordillera, en cuyas faldas hay ríos y lagunas para electrificar cada kilómetro del millón 279 mil 691 que tiene el territorio peruano".

La presencia de Raymondi en el Perú, desde 1850, cuando apenas tenía 24 años, tuvo efectos positivos, pues los ojos del mundo volvieron hacia nuestro sue-

lo, despertando el interés de audaces empresarios que vinieron a trabajar aquí, codo a codo con los peruanos, particularmente en el campo minero.

La minería, en gran medida, tuvo un repunte gracias a Raymondi, pero ¿cuántos sabios italianos como él hubiéramos querido en nuestro suelo para levantar otras áreas de la economía, como la electricidad?.

LA GRANDEZA DE MAYOLO

Si bien en el campo energético, flamea la grandeza de un Santiago Antúnez de Mayolo -- el visionario ancashino -- que ya en 1945 concibió las más grandes centrales hidroeléctricas de nuestra Patria el avance ha sido lento, cargado de problemas.

No podría tampoco dejarse de mencionar la tarea titánica que efectuó un grupo de empresarios privados --encabezados por suizos-- quienes construyeron en Lima la empresa de electricidad más próspera: Empresas Eléctricas Asociadas, hoy ELECTROLIMA.

Sin embargo, el hecho mismo de ser la energía una industria estratégica, alejó el interés del inversionista privado.

Y ha sido el Estado el que ha debido cargar con el peso de una enorme responsabilidad, que ahora lo agobia, más aún si hablamos de un país en vías de desarrollo, el cual no puede materializar inversiones notables, sobre todo cuando también hay hambre y otras necesidades vitales.



Y eso no es todo.

El potencial hidroeléctrico peruano es gigantesco. Con las centrales que se pueden construir, todo el territorio nacional podría ser electrificado..... y hasta quedarían márgenes para la exportación, si ella fuera posible.

Pero el descuido republicano de décadas no puede arreglarse en pocos años. La energía ha ido creciendo en forma lenta, y desgraciadamente sólo en las grandes ciudades, pues a todo este panorama se suma una geografía accidentada, en ciertos lugares casi inaccesible.

El gigante sigue sin despertar sobre su gran riqueza energética.

Las cuencas, capaces de generar insospechada potencia hidroeléctrica, seguirán esperando, mientras no haya disponibilidad de inversiones. Esa es la verdad.

Sólo las capitales --y no todas-- de los 24 departamentos pueden disponer de una energía que si bien no es óptima, por lo menos permite un desarrollo moderado de las zonas.

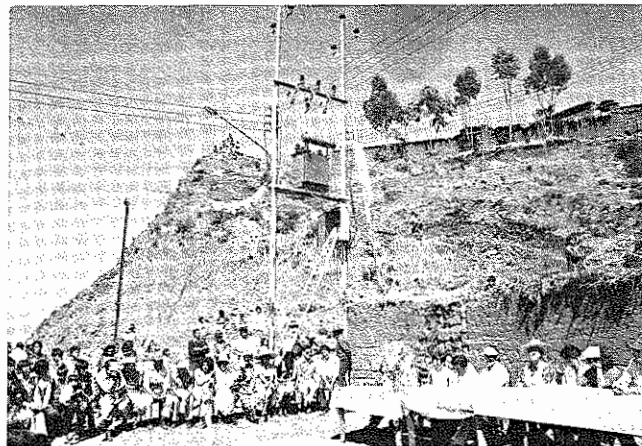
LOS PUEBLOS OLVIDADOS

En la segunda administración del Arq. Fernando Belaunde Terry, se ha comenzado a atacar un problema que él mismo ha llamado "el de los pueblos olvidados".

Es el de aquellas localidades paupérrimas, alejadas de los grandes centros de interconexión eléctrica, que han vivido al margen del progreso.

Son poblaciones que ahora ven la luz, gracias a un Programa de Electrificación Provincial, Distrital y Rural.

El milagro ha comenzado para esos villorios, con gran fuerza en 1980 y por acción de una empresa estatal relativamente joven: ELECTROPERU, dirigida actualmente por gente dinámica.



Ceremonia de inauguración de las obras de electrificación del pueblo joven "Villa María" ubicado en el casco urbano del Cuzco

Al 30 de septiembre del presente año, se habían concluido 81 minicentrales, accionadas 12 de ellas con energía hidráulica y 79 con energía térmica.

En cuatro años se ha beneficiado a 367.598 personas, que estaban marginadas, constituyendo virtualmente una isla dentro del país.

La minicentral más pequeña tiene una potencia instalada de 10 kilowatios y está en el departamento de Lima, concretamente en la localidad de Catahuasi.

Esta ciudad, no obstante su ubicación, estaba al margen de las grandes centrales que dan energía a la capital peruana.

Mucho más económico ha resultado construir una minicentral térmica, que ampliar el suministro proveniente de la CH del Mantaro.

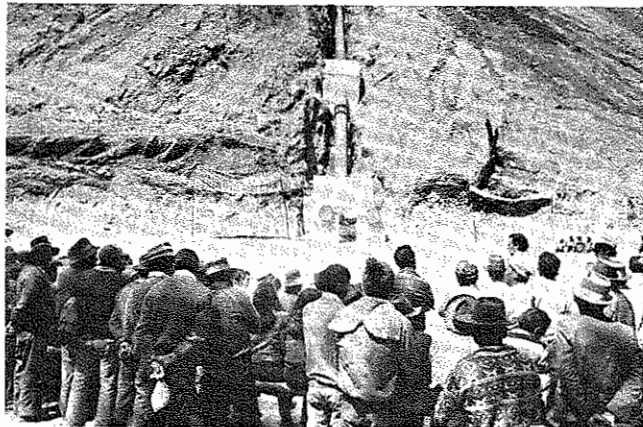
El pueblo de Catahuasi se vistió de fiesta en su inauguración. Sus escasos 70 habitantes han emprendido una vigorosa marcha hacia el progreso.

En el departamento de Cajamarca, donde la historia cuenta que el Inca Atahualpa pagó su rescate

con un cuarto repleto de otro y otros dos de plata, hay una minicentral (localidad de Namora) de sólo 75 kilowatios, con la cual se beneficia a 2.300 personas.

La mini central más grande está ubicada en el departamento fronterizo de Tumbes, limítrofe con Ecuador.

Se halla exactamente en la localidad de Las Mercedes. Su potencia es de 5.000 kilowatios y sirve a 32.578 personas.



Construcción de la Mini Central Hidroeléctrica Chongos Alto (Departamento Junín)



La electricidad comenzó a llegar a diferentes pueblos de Cajamarca

En cuanto a la mayor cantidad de pobladores que se benefician con mini centrales, es necesario referirse a Puno, departamento ubicado entre los 4 primeros del país en cuanto a densidad poblacional. Puno, a su vez, es el de mayor índice de analfabetas. En la localidad de Juliaca, funciona una mini central de apenas 200 kilowatios, que ha llevado los innumerales beneficios de la electricidad a 30.000 habitantes.

En Arequipa, considerada la segunda ciudad del país funcionan dos mini centrales accionadas por hidroelectricidad y seis térmicas.

En Piura, departamento que marcha al mismo o quizás mayor ritmo de progreso de Arequipa y que fue cuna del Gran Almirante Miguel Grau, héroe máximo del Combate de Angamos que se libró con la escuadra Chilena, funciona una hidráulica y 9 térmicas.

Piura es una ciudad pujante y próspera por su petróleo y también minería. Actualmente han sido reactivados los pozos que explotaba la International Petroleum Company y conjuntamente con la empresa estatal PETROPERU, trabajan allí la Occidental Petroleum Company y la Belco, esta última explotando al zócalo marino.

Este cálido departamento norteño tendrá el privilegio de contar con la primera mini central hidroeléctrica accionada por el viento y el agua de mar.

Esta pequeña central se está construyendo en la caleta de Yacila. Tendrá una potencia de 30 kilowatios y beneficiará a 400 pobladores.

En La Libertad, departamento que destaca por su industria azucarera, se han construido tres mini centrales para 17.500 personas. Su capital Trujillo se distingue por su moderno trazo urbano y crecimiento poblacional.

En Ayacucho, funcionan dos minicentrales térmicas (Cangallo y Coracora) y una hidráulica en Pauza.

Se están construyendo otras tres hidráulicas y dos térmicas. El gobierno está poniendo especial atención en este departamento, en el cual el senderismo tiene su centro de operaciones y donde la vida vale muy poco.



Minicentral departamento Ayacucho (Vischongo)

DIMENSIONES DEL PLAN

El Plan de Electrificación Provincial, Distrital y Rural fue puesto en marcha durante el régimen militar que antecedió a la segunda administración del presidente Belaunde.

El actual gobernante dispuso entre las tareas inmediatas su dinamización, teniendo en cuenta que

hay dos mil localidades de más de 500 habitantes que no tienen electricidad o en su defecto un acceso deficiente.

Tal situación impide el desarrollo industrial descentralizado y el crecimiento económico frente a los grandes centros urbanos.

El programa de mini-centrales hidroeléctricas recibe ahora un mayor impulso con la ayuda financiera de diversos países, incluyendo la República Federal de Alemania, República Popular China, Estados Unidos de Norteamérica y el Reino Unido, entre otros.

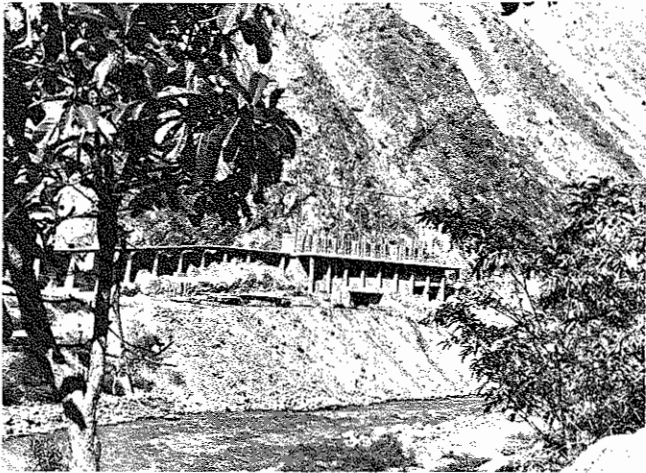
Para fines de 1985 se espera incrementar la potencia instalada en parte de las 2.000 pequeñas ciudades antes referidas, de 213.4 MW a 341.0 MW. Esto dará servicio eléctrico o mejorará el mismo en 600 pequeñas ciudades, incorporando a una población estimada en el millón de personas.

Con el logro de este objetivo se habrá cumplido, en gran medida la frase del Presidente Belaunde: "Los últimos serán los primeros ..." Especialmente, si tenemos en consideración la solución económica y social que representan las mini-centrales hidroeléctricas.

ELECTROPERU, la empresa estatal encargada de hacer realidad el sueño de los pueblos olvidados, viene trabajando con ejemplar entusiasmo en esta tarea, bajo la presidencia del ingeniero Eduardo Callaux Angulo.

Pero no descuida, de ninguna manera, otras acciones de mayor dimensión, como son las grandes centrales hidroeléctricas.

Precisamente, el 10 de noviembre último, el Presidente Belaunde inauguró la CH "Restitución", que constituye la tercera y penúltima etapa del Proyecto Mantaro y que da energía (217 kilowatios) a siete departamentos, incluyendo Lima.



Frontispicio del acceso a la casa de máquinas de Central Hidroeléctrica "Restitución" vista desde la margen derecha del caudaloso río Mantaro, en la provincia de Tayacaja (Huancavelica - 217.000 Kws)

El Proyecto Mantaro --cuya potencia supera ahora el millón de kilowatios-- fue una genial concepción del ingeniero Santiago Antúnez de Mayolo, cuyos sueños hace 40 años parecían arrancados de la fantasía.

Santiago Antúnez de Mayolo dejó de ser una leyenda como también el sabio italiano Antonio Raymondí.

Ambos entregaron sus vidas por el Perú y el Perú mantiene latente sus obras.

Mirando retrospectivamente el Perú, debemos detenernos para admirar el desprendimiento de estos dos genios y recordar que en una ocasión, cuando de Italia le pidieron a Raymondí que envíe sus trabajos de investigación, el célebre científico respondió: ¡Son del Perú y deben correr la suerte del Perú!

Sus mensaies y sus obras cobran ahora mayor fuerza, porque el mendigo sigue sentado en un banco de oro y un gigante reposa aún sobre una gran despensa hidroeléctrica.

Esas riquezas esperan aún la mano decidida y firme que las transforme en fuente inagotable de desarrollo.



Programa de electrificación Provincial, Distrital y Rural. Casco urbano de Iquitos.

ESTUDIA EL IRHE Y OLADE POTENCIAL GEOTERMICO EN PANAMA

**Lcdos. Lourdes Pérez de Rodríguez y
Moisés Capuro**

OFICIALES DE COMUNICACION
DIRECCION DE COMUNICACION Y RRPP
INSTITUTO RECURSOS HIDRAULICOS Y
ELECTRIFICACION (IRHE) DE PANAMA

Los estudios de Reconocimiento Geotérmico Nacional y de Prefactibilidad avanzada del Complejo Baru-Colorado han sido iniciados recientemente por el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación de Panamá, a través de la Sección de Investigaciones Geológicas adscrita a la Dirección Ejecutiva de Desarrollo, y los mismos han contado con el valioso financiamiento de 1.8 millones de balboas aportados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con el apoyo de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

Durante los dos próximos años la institución rectora de la energía en Panamá, el IRHE, evaluará la posibilidad de la explotación geotérmica del Complejo Barú-Colorado y obtendrá el informe final del Reconocimiento Geotérmico del país, para determinar la potencialidad de estas áreas.

En octubre pasado, el Ing. Eduardo Márquez, especialista del BID, en compañía del Ing. Arturo Ramírez, el IRHE y otros técnicos de esa empresa concurren al área que será objeto del estudio, ubicada en la occidental provincia de Chiriquí, limítrofe con Costa Rica, e inspeccionaron los sectores en los que se dan manifestaciones termales.

Igualmente OLADE, en su condición de asesora en la metodología que se empleará en los estudios panameños, envió a esa nación a los técnicos especialistas Gustavo Cuéllar, Coordinador Regional de esta organización para geotermia, Eduardo Aguilera, asignado como consultos para esas investigaciones, y Mauricio Petana y Antonio Frularie.

Las investigaciones que se remontan al pasado geológico panameño han determinado que hace aproximadamente unos 40 millones de años se desarrolló un intenso período volcánico en la región sur occidental de ese país; sin embargo, los volcanes Barú y El Valle, los únicos de que se tiene certeza existieron en Panamá, estuvieron activos hace aproximadamente 2 millones de años; el primero en Chiriquí, y el otro en la provincia de Coclé.

El período activo de los volcanes antes citados fue seguido por una etapa geológica post volcánica en donde las manifestaciones magmáticas carecieron de suficiente energía, apreciándose en la superficie terrestre únicamente aguas termales y vapores.

Los estudios geológicos iniciados por otros organismos estatales e internacionales con antelación a los del IRHE datan de 1971, cuando el Gobierno panameño dió los primeros pasos para emprender las investigaciones vinculadas con la geotermia.

Entre las instituciones que participaron en esos análisis, así como destacados geólogos, podemos mencionar el CEL de El Salvador; de las Naciones Unidas; de la BRGM de Francia; del IGS; de la Comisión Federal de Electricidad de México, del IRHE y de OLADE.

Los primeros intentos consistieron en análisis petrográficos, evaluaciones de manifestaciones termales, levantamientos geológicos, perforaciones de pequeños diámetros, estudios geoquímicos, geofísicos, geológicos e hidrológicos, entre otros.

Debido a que los análisis efectuados hasta ese entonces no contaron con una adecuada metodología en su orientación, no se llegó a definir la real situación de la geotermia en Panamá.

Para 1980, una vez se asignó al IRHE toda la responsabilidad en materia de geotermia, esa institución debidamente autorizada por su Gobierno, solicitó a OLADE su cooperación a fin de evaluar los datos recopilados, hasta ese momento.

Después de la ejecución de este arduo trabajo por parte de OLADE y de la empresa consultora geotérmica italiana, se determinó la existencia de áreas con potencial adecuado para la explotación geotérmica para la generación de energía, y se reorganizó el material existente siguiendo una metodología cónsona a las características geológicas de Panamá.

La amplia zona localizada fue denominada El Pando, Complejo Colorado y Complejo Barú, que está situada en la provincia de Chiriquí.

En el contexto del estudio de prefactibilidad del Complejo Barú - Colorado se consideró igualmente el efecto que produciría la inclusión de una central geotérmica en el programa de expansión del Sistema Eléctrico Nacional del IRHE. La experiencia del BID y de OLADE, consideró que se podrían instalar 2 unidades de 55 MW cada una con un costo de aproximadamente 1,600 a 2,000 balboas por cada KW instalado.

El informe de OLADE llegó a los funcionarios del IRHE en 1982 y se le intituló "Aprovechamiento de los Recursos Geotérmicos de Panamá", documento que permitió a la nación tramitar un préstamo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para un estudio de Reconocimiento Geotérmico a Nivel Nacional y un Estudio de Prefactibilidad Avanzada del Complejo Barú-Colorado.

Como respuesta a ello, el Gobierno panameño firmó con el BID dos contratos, uno sobre cooperación técnica no reembolsable para el primero de los proyectos antes señalado, y el otro de recuperación contingente para la ejecución del segundo.

Mediante el estudio de reconocimiento geotérmico nacional se pretende determinar e identificar la potencialidad geotérmica en toda la República de Panamá, y el mismo será iniciado en el sector de El Valle de Antón, incluyendo a las áreas de Chitira-Calobre, Tonosí y Coiba. Este se llevará a cabo siguiendo la metodología propuesta por OLADE.

Por otro lado, el estudio de Prefactibilidad Avanzada del Complejo Geotérmico Barú-Colorado definirá la viabilidad de la explotación geotérmica de ese sector.

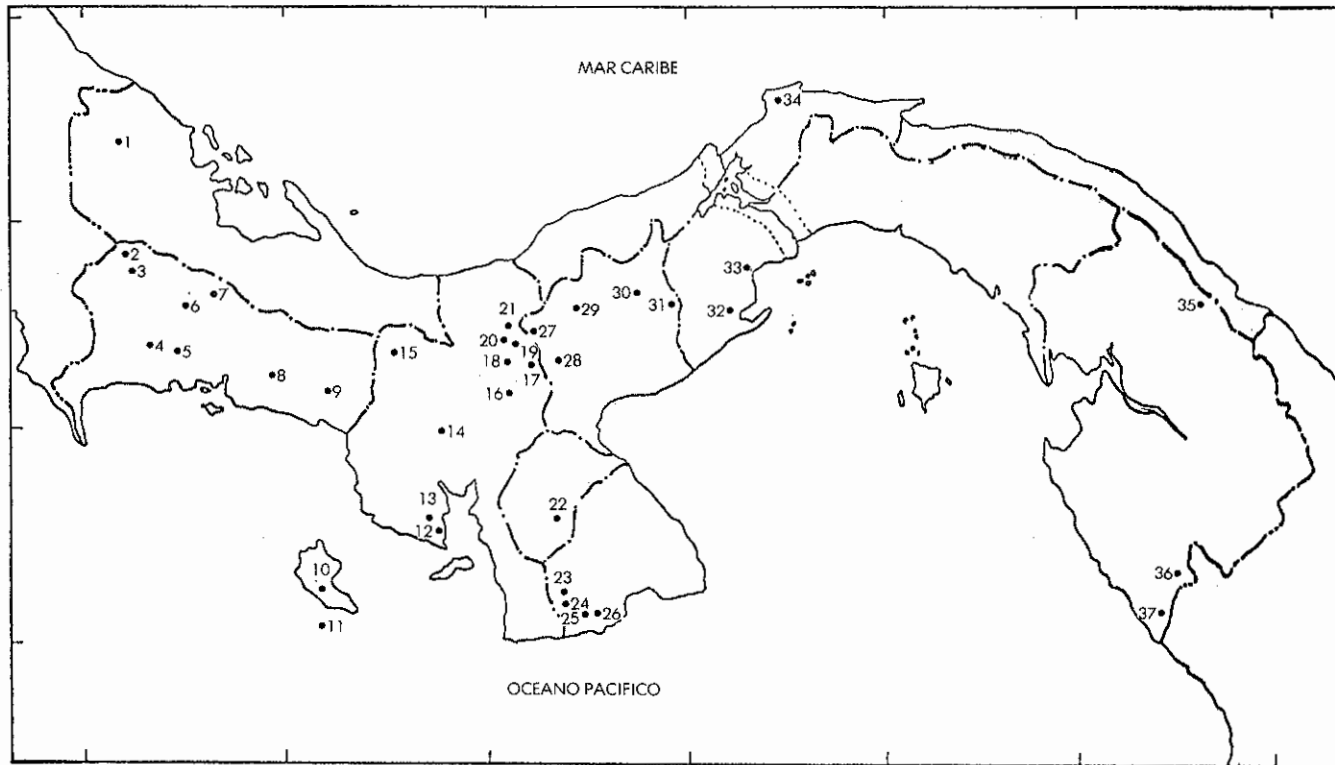
El IRHE con estos dos proyectos estimará el costo de la explotación geotérmica y evaluará económicamente las actividades que se llevarán a cabo después del Estudio de Factibilidad.

Las nuevas prospecciones que está efectuando el IRHE con la asesoría de OLADE, incluirán análisis más profundos sobre geovulcanología, geoquímica, hidrología y geofísica, valiéndose de operaciones de campo y trabajos de interpretación y de laboratorio.

Se adicionará a éstos, perforaciones de pequeño diámetro de hasta 600 metros aproximados de profundidad, teniendo como finalidad el uso de múltiples propósitos en la investigación.

Debido a que las inversiones para la explotación geotérmica es relativamente menos costosa, esta alternativa presenta ventajas ya que se podrían retrasar las construcciones por parte del IRHE, de los futuros proyectos hidroeléctricos ya identificados tales como Changuinola I, y Teribe I, ubicados en la provincia de Bocas del Toro, y Tabasará, entre las de Chiriquí y Veraguas, y los cuales son necesarios para responder a la creciente demanda de energía de los próximos años.

LOCALIZACION DE LAS MANIFESTACIONES TERMALES EN LA REPUBLICA DE PANAMA



Leyenda

- | | | | | |
|---------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------|
| 1. Bonyic | 10. Coiba | 19. La Laguna | 28. Olá | 37. Jampavado |
| 2. Cotito | 11. Jicarón | 20. Barrero Granda | 29. Santa Marta | |
| 3. Los Pozos | 12. Farfancito | 21. Chitra | 30. Chiriquí Abajo | |
| 4. Santa Cruz | 13. Carrizal | 22. Salitre | 31. El Valle | |
| 5. Guayabal | 14. Barrero | 23. Agua Caliente | 32. Buenos Aires | |
| 6. Caldera | 15. Agua de Salud | 24. El Cortezo | 33. Salitral | |
| 7. Hornito | 16. El Pedregoso | 25. La Sapotoza | 34. Guanche | |
| 8. Galique | 17. Calobre | 26. Ave María | 35. Membrillo | |
| 9. Tole | 18. San Juan | 27. Huacas de Quije | 36. Arreti | |

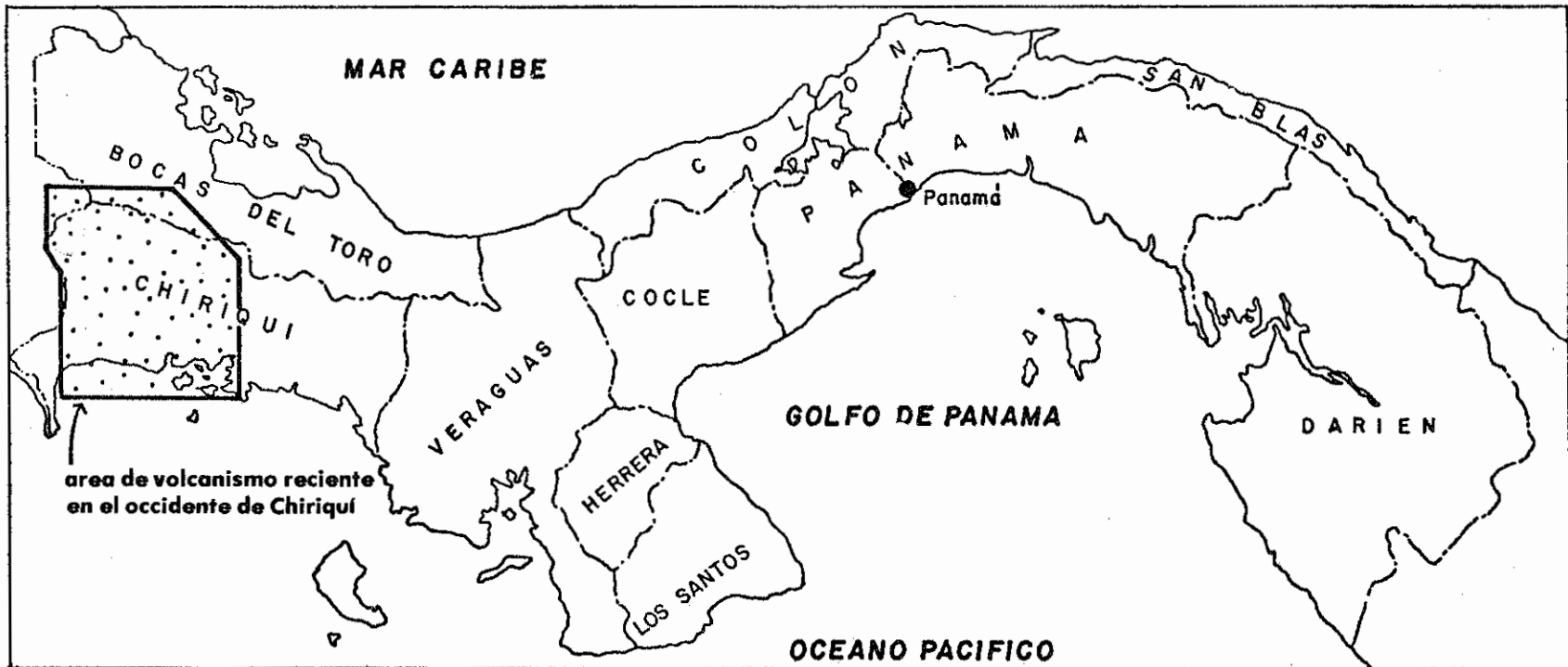


FIG. 1

SITUACION DEL AREA ESTUDIADA Y MAPA FISIOGRAFICO DEL W DE PANAMA



Edificio Barú visto desde el SE. La porción central, de pendiente más fuerte está constituida predominantemente por lavas; en la periferia se acumulan flujos freatomagmáticos más móviles.



Relieves del basamento terciario, constituidos predominantemente por intrusivos y Edificio Colorado (Pleistoceno) con morfología relativamente bien conservada.

UNA APLICACION DE LA TEORIA ESTADISTICA A LA RESOLUCION DE PROBLEMAS DE INFORMACION ENERGETICA EN PAISES EN VIAS DE DESARROLLO: ENCUESTA DE ESTACIONES DE SERVICIO 1/

Carlos Araujo ^{a/}
José Luis Calabreses ^{b/}

1. INTRODUCCION

El presente trabajo se refiere a un diseño muestral de bajo costo para estimar el recorrido anual promedio del parque automotor de un país o región, a través de encuestas de vehículos en estaciones de servicio. Estas encuestas han sido aplicadas y procesadas en Colombia y también se están realizando en Perú. La presentación y análisis estadístico del estimador de ese recorrido anual promedio, es objeto central de esta publicación.

Los autores desean, a través de este trabajo, contribuir al desarrollo de la investigación dentro del marco de disponibilidad de información y recursos que enfrentan los distintos países en vías de desarrollo.

2. DESCRIPCION DE LA ENCUESTA

El procedimiento denominado ENCUESTA DE ESTACIONES DE SERVICIO consiste en colocar un encuestador en un puesto de venta de gasolina y entrevistar los vehículos que en un período dado acuden a cargar combustible. No es objeto de este trabajo determinar

como se eligen las estaciones de servicio para que conformen una muestra representativa de vehículos de una ciudad, región o país y sólo señalaremos que para ello se siguen las técnicas estadísticas habituales de muestreo, de manera que la muestra respectiva ofrezca un marco adecuado para medición y estimación de las variables seleccionadas.

Supongamos por ejemplo que se desea conocer el recorrido anual promedio L por tipo de vehículos (automóviles privados, taxis, motos, camiones, etc.) de la población. El procesamiento conocido como encuesta de hogares es obviamente muy costoso y de difícil ejecución en países en desarrollo; la encuesta de estaciones de servicio permite en cambio tomar un gran número de observaciones a costos mucho menores.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la variable a medir (en este caso el recorrido, o cualquier otra variable que sea dependiente del recorrido), está influenciada por la frecuencia con que un carro dado visita la gasolinera en una unidad de tiempo suficientemente grande (por ejemplo 1 año). En efecto, si un vehículo recorre al año 50 000 km, deberá visitar las gasolineras con más frecuencia que otro que sólo recorre 5 000 en el mismo año. Si todos los vehículos de la población llenaran el tanque de combustible cuando observan que la aguja está marcando cero (tanque vacío), la frecuencia $f_{mín}$ con que visitarán los puestos de venta, estaría definida por

$$f_{mín} = \frac{L}{c q} \quad (1)$$

1. Este artículo es resultado de actividades desarrolladas bajo el Convenio suscrito por el Proyecto Estudio Nacional de Energía (ENE) de Colombia y el Proyecto "Consumo, sustitución, y Conservación de Energía en el Sector Transporte" (Proyecto OEA CO1

a. Asistente General del Director del CIENES

b. Experto en Planeación Energética de la Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)

siendo

c el consumo específico en km/gal
 q la capacidad del tanque de combustible en galones
 L el recorrido anual en km/año

Si bien es cierto que ciertos conductores tienen por hábito llenar el tanque de sus vehículos, habrá otros que cargarán medio tanque, tres cuartos, o una cantidad indeterminada. La frecuencia real f con que un vehículo visita una estación de servicio será entonces igual o mayor que la frecuencia mínima. Al cociente

$$\phi = \frac{f}{f_{\min}} \quad (2)$$

lo denominamos factor de hábito y será mayor o igual que uno. Se hace la hipótesis (por otra parte ya corroborada en algunas de las aplicaciones efectuadas) que ϕ no depende de la variable a medir. La frecuencia real se descompone así en dos factores, uno independiente y otro dependiente de la característica bajo análisis.

En base a lo dicho se desprende que la encuesta de estaciones de servicio lleva a un muestreo donde cada unidad de observación tiene una probabilidad distinta de ser escogida en la muestra y por lo tanto la media directa del recorrido no es un buen estimador de la media poblacional.

Para las determinaciones del recorrido anual promedio de vehículos en encuestas puntuales como la que se describe en este trabajo, existe una serie de preguntas recurrentes que deben formularse al conductor y el éxito de las mismas en obtener una respuesta apropiada y cuantitativa depende en gran medida del entrenamiento y experiencia del equipo de encuestadores. A efectos de centrar la atención en el estudio del estimador, supondremos que los problemas relativos a obtener respuestas correctas han sido convenientemente resueltos.

3. PRESENTACION DEL ESTIMADOR DE LA MEDIA POBLACIONAL Y DE SUS PROPIEDADES

Como se mencionó en el punto anterior, para

cierto tipo de variables (tal como el recorrido) el muestreo de vehículos en estaciones de servicio constituye un diseño muestral con repetición y probabilidades desiguales.

Sea:

N = total de vehículo en la población
 n = total de vehículo en la muestra
 P_i = probabilidad de que el i -ésimo vehículo de la población acuda a una estación de servicio ($i=1, 2, \dots, N$)
 Y_i = valor de la característica bajo estudio en el i -ésimo vehículo ($i = 1, 2, \dots, N$)

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i = \text{media de la característica en la población (de vehículos).}$$

Se propone como estimador:

$$\hat{Y} = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i / P_i)}{\sum_{i=1}^N (1 / P_i)} \quad (3)$$

Este estimador presenta las siguientes características.

a) A diferencia del estimador de Hurwitz-Thompson, el estimador (3) sólo requiere el conocimiento de las probabilidades en la muestra.

Más aún, sea:

T = Unidad de tiempo tal que si un vehículo no acude al menos una vez a alguna estación de servicio dentro de dicha unidad puede suponerse que no acude a una estación de servicio (es decir que $P_i > 0$). Por ejemplo, esta unidad de tiempo podría ser el año.

f_i = frecuencia con que un vehículo acude a una estación de servicio dentro de la unidad de tiempo

po T , según su definición en las ecuaciones (1) y (2).

Entonces, la probabilidad P_i puede definirse como

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (4)$$

y sustituyendo en (3) se tiene que

$$\hat{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i / f_i)}{\sum_{i=1}^n (1 / f_i)} \quad (5)$$

de donde el estimador propuesto sólo requiere del conocimiento de los f_i correspondientes a las unidades observadas en la muestra.

b) El estimador propuesto converge en probabilidad al parámetro \bar{Y} . Esta propiedad será demostrada y analizada en el punto 5.

4. DETERMINACION DE LAS FRECUENCIAS

Como se ha visto hasta aquí, el estimador de una característica dependiente del recorrido, será a su vez dependiente de la frecuencia. Se debe en consecuencia determinar para cada vehículo que fue escogido en la muestra, el valor de dicha frecuencia. Para ello existen dos métodos; que pueden ser complementarios o alternativos, dependiendo de las características de cada problema particular:

a) Se puede incluir la frecuencia real f_i dentro de la unidad de información, preguntando a cada individuo cuantas veces por semana y/o por mes visita la gasolinera. Si el dueño del vehículo sabe la respuesta, ésta deberá de todos modos ser sometida al chequeo del procedimiento b), para establecer un análisis de consistencia.

b) La frecuencia mínima definida en la ecuación (1) puede ser determinada perfectamente si se conoce la dependencia entre el consumo de combustibles y ciertas características del vehículo, y esto puede ser establecido mediante una encuesta de seguimiento de vehículos, cuya descripción y marco teórico excede los límites del presente trabajo. Para dar un ejemplo de cómo opera este modelo, supongamos que el consumo de combustible depende de una sola variable k llamada cilindrada. En tal caso $N^\circ 1$ se transforma en

$$f_{\text{mín}} = \frac{L}{E(c/k)q} \quad (6)$$

Habiéndose reemplazado el consumo específico de un vehículo particular por su esperanza condicional dada la (o las) variables explicativas.

El estimador definido en la ecuación (5) se transforma en

$$\hat{Y} = \frac{\sum Y_i / \phi_i f_{i, \text{mín}}}{\sum 1 / \phi_i f_{i, \text{mín}}} \quad (7)$$

Para pasar de la frecuencia mínima a la frecuencia real, se pueden vincular ambas mediante un modelo de regresión sobre las observaciones de ambas variables en la encuesta de seguimiento. Si esta regresión resulta lineal y con intercepto nulo, ello equivale a decir que f_i es proporcional a $f_{i, \text{mín}}$ y que la constante de proporcionalidad es $E(\phi_i)$. En tal caso, la expresión del estimador queda

$$\hat{Y} = \frac{\sum Y_i / f_{i, \text{mín}}}{\sum 1 / f_{i, \text{mín}}} \quad (8)$$

En el caso en que la correlación fuera más complicada que una lineal con intercepto nulo, la expresión resultante de estimar f_i en función de $f_{i, \text{mín}}$ deberá quedar incorporada a la fórmula del estimador, lo cual puede introducir alguna complicación.

ción de tipo algebraico en el estudio del error cuadrático medio.

5. EJEMPLOS DE APLICACION

La encuesta descrita ha sido aplicada en Colombia dentro del SIET (Sistema de Informaciones Energéticas del Sector Transporte) para la determinación del recorrido anual promedio de todos los vehículos livianos. En total se hicieron 2442 observaciones, de las cuales resultaron válidas 2270.

	Automóviles Particulares	Camperos y Pick-Ups	Motos	Taxis
Tamaño Muestral	1061	741	218	422
Casos Válidos	985	691	199	395
Recorrido Promedio	12306.86	13621.66	6658.63	47993.76
Intervalo	12732.49	14436.85	9502.31	*
Confidencial	11881.24	12806.47	7610.98	

* Las muestras de estaciones de servicio se tomaron en 10 ciudades y sólo en el caso de los taxis el recorrido resultó ser función del tamaño de la ciudad. En este caso no se calculó un intervalo confidencial para el promedio sino para toda la curva de regresión.

Los resultados se muestran en la figura adjunta para las cuatro categorías de vehículos investigadas. Como ejemplo ilustrativo puede indicarse que en el caso de los automóviles privados, la medida muestral directa se ubica alrededor de 16000 km/año, o sea cerca de 30% superior a la media poblacional inferida por el estimador presentado en este trabajo. Ese sesgo de sobreestimación se habría trasladado directamente al cálculo del consumo de combustible.

En el caso del Perú, la media directa de una muestra de más de 1000 automóviles tomados en gasolineras de Lima, se ubica también en el orden de 16.000 km/año, pero no se tienen aún resultados sobre la aplicación del nuevo estimador.

En el caso de Colombia se ha verificado la hipó-

tesis de proporcionalidad entre la frecuencia real y la frecuencia mínima. Esta última fue calculada a partir de las esperanzas condicionales del consumo específico, las cuales fueron a su vez estimadas mediante una encuesta especial.

6. PROPIEDADES DEL ESTIMADOR $\frac{\sum_{i=1}^n Y_i/P_i}{\sum_{i=1}^n 1/P_i}$

EN MUESTREO CON REPETICION Y CON PROBABILIDADES DESIGUALES P_i .

Sea $Z_n = \sum_{i=1}^n Y_i/P_i$ y sea $X_n = \sum_{i=1}^n 1/P_i$ que por simplicidad de notación escribimos en adelante como Z y X respectivamente.

Sabemos que

$$E\left\{\frac{Z}{X}\right\} = \frac{E[Z]}{E[X]} - \frac{1}{E^2[X]} COV[X, Z] + \frac{E[Z]}{E^3[X]} V[X] + \epsilon_2(n^2) \quad (9)$$

$$V\left\{\frac{Z}{X}\right\} = \left|\frac{E[Z]}{E[X]}\right|^2 \left\{ \frac{V[Z]}{E^2[Z]} + \frac{V[X]}{E^2[X]} - 2 \frac{COV[X, Z]}{E[X]E[Z]} \right\} + \epsilon_2(n^2) \quad (10)$$

DONDE $\epsilon_2(n)$ es un infinitésimo de orden mayor o igual que 2

Las ecuaciones (9) y (10) expresan la esperanza y la varianza del estimador de razón definido por la ecuación (8), en todas las muestras posibles de tamaño n , en función de esperanza y varianza del numerador y denominador. Para ello se desarrolló la razón en serie de Taylor alrededor de los valores esperados y se despreciaron los términos de orden superior a 2.

Se define ahora una variable auxiliar e_i donde:

$e_i =$ Número de veces en que la i -ésima unidad se presenta en una muestra de tamaño n , con $i=1, \dots, N$.

Obviamente, se verifica que $\sum_{i=1}^N e_i = n$.

Si en una población finita de tamaño N , tal como es por ejemplo el conjunto de vehículos de un país, se extrae una muestra de tamaño n , la variable anteriormente puede ser multiplicada por cada término del numerador y denominador del estimador dado por la ecuación (8) con lo cual las sumatorias respectivas pueden ser extendidas a toda la población, y ello permite, de una manera sencilla, analizar el comportamiento del estimador en todas las muestras posibles.

Por otra parte, tomando en consideración que el muestreo es con reposición y que P_i es la probabilidad de observar la i -ésima unidad de la población, se tiene que la distribución conjunta de e_1, \dots, e_N es una distribución binomial cuya función de cuantía es

$$f(e_1, \dots, e_N) = \frac{n!}{1! 2! \dots N!} \prod_{i=1}^N P_i^{e_i}$$

$$\text{con } \sum_{i=1}^N e_i = n$$

Entonces, de acuerdo con la discusión que antecede, se tiene.

$$E[e_i] = nP_i, V[e_i] = nP_i(1-P_i), COV[e_i, e_j] = nP_i P_j \quad (11)$$

Además, para toda la muestra, los componentes del estimador son

$$Z = \sum_{i=1}^N \frac{Y_i}{P_i} e_i, X = \sum_{i=1}^N \frac{1}{P_i} e_i \quad (12)$$

Por lo tanto

$$E[Z] = E \left[\sum_{i=1}^N \frac{Y_i}{P_i} e_i \right] = \sum_{i=1}^N \frac{Y_i}{P_i} E[e_i] = n \sum_{i=1}^N Y_i = nN\bar{Y} \quad (13)$$

$$E[X] = E \left[\sum_{i=1}^N \frac{1}{P_i} e_i \right] = \sum_{i=1}^N \frac{1}{P_i} E[e_i] = nN \quad (14)$$

$$V[Z] = V \left[\sum_{i=1}^N \frac{Y_i}{P_i} e_i \right] = \sum_{i=1}^N \frac{Y_i^2}{P_i^2} V[e_i] + \sum_{i \neq j} \frac{N N Y_i Y_j}{P_i P_j} COV[e_i, e_j] =$$

$$= \sum_{i=1}^N \frac{N n (1-P_i)}{P_i} Y_i^2 - n \sum_{i \neq j} \frac{N N}{P_i P_j} Y_i Y_j = n \sum_{i=1}^N Y_i^2 \frac{(1-P_i)}{P_i} -$$

$$- n \left(\sum_{i=1}^N Y_i \right)^2 + n \sum_{i=1}^N Y_i^2 = n \left[\sum_{i=1}^N \frac{Y_i^2}{P_i} - \left(\sum_{i=1}^N Y_i \right)^2 \right] \quad (15)$$

Similarmente, haciendo $Y_i = 1$ $Y_i = 1, 2, \dots, N$ se tiene que

$$V[X] = n \sum_{i=1}^N \left[\frac{1}{P_i} - N^2 \right] \quad (16)$$

Respecto de la covarianza entre Z y X que aparece en las ecuaciones (9) y (10), su expresión matemática es un poco complicada. Sin embargo, a efectos de estudiar el estimador, es suficiente recordar que la covarianza entre dos variables se halla siempre acotada por la expresión.

$$-\sqrt{V[Z] V[X]} \leq COV[Z, X] \leq \sqrt{V[Z] V[X]} \quad (17)$$

Si se vuelve ahora a la ecuación (9) y se sustituyen en ella los valores de $E[Z]$, $E[X]$, $V[Z]$ y $V[X]$ dados por las ecuaciones (13), (14), (15) y (16) y se tiene en cuenta la inecuación (17), resulta que el estimador puede finalmente expresarse mediante dos ecuaciones que son:

$$\bar{Y} \left[1 + \frac{1}{n N^2} (F_1 - F_2) + \epsilon_1(n^2) \right] \leq E \left[\frac{Z}{X} \right] \leq \bar{Y} \left[1 + \frac{1}{n N^2} (F_1 + F_2) + \epsilon_1(n^2) \right] \quad (18)$$



siendo

$$F_1 = \sum \frac{1}{P_i} - N^2$$

$$F_2 = \frac{1}{\bar{Y}} \left\{ \left[\sum \frac{N}{Y_i^2/P_i} - \frac{N}{(\sum Y_i)^2} \right] \left[\sum \frac{N}{1/P_i} - N^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Las inecuaciones (18) expresan que el valor esperado del estimador en todas las muestras posibles converge a la media poblacional a través de dos factores que se anulan cuando el tamaño muestral se incrementa. En otras palabras:

$$\frac{\sum \frac{Y_i/P_i}{1/P_i}}{\sum \frac{1}{P_i}} \text{ es asintóticamente insesgado.}$$

Para calcular la varianza de este estimador, basta sustituir las ecuaciones (13), (14), (15), (16) y (17) en la ecuación (10). Haciendo las operaciones, se llega a

$$V\left[\frac{Z}{X}\right] \cong \frac{\bar{Y}}{n} \left\{ \left[\sum \frac{N}{Y_i^2/N^2 P_i} - 1 \right]^2 + \left[\sum \frac{1}{N^2 P_i} - 1 \right]^2 \right\} + \varepsilon_2 (n^2) \quad (19)$$

La ecuación (19) muestra que si $n \rightarrow \infty$ la varianza del estimador tiende a cero.

Nótese que el muestreo de estaciones de servicio es con reposición y teóricamente el tamaño muestral puede superar al poblacional.

Las propiedades demostradas prueban que el estimador converge en probabilidad al parámetro poblacional y tiene un insesgamiento de carácter asintótico. En lo referente a esa convergencia, puede notarse que ella es más rápida en la medida en que exista proporcionalidad entre Y_i y P_i

En efecto, si $Y_i = kP_i$ se tiene que

$$\sum \frac{N}{Y_i/P_i} - \left(\sum \frac{N}{Y_i} \right)^2 = k^2 \left[\sum \frac{N}{P_i} - \left(\sum \frac{N}{P_i} \right)^2 \right] \quad (20)$$

Pero como para toda la población es $\sum \frac{N}{P_i} = 0$, se tiene que

$$F_1 - F_2 = F_1 + F_2 = F_1$$

En este caso la inecuación (18) se transforma en

$$E\left[\frac{Z}{X}\right] = \bar{Y} \left[1 + \frac{1}{nN^2} \left(\sum \frac{1}{P_i} - N^2 \right) \right] + \varepsilon_1 (n^2) \quad (21)$$

Además

$$V\left[\frac{Z}{X}\right] \cong \frac{k}{nN^4} \left(\sum \frac{1}{P_i} - N^2 \right) \quad (22)$$

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

ESTILO DE DESARROLLO, AMBIENTE Y ESCENARIOS ENERGETICOS ALTERNATIVOS PARA AMERICA LATINA HACIA EL AÑO 2000

Francisco Mieres. -- Quito: OLADE, 1984. -- 25 hojas.

Analiza la crisis en la que actualmente viven los países de América Latina, cuyo factor predominante ha sido la obsolescencia de los estilos de desarrollo. Los estilos alternativos de desarrollo necesitarán de nuevas formas de convivencia entre los integrantes de las sociedades nacionales y para ello describe el escenario para América Latina hacia el año 2000.

COOPERACION E INTEGRACION ENERGETICA

João Pimentel. -- Quito: OLADE, 1984. -- 19 hojas.

Hace un análisis histórico de la integración en América Latina, la constitución de OLADE; el deseo de los países de la región de canalizar la cooperación energética, sus acciones, los instrumentos de cooperación energética tales como el Acuerdo de San José y el PLACE. Enuncia las perspectivas de América Latina dentro de estos instrumentos.

SEMINARIO NACIONAL DE AGROENERGIA: I

Caracas Noviembre 8-11, 1983 Quito ; OLADE, 1984. -- 5 vol.

Recopila las ponencias presentadas en el Primer Seminario Nacional de Agroenergía celebrada en Maracay-Venezuela del 8 al 11 de noviembre de 1983, con el auspicio del Ministerio de Agricultura y Cría; Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Renovables; Ministerio de Energía y Minas; OLADE y otras instituciones de Venezuela.

BIBLIOGRAPHICAL NOTES

DEVELOPMENT STYLES, ENVIRONMENT AND ALTERNATIVE ENERGY SCENARIOS FOR LATIN AMERICA TILL THE YEAR 2000

Francisco Mieres.--Quito: OLADE, 1984.-- 25 pp.

This paper analyzes the crisis which the countries of Latin America are currently experiencing, the predominant factor of which has been the obsolescence of development styles. The alternative development styles will call for new forms of co-existence among the members of national society and in that light the paper describes the scenario for Latin America till the year 2000.

ENERGY COOPERATION AND INTEGRATION

João Pimentel.-- Quito: OLADE, 1984.--- 19 pp.

This document does an historical analysis of Latin American integration, the founding of OLADE, the desire of the countries of the region to channel energy cooperation, their activities and cooperation instruments such as the San Jose Agreement and the PLACE; and it outlines the prospects for Latin America within this field.

NATIONAL SEMINAR ON AGRI-ENERGY: I

Caracas Venezuela, November 8-11, 1983.-- Quito: OLADE, 1984.-- 5 vol.

This publication compiles the papers presented at the First National Seminar on Agri-energy held in Maracay, Venezuela during November 8-11, 1983, under the auspices of the Ministry of Agriculture and Animal Husbandry, the Ministry of Environment and Renewable Natural Resources, the Ministry of Energy and Mines, OLADE, and other Venezuelan institutions.

EDITORIAL

Within the spirit of renewal which characterizes the institutions of Latin America, the XV Meeting of Ministers of OLADE, held in Managua, Nicaragua in October 1984, unanimously elected Brazilian Marco Nunes as Executive Secretary for the 1984-1987 period.

In his address, Dr. Nunes expressed his gratitude for the confidence placed in him by the Ministers of Energy of the countries that comprise OLADE and reiterated his aim of forging closer ties between the Permanent Secretariat and the member countries in order to achieve, in the short term, a greater development and use of Latin America's available resources and, thus, to contribute towards intensifying the South-South dialogue and consequently strengthen the position of Latin America in the North-South dialogue.

During the XV Meeting of Ministers a message was also heard from the Government of Argentina, announcing the ratification of the Lima Agreement, OLADE's founding document, thus making that country the twenty-sixth member of the organization.

In this last energy review offered in 1984, we include the preliminary inventory of large-scale hydroenergy resources in Latin America, an article on development policies for small hydropower stations in Peru, a look at the geothermal potential of Panama, and an article on statistical applications in energy information problem-solving in developing countries.

At this time, we would also like to advise our readers that, starting with the next issue, the *Revista Energética* will be restructured in order to provide it with greater dynamics in the dissemination of Latin America's technological advances.

JOÃO PIMENTEL

ADVISER - GENERAL TO THE EXECUTIVE SECRETARY

LATIN AMERICAN ENERGY INTEGRATION RECEIVED DECISIVE BOOST DURING ADMINISTRATION OF EX-EXECUTIVE SECRETARY OF OLADE

In the month of December 1981 the post of Executive Secretary of OLADE was assumed by Venezuelan engineer Ulises Ramirez Olmos, who, upon having completed the three years for which he was elected, returned to his country leaving behind a deep impression of his efforts and dedication in the Latin American energy entity.

Ramirez's term was characterized by work performed as a team effort, which resulted in the solid integration of the organization and a consistent regional and extra-regional image deserving of the recognition of governments and institutions through agreements and pacts in benefit of the organization's member countries.

During the three-year period 1981-1984 which corresponded to Ramirez, the established goals were met; these can be synthesized thusly: "To make the PLACE known on the international scene so as to bring recognition of the region's efforts to attain cooperation from international organizations and financial aid from governments outside the region."

"To have the countries play an active part in the new cooperation process born through the PLACE, so that projects would not be generated in the Permanent Secretariat but rather in the energy institutions of the countries and would be able to rely on the political backing of the Ministers of Energy."

"To specify financial agreements, seminars, evaluation projects, tasks in energy planning and

rational use of energy that would permit efforts, even national ones, to multiply and disseminate their benefits to all the other countries."

During the period in question OLADE generated its own dynamics, as a result of a better and broader knowledge about Latin American realities and of the continuous exchange of information and experience.

These activities, as the outgoing Executive Secretary timely expressed, were a complex and thorny task, not only because it was necessary to harmonize the interests of exporting, importing and energy self-sufficient countries, and those of countries with medium and low levels of relative economic development, but also those of countries with different traditions and different sociopolitical forms of organization.

Ramirez had to cope with problems of different kinds, derived from the very dynamics of the process of energy management. Among these figured diversity in the degree of country participation in the cooperation programs and projects. Taking into account the fact that the PLACE was created along general rather than specific lines of strategy and objectives, it was necessary to analyze broad options, responding to the common interests of the Member States.

INTERNATIONAL COOPERATION: An Effective Accomplishment

The PLACE came to constitute a suitable mechanism for optimizing and setting priorities for the allocation of funds provided by the international community.



Ceremony to transfer Executive Secretariat of OLADE
 Left to right: Marcio Nunes, Executive Secretary 1984-87; Javier
 Espinosa, Minister of Natural and Energy Resources of Ecuador; Ulises
 Ramirez, outgoing Executive Secretary; Fernando Santos Alvite, Under
 Secretary of Natural and Energy Resources of Ecuador.

The close ties maintained with the United Nations, through the UNDP, UNIDO, FAO, DTCD, UNCTAD, and UNESCO, as well as with OPEC, the OPEC Fund and OIAPEC, made it possible to materialize the exchange of experts, grants, and soft loans for the OLADE countries.

The support obtained from GEPLACEA, IICA, ECLA, SELA, ARPEL, CAF, JUNAC and CIER was also fundamental for the programs implemented during 1981-1984.

The efforts at developing closer cooperation became manifest in the non-reimbursable contributions totalling US\$ 4.5 million made by seven international organization (IBD, UNESCO, UNDP, EEC, OPEC, IBI, and UNIDO) and by four extra-regional governments (U.S.A., Canada, Germany and Italy).

In all 27.5 million dollars were channeled to the region. The procurement of these resources was an outcome of the fact that Latin America had proven to have its own capacity to program joint, harmonious development in the area of energy.

From Quito, a new path was opened up for the attainment of energy development. The headquarters of OLADE served as host to important events during Ramirez's mission, events which dealt with transac-

idental matters related to the organization and which were attended by notable personalities from the regional and international energy spheres.

The activities of the outgoing Executive Secretary, Ulises Ramirez, while he headed the organization, put in evidence the constant interest and efforts of this Venezuelan expert to move the institution forward towards new and promising horizons.



Permanent Secretariat staff bids farewell to ex-Executive Secretary.

EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL PRELIMINARY REPORT

REGIONAL HYDROENERGY PROGRAM
OLADE

1. INTRODUCTION

Latin America has quite a significant hydroelectric potential of which only a small percentage has been tapped. High petroleum prices and the dwindling reserves of petroleum and natural gas, which will prove insufficient to cover energy demand by the end of the century, have made hydroenergy one of Latin America's principal energy alternatives.

Hydroenergy is one of the major energy resources available to Latin America and the Caribbean, and its importance is even greater with regard to those energy resources applicable to the generation of electricity. The total installable hydroelectric potential is around 806,000 MW, of which only 12,8% is being used.

Projecting the historical trend of the electricity sector's development to the year 2000, and assuming that 70% of the installed generating capacity would be hydroelectric, it would be necessary to install over 260,000 MW more in hydroelectric stations during the next 20 years, which means increasing the current installed capacity fivefold.

Such massive development of hydroenergy, aiming to maintain the historical growth rate of the electricity sector and to increase the participation of hydroenergy, will call for investments exceeding 260×10^9 dollars over the next 20 years.

The region as a whole is in a position to undertake intensive hydro power development, considering that

the technology required is well-known throughout the region and that different Latin American countries have project engineering and construction experience and capabilities, as well as the infrastructure necessary to manufacture equipment for hydroelectric stations.

Hydroenergy development will create favorable conditions for the growth of productive activities in the area of supply of materials and equipment, as well as an appreciable capacity for generating employment during the construction process. The effects that intensive hydroelectric development and increased use of a renewable energy source may subsequently have on the economy include a contribution to creating conditions favorable for the "electrification" of transportation and industry.

For planned action in the development of such an important energy resource as hydroelectricity, it is necessary to obtain a reliable notion of its magnitude; thus, the enormous interest of OLADE in helping the region's countries to carry out the evaluation of their hydroenergy resources.

Knowledge about the hydroelectric potential of a basin evolves gradually, becoming increasingly accurate, as the information on its physical features becomes available, and as desk and field studies are done, making it possible to define divisions of heads and sites along the basin's rivers.

Due to the cost of obtaining field data, the level of information goes into increasingly greater depth on the

basis of a systematic process of priorities. The level of data on hydroenergy resources is therefore quite varied, requiring a process of evaluation of the resource in order to obtain totals for energy potentials; the values obtained at the different levels of knowledge of those resources are classified according to their stages of work: estimates, inventories, feasibility studies, basic design, execution design, construction, and operation.

In-office estimates or evaluations are a first appraisal of potential and a first definition of scope, costs, and timeframes for the inventory studies to be performed. The inventory stage defines the utilizable energy potential of a hydrographic basin through the study of the division of heads and through the preliminary estimation of costs for each development site.

Within this context, OLADE has prepared, with the cooperation of experts from some of its member countries, a methodology designed to provide the countries of Latin America and the Caribbean with a tool that will facilitate the discovery of their hydroenergy potential, the knowledge that will help them plan their development programs. It will also give countries a more comprehensive outlook on the region's hydroelectric potential, and the implications that its development may have within a setting of regional cooperation.

This paper summarizes the methodology and work carried out by OLADE and the competent institutions of its member countries in the execution of the first evaluation of their hydroenergy resources.

Only the basic information currently available in these countries has been input, with the intention of processing existing data or transforming previous hydroenergy evaluations, rather than obtaining new information.

We have attempted to determine the total figures for the magnitude of the resource, with a degree of accuracy that depends upon the various levels of knowledge thereof. This report has established both the potentials of basins or rivers that have not been specifically studied and those basins and rivers already

inventoried, as well as the specific projects studied, under construction or in operation.

The forms that summarize the information from the evaluation have been filled out for each country according to the knowledge available about its hydroenergy resources and consolidated by OLADE.

2. ACTIVITIES UNDERTAKEN

Considering that a greater utilization of available hydroenergy resources, and consequently a significant reduction in the consumption of hydrocarbons for electric power generation purposes, is a goal that must be attained, and that, on the other hand, planning of the use of hydroenergy calls for a reasonably precise knowledge about available resources, the importance of systematic, low-cost surveys of said resources can thus be affirmed.

In this regard, OLADE prepared a methodology for the purpose of evaluating regional hydroenergy resources and called together a Work Group and an Advisory Group with experts from member countries. The methodology was analyzed and perfected at the I Latin American Seminar on Hydroenergy, organized by OLADE. On the basis of practical conclusions derived from its application with samples from a small number of countries, sufficient elements were made available for proceeding with the final review and fine-tuning.

With the definitive methodology and examples of practical applications prepared by Brazil, Peru and Venezuela, a sufficiently broad edition of the evaluation methodology was formulated for not only the institutions responsible for supplying information to OLADE but also for the various institutions that might eventually participate in the evaluation process of each country.

The implementation activities had as their starting point the contacts made by the Permanent Secretariat of OLADE with member country governments, which were informed about the anticipated activities, as located within the context of the Latin American Energy Cooperation Program (PLACE).



Alongside the submission of the definitive methodology document, duly perfected, the OLADE Secretariat proposed at the ministerial level that an initial evaluation of hydroenergy resources be carried out in each country. Execution time periods were suggested and it was requested that a national counterpart be designated. Short - term missions made up of regional experts were planned to coordinate the details of implementation, to make clarifications, and to identify possible needs for technical assistance.

The initial distribution of documents was accompanied or followed by lectures in some countries, on the application of the methodology, in which high - level officials and professionals from ministries and responsible institutions took part. The lectures formed part of the activities of visits to promote and coordinate the execution of the evaluation in each country.

During the visits, it was possible to identify the different degrees of basic information available, since this would be necessary for the evaluation of hydroenergy resources, especially the availability of national technical teams capable of carrying it out. After this diagnosis, which countries would be apt for providing technical assistance and which countries would need it could be established. OLADE clarified for the institutions responsible for this endeavor that by means of a request through the ministry, technicians could be sent from the countries showing higher levels of relative development in hydro resource evaluation, to those countries with greater limitations.

As an example of regional cooperation within the framework of PLACE, the technical assistance requested by Bolivia must be mentioned. With OLADE coordination and financing, the National Electric Company of Peru (ELECTROPERU) has provided this assistance to ENDE in Bolivia, in order to evaluate Bolivia's hydroenergy resources.

OLADE has disseminated the evaluation methodology among the member countries through the presentation

of lectures to the institutions responsible for this task, has established commitments for programs and execution timeframes, and has organized a national counterpart and coordinated details for implementation of the evaluation.

OLADE has received evaluations from 16 countries; these have been carried out by the national institutions designated as counterparts. Most of these institutions have presented their work in a complete form, according to the methodology proposed by the Organization. For those evaluations not totally complete, OLADE has done complementary work in order to present this preliminary report, in an attempt to provide a more objective picture of reality as concerns the hydroenergy resources of Latin America and the Caribbean.

3. EVALUATION METHODOLOGY

3.1 Criteria Employed

In this evaluation it was considered that the most relevant parameters for determining the hydroenergy prospects are FIRM ENERGY, MEAN ENERGY and INSTALLABLE CAPACITY

The FIRM ENERGY of an interconnected system or hydro power station is the hydroenergy resource which is effectively available.

The MEAN ENERGY is defined as the arithmetic mean of the energy that can be generated during all the period under consideration for the hydrological statistical series. It is usually greater than the firm energy since not all the years are as dry as the one corresponding to the critical period.

The INSTALLABLE CAPACITY is the potential outfitting of a hydroelectric development, which limits maximum energy production.

The energy production of an interconnected system or hydro power station always refers to the period of generation; therefore, both the firm energy and the mean energy will be dimensionally equivalent to power.

Thus, it is possible to use the average megawatt unit (\overline{MW}) or GWh/year. The conversion of a value expressed in the first unit into the second is accomplished by multiplying the first value by 8.76.

In the forms presented in this preliminary report, firm energy and mean energy have been expressed in units of average megawatts (\overline{MW}) or in GWh/year; of the countries which have submitted information, Brazil is the only one that adopted the \overline{MW} units.

3.2 Forms and Charts Employed

The information was organized in various summary charts or forms, according to the level of knowledge on each basin, river section, individual hydroelectric development site or generation system.

This summary of the evaluation methodology shows schemes of the charts and forms employed by the countries in their hydroenergy assessment.

For the most elementary stages of knowledge about the potential, i.e., for the estimates or in-office evaluations, one of the first four forms will be used, according to the information available for each case. All of the basins and river sections where no hydroenergy inventory has been carried out fall within this category; therefore, alternative procedures are proposed for indirectly estimating firm energy, mean energy, and installable capacity using existing data and simple mathematical calculations.

Chart 1 was used for those basins in which the only available information is the theoretical gross potential, based on surface runoff.

Chart 2 was used for those basins or river sections where the best available information refers to gross linear potential.

In those river sections where no profile was available and where, therefore, the potential sites had not been singled out, Chart 3 was used.

The general criterion adopted herein was to be

more conservative when the available information was less precise. This is true not only for the energy aspects but for the costs as well. For more rudimentary levels of knowledge, the energy output is underestimated and the costs are overestimated, but this appreciation improves for higher levels of knowledge.

Finally, in those river sections where no inventory studies had been done, but where the profile was known and it was possible to make a preliminary identification of the potential applications, Chart 4 was used.

For those basins, river sections, and isolated or integrated developments found at a level of inventory studies or in later stages (feasibility, basic design, execution design, construction or operation), Chart 5 was used; its structure is more complex.

As an appendix of the results in the forms, some countries attached topological maps of each basin's studies, for the purpose of indicating the relative location of the information.

The three following forms (Charts 6, 7, and 8) summarize the information from the first five and indicate the hydro power potential, expressed as installed capacity in MW (Chart 6); firm energy, in average MW and GWh/year (Chart 7); and mean energy, in average MW and GWh/year (Chart 8).

The other forms (Charts 9, 10, and 11) are similar to the charts described in the foregoing paragraph, but they refer to information received from each country and have been filled out by OLADE to show regionally consolidated data.

4. PARTIAL RESULTS FROM THE FIRST EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY RESOURCES



CHART 1

ESTIMATED HYDROENERGY POTENTIAL
BASED ON GROSS SURFACE RUNOFF

Country : _____

Reference: _____

BASIN	RIVER	GROSS SURFACE POTENTIAL EBS		ESTIMATED HYDROENERGY POTENTIAL				
				FIRM ENERGY EFIR		MEAN ENERGY EMED		INSTALLABLE CAPACITY PINS MW
		MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	

$$EFIR = K_1 \times \beta \times EBS \text{ [GWh/yr]}$$

with:
EBS in GWh/yr

$$EFIR = K_1 \times \beta \times EBS \text{ [MW]}$$

with:
EBS in MW

K_1 = coefficient relating mean energy to annual gross mean energy from surface runoff (theoretical potential).

β = typical ratio estimated between firm energy and mean energy.

$$EMED = EFIR / \beta \text{ (GWh/yr)}$$

with:
EFIR in GWh/yr

$$EMED = EFIR / \beta \text{ (MW)}$$

with:
EFIR in MW

$$PINS = EMED / 8.76 FC \text{ (MW)}$$

with:
EMED in GWh/yr

$$PINS = EMED / FC \text{ (MW)}$$

with:
EMED in MW

FC = capacity factor.

CHART 2

ESTIMATED HYDROENERGY POTENTIAL
BASED ON GROSS LINEAR POTENTIAL

Country : _____

Reference: _____

BASIN	RIVER	GROSS LINEAR POTENTIAL EBL		ESTIMATED HYDROENERGY POTENTIAL				
				FIRM ENERGY EFIR		MEAN ENERGY EMED		INSTALLABLE CAPACITY PINS MW
		MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	

$$EFIR = K_2 \times \beta \times EBL \text{ [GWh/yr]}$$

with:
EBL in GWh/yr

$$EFIR = K_2 \times \beta \times EBL \text{ [MW]}$$

with:
EBL in MW

K_2 = coefficient relating mean energy to gross linear energy (gross linear potential).

NON-INDIVIDUALIZED ESTIMATED HYDROENERGY POTENTIAL

CHART 3

Country: _____

Reference: _____

BASIN	RIVER	ELEVATION m above sea level		MEAN FLOW FINAL ELEV. QMED m ³ /s	REGLRZ. FLOW QREG m ³ /s	FIRM ENERGY EFIR		MEAN ENERGY EMED		INSTALLABLE CAPACITY PINS MW	REMARKS
		Upper	Lower			MW	GWh/yr	MW	GWh/yr		

$$\text{EFIR} = 0.0219 \times \text{QREG} \times \Delta Z \quad (\text{GWh/yr})$$

$$\text{EFIR} = 0.0025 \times \text{QREG} \times \Delta Z \quad (\text{MW})$$

INDIVIDUALIZED ESTIMATED HYDROENERGY POTENTIAL

CHART 4

Country: _____

Reference: _____

BASIN	RIVER	SITE ELEVATIONS - m above sea level		DRAINAGE AREA km ²	MEAN FLOW QMED m ³ /s	REGLRZ. FLOW QREG m ³ /s	GROSS MAX HEAD HMAB m	FIRM ENERGY EFIR		MEAN ENERGY EMED		INSTALLABLE CAPACITY PINS MW	REMARKS
		Upper	Lower					MW	GWh/yr	MW	GWh/yr		

$$\text{EFIR} = 0.063 \times \text{QREG} \times \text{HMAB} \quad (\text{GWh/yr})$$

$$\text{EFIR} = 0.0072 \times \text{QREG} \times \text{HMAB} \quad (\text{MW})$$

CHART Nº 5

INVENTORIED HYDROENERGY POTENTIAL

Country: _____

Reference: _____

BASIN	RIVER	SITE	DRAINAGE AREA km ²	HYDROLOGIC PERIOD MONTHS YEAR - START-FINISH		FLOW m ³ /s				VOLUME (10 ⁶ m ³)			LEVEL m			
				UTILIZED	CRITICAL	MEAN QMED	95 % Q95	CRITICAL PERIOD HEM QCRT	RELIABLE QREG	TOTAL VTOT	USEFUL VU	USEFUL UPSTREAM VUA	ABSOLUTE MAXIMUM LEVEL NMAX	NORMAL MAXIMUM LEVEL NMAN	NORMAL MINIMUM LEVEL NMIN	LEVEL OF RESTRICTION NRES

LEVEL OF REFERENCE NREF	TOPO- GRAPHICAL LEVEL NTP	MAXIMUM HEAD m		NET MEAN HEAD NMEAN	FLOODED AREA km ²			FIRM ENERGY OF SITE EFIR		MEAN ENERGY OF SITE EMED		INSTALLABLE POWER MW PINS	CAPACITY FACTOR FC	AC OF UNITS	ESTIMATED INVESTMENT 10 ⁶ US\$	UNIT INVESTMENT US\$/kW	LEVEL OF KNOWLEDGE	START- UP	OBSERVATIONS
		GROSS NMAX	NET NMAN		MAXIMUM OPERATION ANMAX	MINIMUM OPERATION AMIN	MEAN NMEAN	NW	GWh/yr	NW	GWh/yr								

HYDROENERGY POTENTIAL
Installable Capacity
(MW)

CHART 6

Country : _____

Reference : _____

BASIN	INVENTORIED					Estimated (6)	General Total (7)=(5)+(6)	Available (8)=(4)+(6)	% Utilized $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	UTILIZED			Non- utilized (4)	Total Inv. (5)=(3)+(4)				
	In Op. (1)	Constr. (2)	Total (3)=(1)+(2)						

HYDROENERGY POTENTIAL
Firm Energy

CHART 7

Country : _____

Reference : _____

BASIN	INVENTORIED										Estimated (6)	General Total (7)=(5)+(6)	Available (8)=(4)+(6)	% Utilized $\frac{(3)}{(7)} \times 100$	
	UTILIZED						Non-utilized (4)	Total Inventoried (5)=(3)+(4)							
	In Operation (1)		Under Constr. (2)		Total (3)=(1)+(2)										
MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr

HYDROENERGY POTENTIAL
Mean Energy

CHART 8

Country : _____

Reference : _____

BASIN	INVENTORIED										Estimated (6)	General Total (7)=(5)+(6)	Available (8)=(4)+(6)	% Utilized $\frac{(3)}{(7)} \times 100$	
	UTILIZED						Non-utilized (4)	Total Inventoried (5)=(3)+(4)							
	In Operation (1)		Under Constr. (2)		Total (3)=(1)+(2)										
MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr

LATIN AMERICA'S HYDROENERGY POTENTIAL
Installable Capacity
(MW)

CHART 9

Reference : _____

COUNTRY	INVENTORIED					Estimated (6)	General Total (7) = (5) + (6)	Available (8) = (4) + (6)	% Utilized $\frac{(3)}{(7)} \times 100$ (7)
	UTILIZED			Non- utilized (4)	Total Inv. (5) = (3) + (4)				
	In Op. (1)	Constr. (2)	Total (3) = (1) + (2)						

CHART 10

LATIN AMERICA'S HYDROENERGY POTENTIAL
Firm Energy

Reference : _____

COUNTRY	INVENTORIED										Estimated (6)	General Total (7) = (5) + (6)	Available (8) = (4) + (6)	% Utilized $\frac{(3)}{(7)} \times 100$ (7)	
	UTILIZED					Non-utilized (4)	Total Inventoried (5) = (3) + (4)								
	In Operation (1)		Under Constr. (2)		Total (3) = (1) + (2)										
	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr					MW

CHART 11

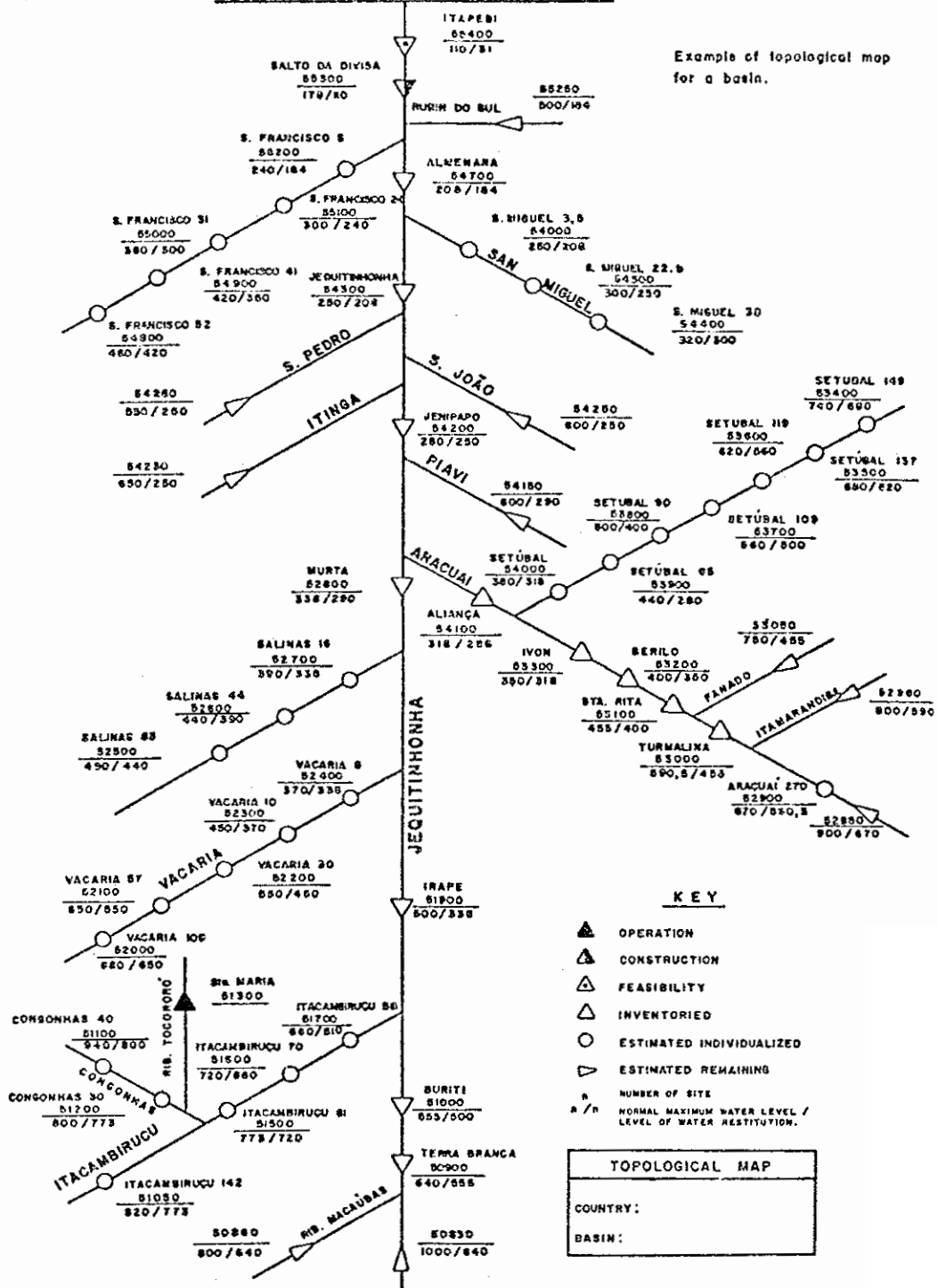
LATIN AMERICA'S HYDROENERGY POTENTIAL
Mean Energy

Reference : _____

COUNTRY	INVENTORIED										Estimated (6)	General Total (7) = (5) + (6)	Available (8) = (4) + (6)	% Utilized $\frac{(3)}{(7)} \times 100$ (7)	
	UTILIZED					Non-utilized (4)	Total Inventoried (5) = (3) + (4)								
	In Operation (1)		Under Constr. (2)		Total (3) = (1) + (2)										
	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr					MW

OCEAN

Example of topological map for a basin.



4. PARTIAL RESULTS OF THE FIRST EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL

CHART 9

LATIN AMERICA'S HYDROENERGY POTENTIAL Installable Capacity (MW)

DATE: AUGUST 1984

COUNTRY	INVENTORIED					Estimated (6)	General Total (7)=(5)+(6)	Available (8)=(4)+(6)	% Utilized $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	UTILIZED			Non- utilized (4)	Total Inv. (5)=(3)+(4)				
	In Op. (1)	Constr. (2)	Total (3)=(1)+(2)						
1. ARGENTINA	3,620	4,517	8,137	38,650	46,787	----	46,787	38,650	17,4
2. BARBADOS									
3. BOLIVIA	304	7	311	10,704	11,015	28,842	39,857	39,546	0,8
4. BRAZIL	31,765	19,512	51,277	81,675	132,952	80,200	213,152	161,875	23,4
5. COLOMBIA	3,834	4,921	8,755	87,365	96,120	23,880	120,000	111,245	7,3
6. COSTA RICA	620	96	716	7,514	8,230	----	8,230	7,514	8,7
7. CUBA									
8. CHILE	1,736	520	2,256	18,737	20,993	881	21,874	19,618	10,3
9. ECUADOR	322	686	1,008	26,183	27,191	42,762	69,953	68,945	1,4
10. EL SALVADOR	232	180	412	1,220	1,632	218	1,850	1,438	22,3
11. GRENADA									
12. GUATEMALA	164	300	464	3,989	4,453	5,189	9,642	9,178	4,8
13. GUYANA									
14. HAITI									
15. HONDURAS									
16. JAMAICA									
17. MEXICO	6,500	2,160	8,660	19,214	27,874	36,932	64,806	56,146	13,7
18. NICARAGUA	100		100	2,826	2,926	2,229	5,155	5,055	1,9
19. PANAMA	246	300	546	1,917	2,463	4,683	7,146	6,600	7,6
20. PARAGUAY									
21. PERU	1,809	497	2,315	59,927	62,242	13,139	75,381	73,066	3,1
22. DOMINICAN REP.	188	54	242	683	925	1,087	2,012	1,770	12,1
23. SURINAME									
24. TRINIDAD & TOBAGO									
25. URUGUAY	2,400	----	2,400	282	2,682	----	2,682	282	91,7
26. VENEZUELA	3,170	8,314	11,484	40,116	51,600	31,877	83,477	71,993	13,8
TOTAL	57,010	42,064	99,074	401,000	530,074	271,926	772,000	672,926	12,8

LATIN AMERICA'S HYDROENERGY POTENTIAL
Installable Capacity : TOTAL

DATE: AUGUST 1984

COUNTRY	INVENTORIED					Estimated (6)	Mn General Total (7)=(5)+(6)	Available (8)=(4)+(6)	% Utilized $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	UTILIZED			Non- utilized (4)	Total Inv. (5)=(3)+(4)				
	In Op. (1)	Constr. (2)	Total (3)=(1)+(2)						
ARGENTINA	7,74	9,65	17,39	82,61	100		46,787	82,61	17,39
BOLIVIA	0,76	0,02	0,78	26,86	27,64	72,36	39,857	99,22	0,80
BRAZIL	14,90	9,15	24,05	38,32	62,37	37,63	213,152	75,95	24,05
COLOMBIA	3,19	4,10	7,29	72,80	80,09	19,90	120,000	92,70	7,29
COSTA RICA	7,53	1,17	8,70	91,30	100		8,230	91,30	8,70
CHILE	7,94	2,38	10,32	85,66	95,97	4,03	21,874	89,68	10,32
ECUADOR	0,46	0,98	1,44	37,43	38,87	61,13	69,953	98,56	1,44
EL SALVADOR	12,54	9,73	22,27	65,94	88,21	11,79	1,850	77,73	22,27
GUATEMALA	1,70	3,11	4,81	41,36	46,18	53,82	9,642	95,19	4,81
MEXICO	10,00	3,33	13,33	29,65	42,98	56,99	64,806	86,64	13,33
NICARAGUA	1,94		1,94	54,82	56,76	43,24	5,155	98,06	1,90
PANAMA	3,44	4,20	7,64	26,83	34,47	65,53	7,146	92,36	7,64
PERU	2,40	0,66	3,06	79,50	82,56	17,44	75,372	96,94	3,06
DOMINICAN REP.	9,34	2,68	12,03	33,95	45,97	54,03	2,012	87,98	12,10
URUGUAY	89,49		89,49	10,51	100		2,682	10,51	91,70
VENEZUELA	3,80	9,96	13,76	48,06	61,81	38,19	83,477	86,24	13,80
TOTAL	7,38	5,45	12,83	51,94	64,78	35,22	772,000	87,16	12,8

LATIN AMERICA'S HYDROENERGY POTENTIAL
Firm Energy

DATE: AUGUST 1984

COUNTRY	INVENTORIED										Estimated (6)		General Total (7) = (5) + (6)		Available (8) = (4) + (6)		% Utilized $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	UTILIZED						Non-utilized (4)		Total Inventoried (5) = (3) + (4)								
	In Operation (1)		Under Constr. (2)		Total (3) = (1) + (2)												
	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	
1. ARGENTINA	1,192	10,439	872	7,639	2,064	10,078	9,156	80,206	11,220	98,284			11,220	98,284	9,156	80,206	18,4
2. BARBADOS																	
3. BOLIVIA	148	1,300	2	17	150	1,317	4,633	40,585	4,783	41,902	7,494	65,650	12,277	107,551	12,127	106,235	1,2
4. BRAZIL	16,024	140,370	10,502	91,998	26,526	232,368	39,951	349,971	66,477	582,339	40,099	351,267	106,576	933,606	80,050	701,238	24,9
5. COLOMBIA	1,587	13,904	186	16,313	3,449	30,217	35,961	315,021	39,411	345,238	9,729	85,228	49,140	430,466	45,690	400,249	7,0
6. COSTA RICA	313	2,745	40	350	353	3,095	2,625	22,999	2,978	26,094			2,978	26,094	2,625	22,999	11,9
7. CUBA																	
8. CHILE	490	4,290	223	1,954	713	6244	9,097	79,688	9,810	85,932	510	4,465	10,319	90,397	9,606	84,153	6,9
9. ECUADOR	187	1,636	319	2,791	505	4,427	13,510	118,350	14,016	122,777	11,954	104,716	25,970	227,494	25,464	223,067	1,9
10. EL SALVADOR	112	984	60	526	172	1,510	260	2,276	432	3,787	63	550	495	4,336	323	2,827	34,8
11. GRENADA																	
12. GUATEMALA	36	312	123	1,077	159	1,389	1,045	9,159	1,204	10,544	1,757	15,394	2,961	25,939	2,802	24,549	5,3
13. GUYANA																	
14. HAITI																	
15. HONDURAS																	
16. JAMAICA																	
17. MEXICO	1,984	17,390	515	4,527	2,499	21,917	4,256	37,289	6,755	59,206	7,711	67,480	14,466	126,686	11,967	104,769	17,3
18. NICARAGUA	33	288			33	288	981	8,593	1,014	8,881	502	4,394	1,516	13,275	1,483	12,987	2,2
19. PANAMA	97	854	169	1,476	266	2,330	691	6,051	957	8,381	1,664	14,573	2,620	22,954	2,417	20,624	10,1
20. PARAGUAY																	
21. PERU	947	8,295	260	2,275	1,207	10,570	27,152	237,855	28,359	248,425	7,176	62,866	35,536	311,291	34,329	300,721	3,4
22. DOMINICAN REP.	51	448	27	234	78	682	150	1,311	228	1,993	390	3,419	618	5,412	540	4,731	12,6
23. SURINAME																	
24. TRINIDAD & TOBAGO																	
25. URUGUAY	813	7,121			813	7,121	76	663	889	7,789			889	7,789	76	668	91,4
26. VENEZUELA	1,055	9,240	1,961	34,701	5,013	43,941	13,737	120,336	18,753	164,277	11,105	97,288	29,858	261,565	24,842	217,624	16,7
TOTAL	25,070	219,615	18,936	165,878	44,006	385,493	163,283	1,430,354	207,289	1,815,848	100,147	877,250	307,436	2,603,138	263,431	1,307,650	14,3

MW = average megawatts

LATIN AMERICA'S HYDROENERGY POTENTIAL
Mean Energy

DATE: AUGUST 1983

COUNTRY	INVENTORIED										Estimated		General Total		Available		% Utilized $\frac{(3)}{(7)} \times 100$
	UTILIZED						Non-utilized (4)		Total Inventoried (5) = (3) + (4)								
	In Operation (1)		Under Constr. (2)		Total (3) = (1) + (2)												
	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	MW	GWh/yr	
1. ARGENTINA	1,594	13,962	2,270	19,883	3,864	33,845	1,967	148,628	20,830	182,473	-	-	20,830	182,473	16,967	148,628	18,4
2. BARBADOS																	
3. BOLIVIA	172	1,507	2	21	174	1,528	5,731	50,200	5,905	51,728	14,415	126,272	20,320	178,000	20,146	176,472	0,8
4. BRAZIL													136,400	1194,864			
5. COLOMBIA	2,255	19,754	2,243	19,647	4,498	39,401	58,156	509,446	62,654	548,847	11,940	104,594	78,000	683,280	70,096	614,040	5,8
6. COSTA RICA	376	3,290	59	515	435	3,805	3,811	33,385	4,240	37,190	-	-	4,246	37,190	3,811	33,385	10,2
7. CUBA																	
8. CHILE	937	8,205	361	3,160	1,297	11,365	12,404	108,656	13,701	120,127	637	5,583	14,338	125,604	13,040	114,230	9
9. ECUADOR	213	1,864	524	4,588	737	6,452	16,114	141,155	16,850	147,007	21,382	187,303	38,232	334,910	37,495	328,458	1,9
10. EL SALVADOR	148	1,300	86	757	235	2,057	371	3,253	606	5,310	90	786	696	6,096	461	4,039	41,3
11. GRANADA																	
12. GUATEMALA	60	527	205	1,798	265	2,325	1,417	12,417	1,690	14,802	3,215	28,160	4,904	42,962	4,639	40,637	5,4
13. GUYANA																	
14. HAITI																	
15. HONDURAS																	
16. JAMAICA																	
17. MEXICO	2,828	24,843	735	6,468	3,563	31,311	6,083	53,266	9,646	84,577	11,009	96,454	20,655	181,031	17,092	149,720	17,3
18. NICARAGUA	39	345	-	-	39	345	1,143	10,017	1,183	10,362	1,114	9,762	2,297	20,124	2,258	19,779	1,7
19. PANAMA	136	1,190	176	1,543	312	2,733	1,225	10,730	1,537	13,463	3,009	26,355	4,545	39,817	4,233	37,085	6,9
20. PARAGUAY																	
21. PERU	1,213	10,624	394	3,432	1,607	14,076	44,457	389,442	46,064	403,518	10,422	91,300	56,486	494,818	54,879	480,742	2,8
22. DOMINICAN REP.	68	600	34	298	102	898	229	2,009	332	2,909	571	5,000	903	7,909	800	7,011	11,3
23. SURINAME																	
24. TRINIDAD & TOBAGO																	
25. URUGUAY	1,068	9,351	-	-	1,068	9,351	139	1,227	1,207	10,578	-	-	1,207	10,578	139	1,227	88,4
26. VENEZUELA	1,754	15,363	5,333	46,717	7,087	62,080	20,900	183,109	27,990	245,189	15,855	138,890	43,845	384,079	36,758	321,999	16,1
TOTAL													447,915	3,923,733			

MW = average megawatts

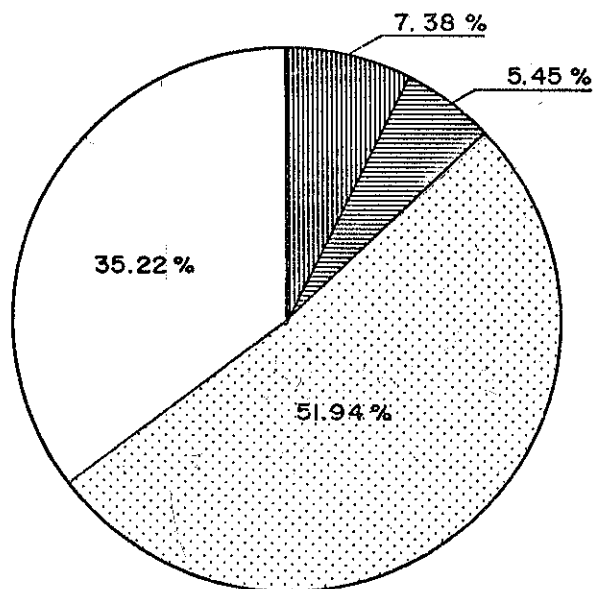
FIG. 4.1



EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL

PRELIMINARY REPORT

PARTIAL REGIONAL HYDROELECTRIC POTENTIAL



POTENTIAL INSTALLABLE POWER CAPACITY — 772 000 MW
(16 COUNTRIES EVALUATED)





-  IN OPERATION
-  UNDER CONSTRUCTION
-  NON - UTILIZED INVENTORIED
-  ESTIMATED

FIG. 4.2



EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL

PRELIMINARY REPORT

PARTIAL REGIONAL HYDROELECTRIC POTENTIAL

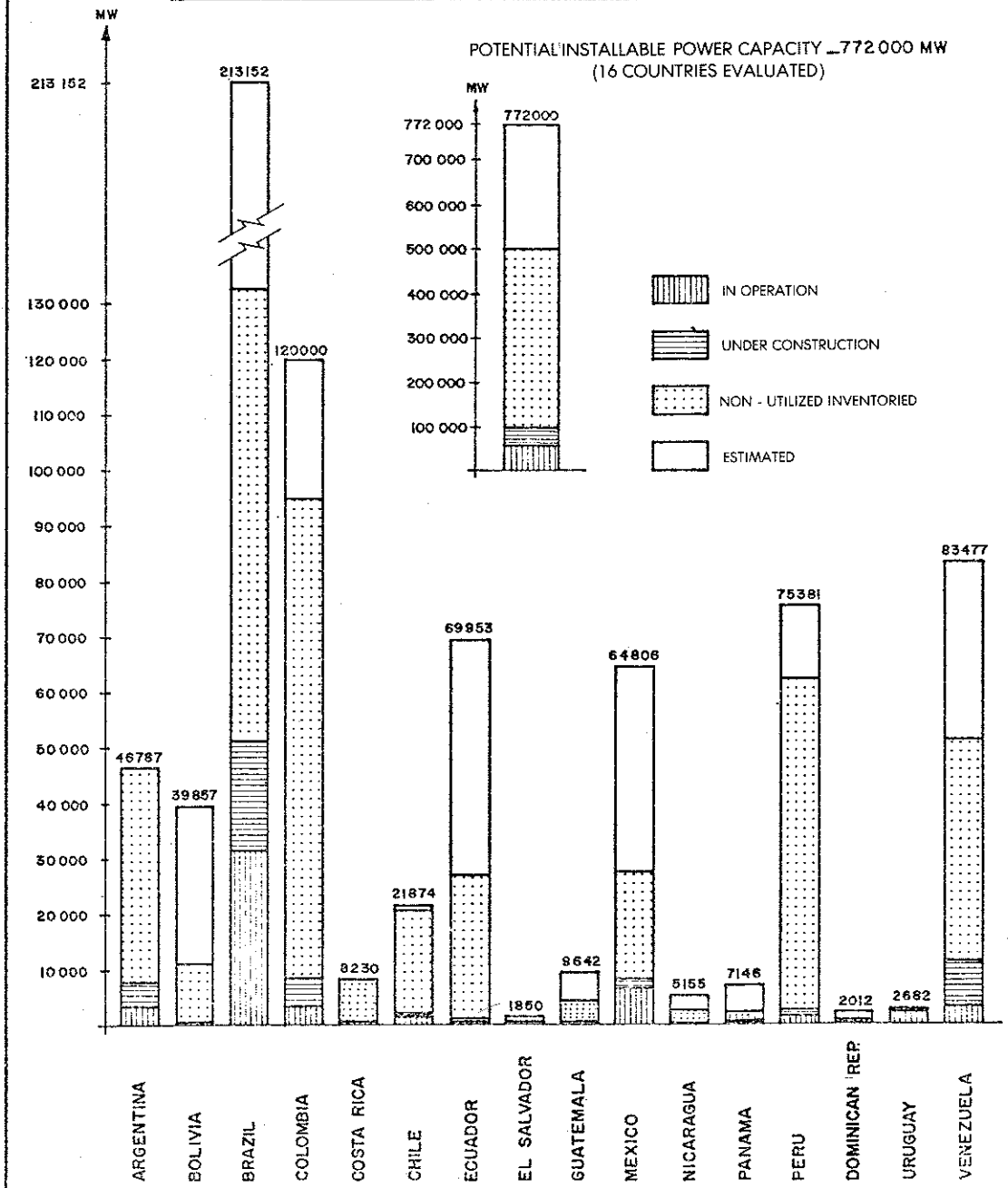


FIG. 4.3

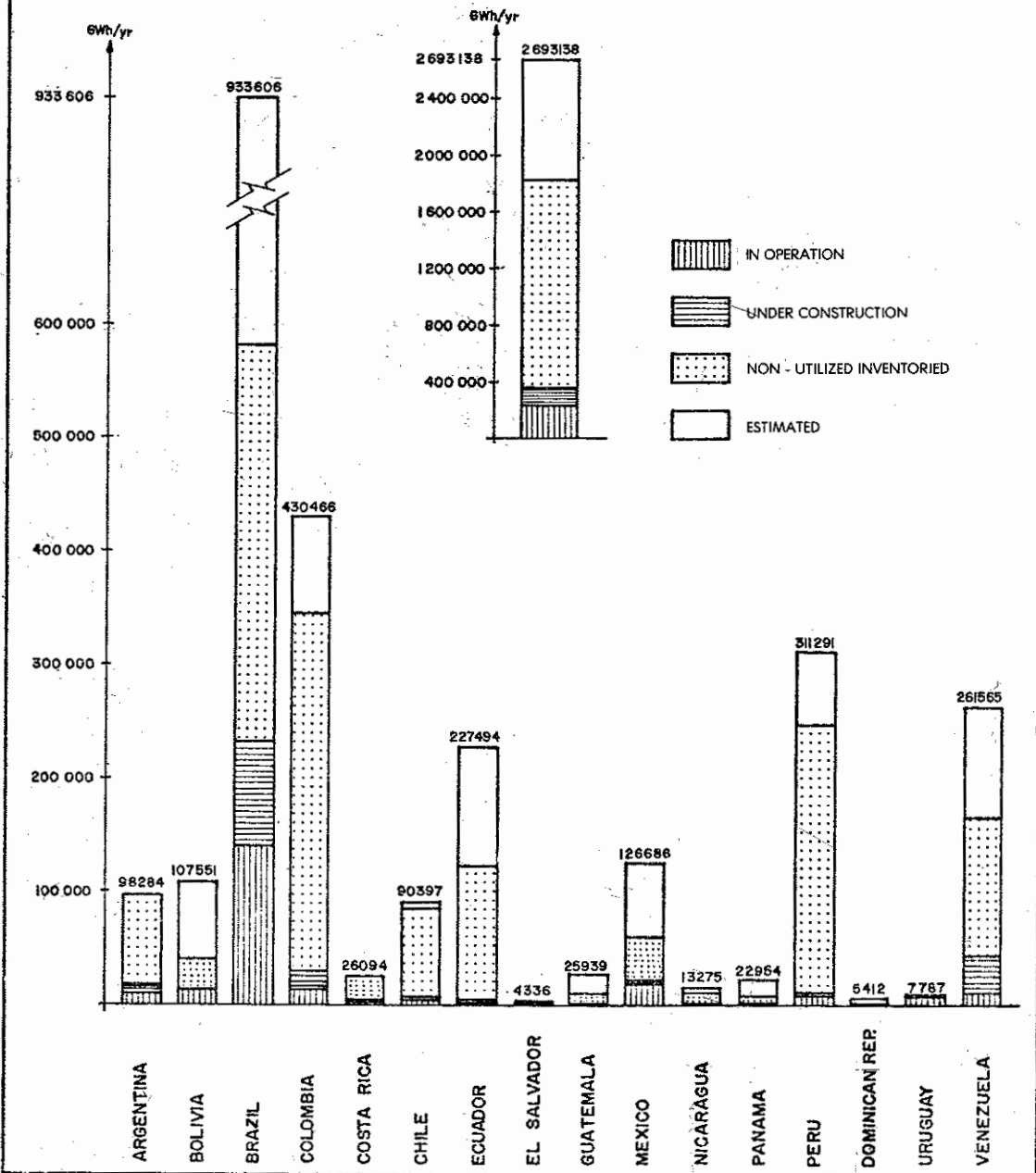


EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL

PRELIMINARY REPORT

PARTIAL REGIONAL HYDROELECTRIC POTENTIAL

TOTAL FIRM ENERGY — 2 693 138 GWh/yr
(16 COUNTRIES EVALUATED)

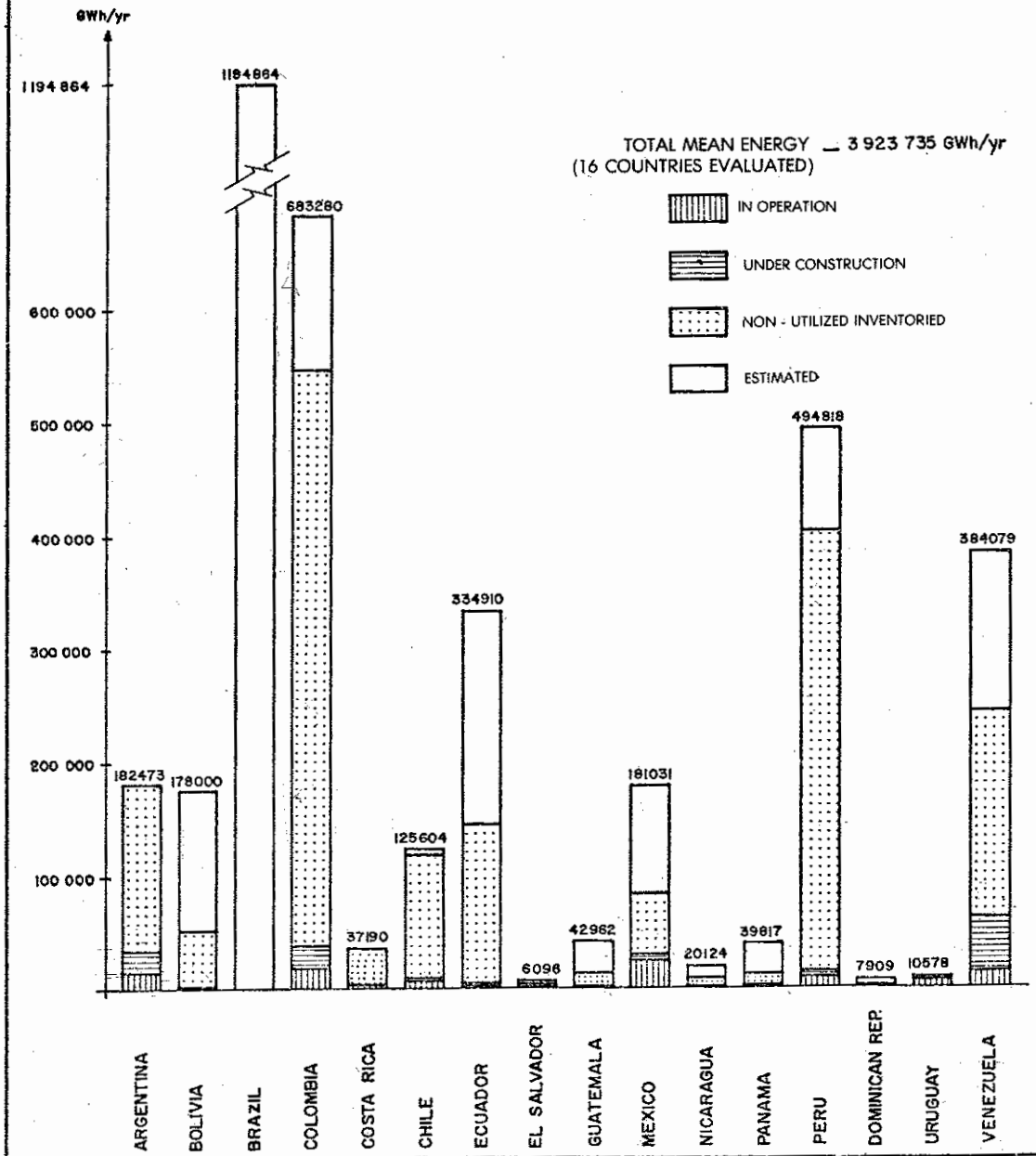




EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL

PRELIMINARY REPORT

PARTIAL REGIONAL HYDROELECTRIC POTENTIAL



5. ANALYSIS OF THE INFORMATION OBTAINED

- According to data from the World Bank presented in 1974 at the World Energy Conference on energy resource studies, the region had a total installable potential of approximately 328,000 MW.
- According to OLADE estimates made in 1980 with data approximated for 1979, the region's total installable potential was 617,550 MW; at that time it was considered that this figure was optimistic, especially when compared to World Bank data.
- OLADE developed a methodology for evaluating national and regional potential for use in all of the member countries within the framework of the Regional Hydroenergy Program; and its application began in 1983, with cooperation from all of the competent institutions in the region. By July 1984, 16 countries had responded and their respective assessments yielded a potential of 772,000 MW. If we project this information, using the data from the 1980 estimate for those countries that have yet concluded their evaluations, we would have a regional potential of 805,800 MW, which could turn out to be even higher once the regional evaluation process has ended.
- Other relevant parameters for the characterization of hydroenergy potential are firm energy and mean energy, which were also determined in the context of the evaluation, applying the OLADE methodology. According to these data, the region has a total firm energy of 2,791,719 GWh/year, and a total mean energy of 4,068,705 GWh/year.
- According to the information obtained in this evaluation, Latin America's hydro potential holds first place worldwide and accounts for 35% of the world's total hydroenergy resources.

For a more detailed look at the preceding analysis, see Charts Nos. 9 and 9.1 and Figures Nos. 4.1. and 4.2. In these charts and figures can be seen the results of the hydroenergy evaluations carried out in the different countries. Charts Nos. 5.1. and 5.2.

present estimated data for those countries where this activity has still not been concluded.

Furthermore, in Chart No. 9.1. and Figure No. 4.2. it can be observed that the region only taps 12.8% of its total hydroenergy resources, and that the countries that show higher figures for the percentage of use of hydroelectric resources are: Uruguay, Brazil, El Salvador, Argentina and Venezuela.

In addition, it can be seen that the region's major hydroelectric potential is concentrated in the countries of the Andean Group and in Brazil.

It should nevertheless be indicated that, according to the information obtained from this evaluation, the countries that have a greater total hydroelectric potential do not necessarily have a greater potential per inhabitant or per unit of surface area. Thus, it can be seen in Chart No. 5.3. and Figures Nos. 5.2., 5.3., 5.4. and 5.5. that the ratios kW/inhab., and kWh/year-inhab. are of a higher order in Ecuador, Bolivia, Venezuela, Colombia and Peru.

It should also be noted that the greatest potentials per km² exist in Ecuador, Costa Rica, Colombia, Panama and Venezuela.

Finally, according to the information obtained with respect to project cost, we see that in the region this averages US\$ 1700 per kW installed, as can be seen in Chart No. 5.4.



CHART N° 5.1.
**REGIONAL HYDROELECTRIC POTENTIAL
 INSTALLABLE POWER CAPACITY (MW)**
 Estimates and Evaluations Made

COUNTRY	A. Potential Evaluated by OLADE, July 1984 MW	B. Potential Estimated by OLADE, 1980 MW	C. Potential Estimated by World Bank, 1974 MW	D. Total Potential Projected by OLADE MW
1. Argentina	46,787*	45,000	48,120	46,787
2. Barbados		**	**	**
3. Bolivia	39,857	18,000	18,000	39,857
4. Brazil	213,152	213,000	90,240	213,152
5. Colombia	120,000	120,000	50,000	120,000
6. Costa Rica	8,230*	8,900	4,326	8,230
7. Cuba		**	**	**
8. Chile	21,874	12,000	15,780	21,874
9. Ecuador	69,953	22,000	21,000	69,953
10. El Salvador	1,850	850	900	1,850
11. Grenada		**	**	**
12. Guatemala	9,642	9,900	1,176	9,642
13. Guyana		**	12,000	**
14. Haiti		**	**	**
15. Honduras		2,800	4,800	2,800
16. Jamaica		**	**	**
17. Mexico	64,806	25,250	20,344	64,806
18. Nicaragua	5,155	2,950	3,600	5,155
19. Panama	7,146	2,900	2,400	7,146
20. Paraguay		17,000	6,000	17,000
21. Peru	75,381	58,000	12,500	75,381
22. Dominican Rep.	2,012	**	**	2,012
23. Suriname		**	260	**
24. Trinidad & Tobago		**	**	**
25. Uruguay	2,682*	7,000	2,512	2,682
26. Venezuela	83,477	36,000	11,644	83,477
Caribbean Group**		16,000	2,400	13,988
TOTAL REGION	772,000	617,550	328,000	805,800

SOURCE: Regional Hydroenergy Program, OLADE

* Only inventoried installable potential, not including estimates.

** Estimated value for a group of Caribbean countries (Barbados, Cuba, Grenada, Guyana, Haiti, Jamaica, Dominican Republic, Suriname and Trinidad and Tobago), not yet evaluated.

A. According to application of OLADE methodology (Evaluation of Latin America's Hydroenergy Resources, 1983, 1984).

B. According to estimates made by Regional Hydroenergy Program of OLADE, 1980.

C. According to estimates made by World Bank, 1974.

D. According to data on potential as evaluated by OLADE in 1984, with the estimates made by the Regional Hydroenergy Program in 1980, for the case of those countries that have not yet carried out the evaluation.

CHART N° 5.2.

REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL

	Total Installable Potential (PINS) MW	Total Firm Energy (EFIR) GWh/yr	Total Mean Energy (EMED) GWh/yr	
1. Argentina	46,787	98,284	182,473	
2. Barbados	**	**	**	EST.
3. Bolivia	39,857	107,551	178,000	
4. Brazil	13,152	933,606	1'194,864	
5. Colombia	10,000	430,466	683,280	
6. Costa Rica	8,230	26,094	37,190	
7. Cuba	**	**	**	EST.
8. Chile	21,874	90,397	125,604	
9. Ecuador	69,953	227,494	334,910	
10. El Salvador	1,850	4,336	6,096	
11. Grenada	**	**	**	EST.
12. Guatemala	9,642	25,939	42,962	
13. Guyana	**	**	**	EST.
14. Haiti	**	**	**	EST.
15. Honduras	2,800	8,160	12,000	EST.
16. Jamaica	**	**	**	EST.
17. Mexico	64,806	126,686	181,031	
18. Nicaragua	5,155	13,275	20,124	
19. Panama	7,146	22,954	39,817	
20. Paraguay	17,000	49,620	72,970	EST.
21. Peru	75,381	311,291	494,818	
22. Dominican Rep.	2,012	5,412	7,909	
23. Suriname	**	**	**	EST.
24. Trinidad & Tobago	**	**	**	EST.
25. Uruguay	2,682	7,789	10,578	
26. Venezuela	83,477	261,565	384,079	
Group of countries**	13,988	40,800	60,000	EST.**
TOTAL REGION	805,800	2'791,719	4'068,705	

SOURCE: Regional Hydroenergy Program, OLADE

* Value corresponding to inventoried installable potential, not including estimates.

** Estimated value for a group of Caribbean countries (Barbados, Cuba, Grenada, Guyana, Haiti, Jamaica, Suriname, Trinidad and Tobago), not yet evaluated.

The data presented are those from the evaluation done by

OLADE in 1984 and from estimates (EST) made by the Regional Hydroenergy Program in 1980, for the case of the countries that have not yet carried out their evaluation.

Installable power capacity: PINS

Mean energy: $EMED = 8.76 \times FC \times PINS$; FC = capacity factor

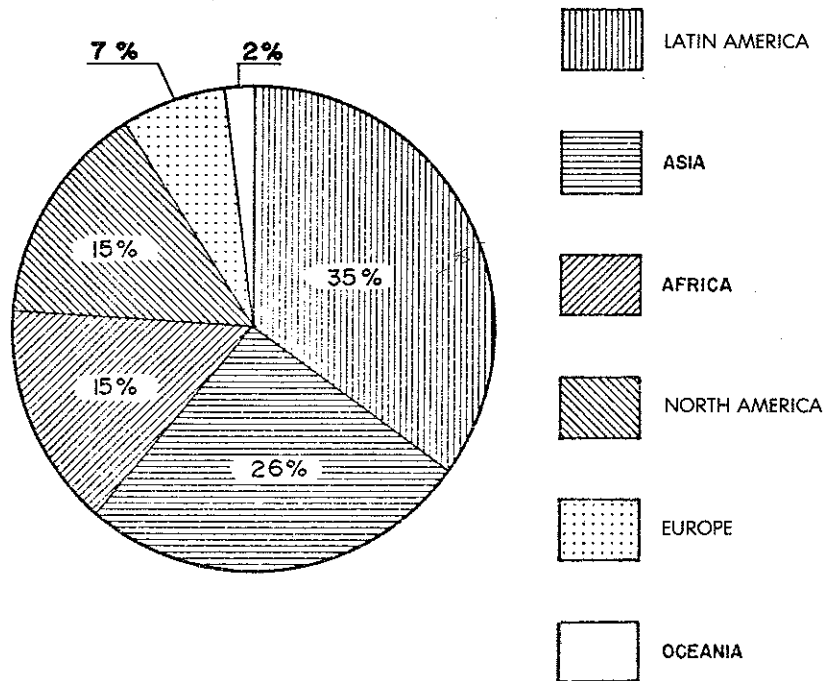
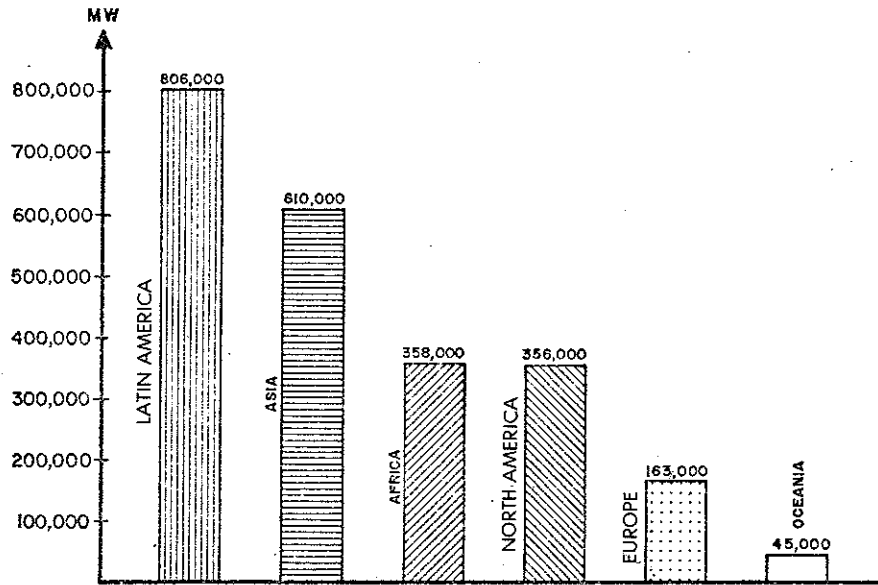
Firm energy: $EFIR = \beta \times EMED$; $\frac{EFIR}{EMED} = \beta$

FIG. 5.1



WORLD HYDROENERGY POTENTIAL

TOTAL 2,338,000 MW





**EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL
HYDRO POTENTIAL IN THE EVALUATED COUNTRIES**

CHART N° 5.3.

COUNTRY	Installable potential MW	Firm energy GWh/yr	Population x 10 ⁴ INHAB.	Area x 10 ³ Km ²	Gross domestic product		KW/INHAB.	KWh/yr-INHAB.	KW/Km ²
					Total US\$ x 10 ⁴	Per Capita US\$			
1. Argentina	46 787	98 284	27,7	2 767	66 203	2 390	1,7	3 548	16,9
2. Bolivia	39 857	107 551	5,6	1 099	3 192	570	7,1	19 205	36,3
3. Brazil	213 152	933 606	118,7	8 512	243 335	2 050	1,8	7 865	25,0
4. Colombia	120 000	430 466	26,7	1 139	31 506	1 180	4,5	16 122	105,4
5. Costa Rica	8 230	26 094	2,2	51	3 806	1 730	3,7	11 861	161,4
6. Chile	21 874	90 397	11,1	757	23 865	2 150	2,0	8 144	28,9
7. Ecuador	69 953	227 494	8,0	284	10 160	1 270	8,7	28 437	246,3
8. El Salvador	1 850	4 336	4,5	21	2 970	660	0,4	964	88,1
9. Guatemala	9 642	25 939	7,3	109	7 884	1 080	1,3	3 553	88,5
10. Mexico	64 806	126 686	69,8	1 973	145 882	2 090	0,9	1 815	32,8
11. Nicaragua	5 155	13 275	2,6	130	1 924	740	2,0	5 106	39,6
12. Panama	7 146	22 954	1,8	77	3 114	1 730	4,0	12 752	92,8
13. Peru	75 381	311 291	17,4	1 285	16 182	930	4,3	17 890	58,7
14. Dominican Rep.	2 012	5 412	5,4	49	6 264	1 160	0,4	1 000	41,1
15. Uruguay	2 682	7 789	2,9	176	8 149	2 810	0,9	2 686	15,2
16. Venezuela	83 477	261 565	14,9	912	54 087	3 630	5,6	17 555	91,5
TOTAL (COUNTRIES EVALUATED)	772 000	2'693 138	326,6	19 341	628 523	1 924	2,4	8 246	39,9

FIG. 5.2.

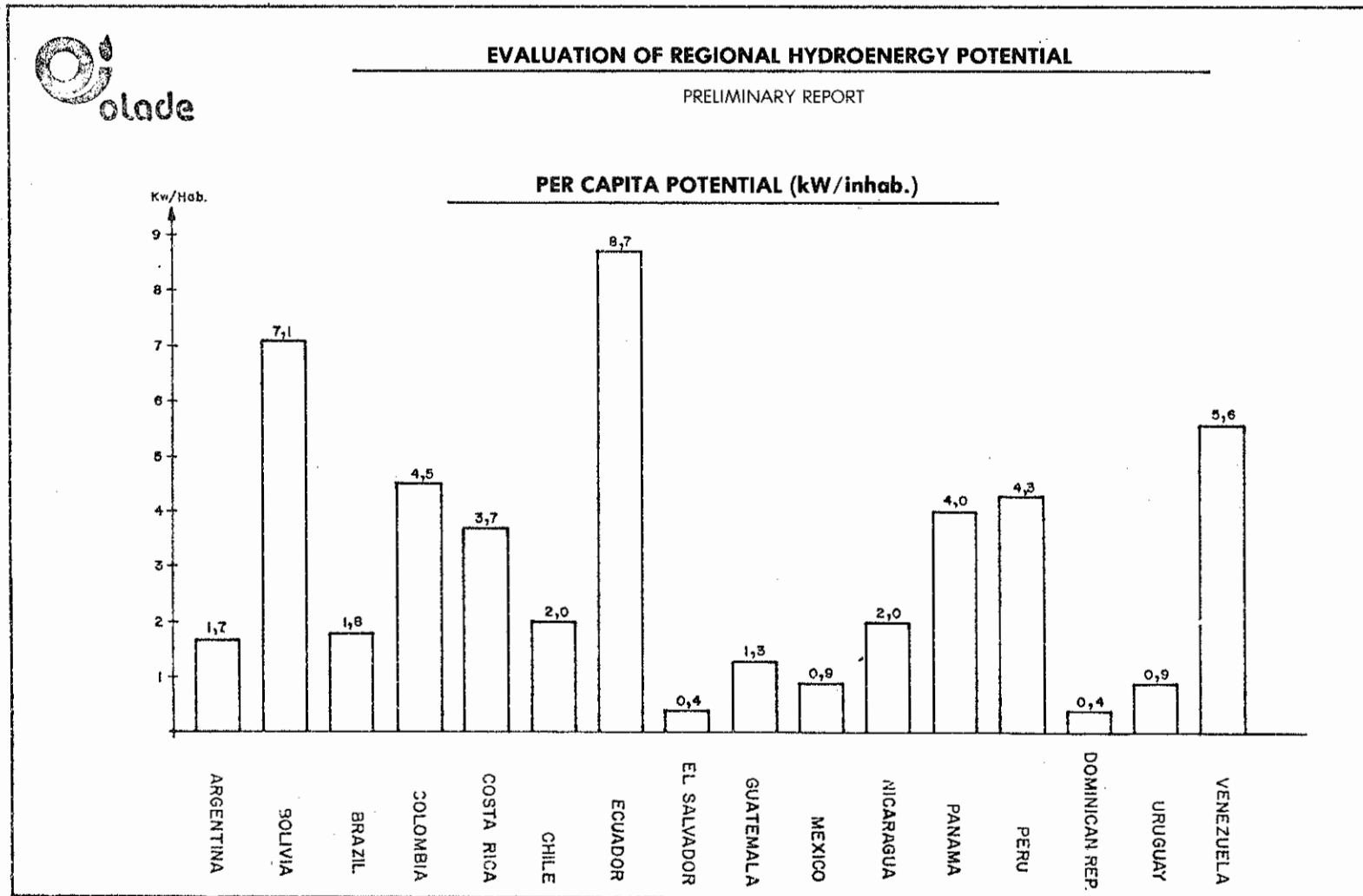


FIG. 5.3.



EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL

PRELIMINARY REPORT

PER CAPITA FIRM - ENERGY (kWh/yr-inhab.)

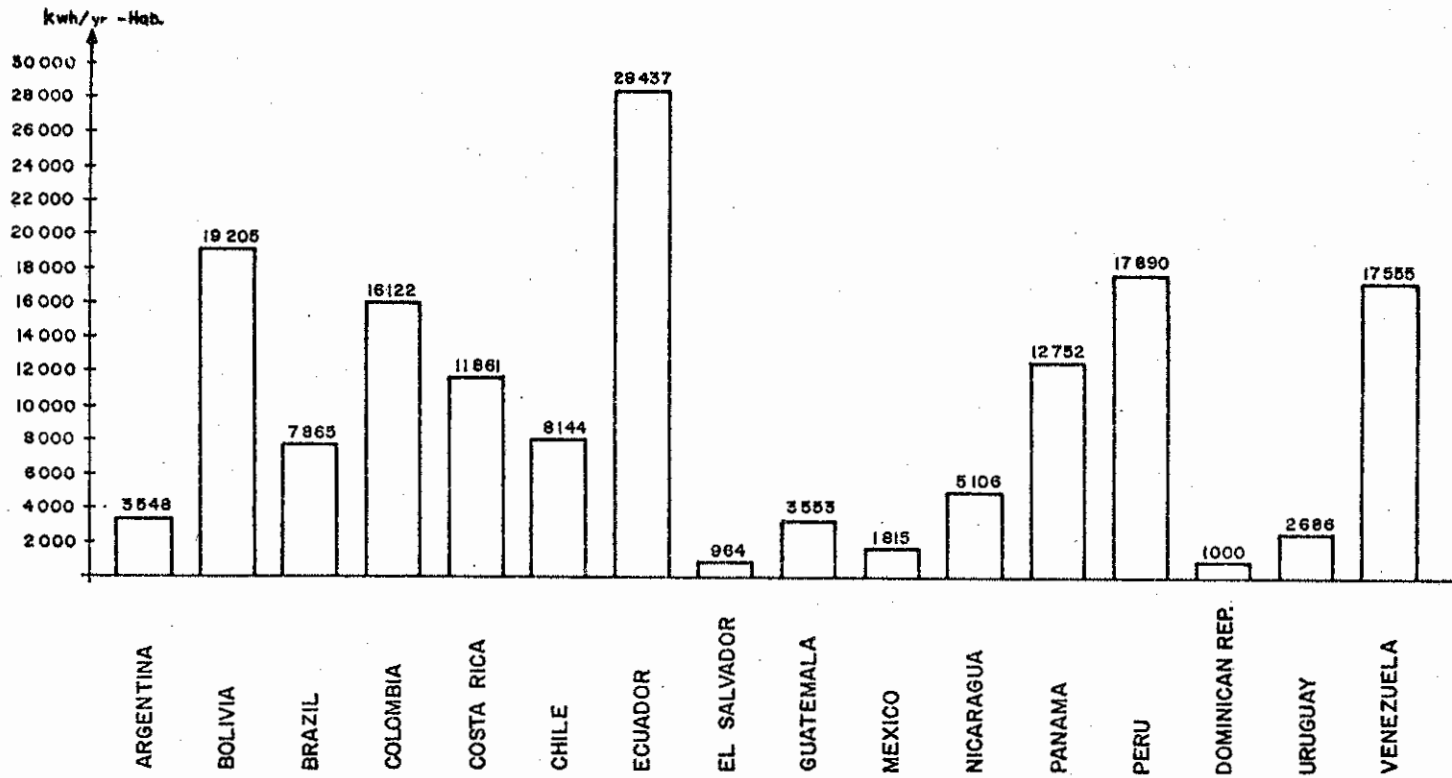


FIG. 5.4.

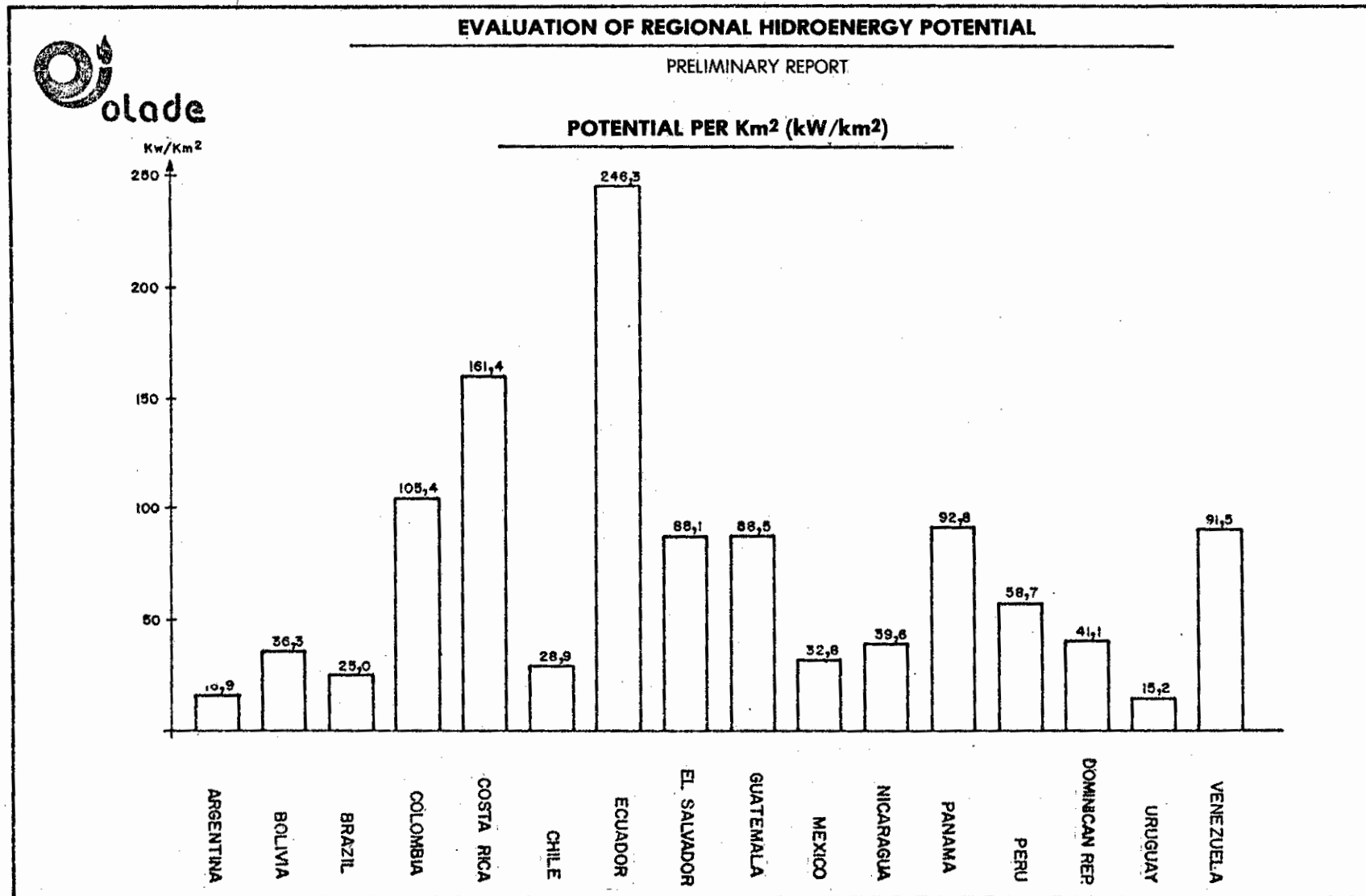
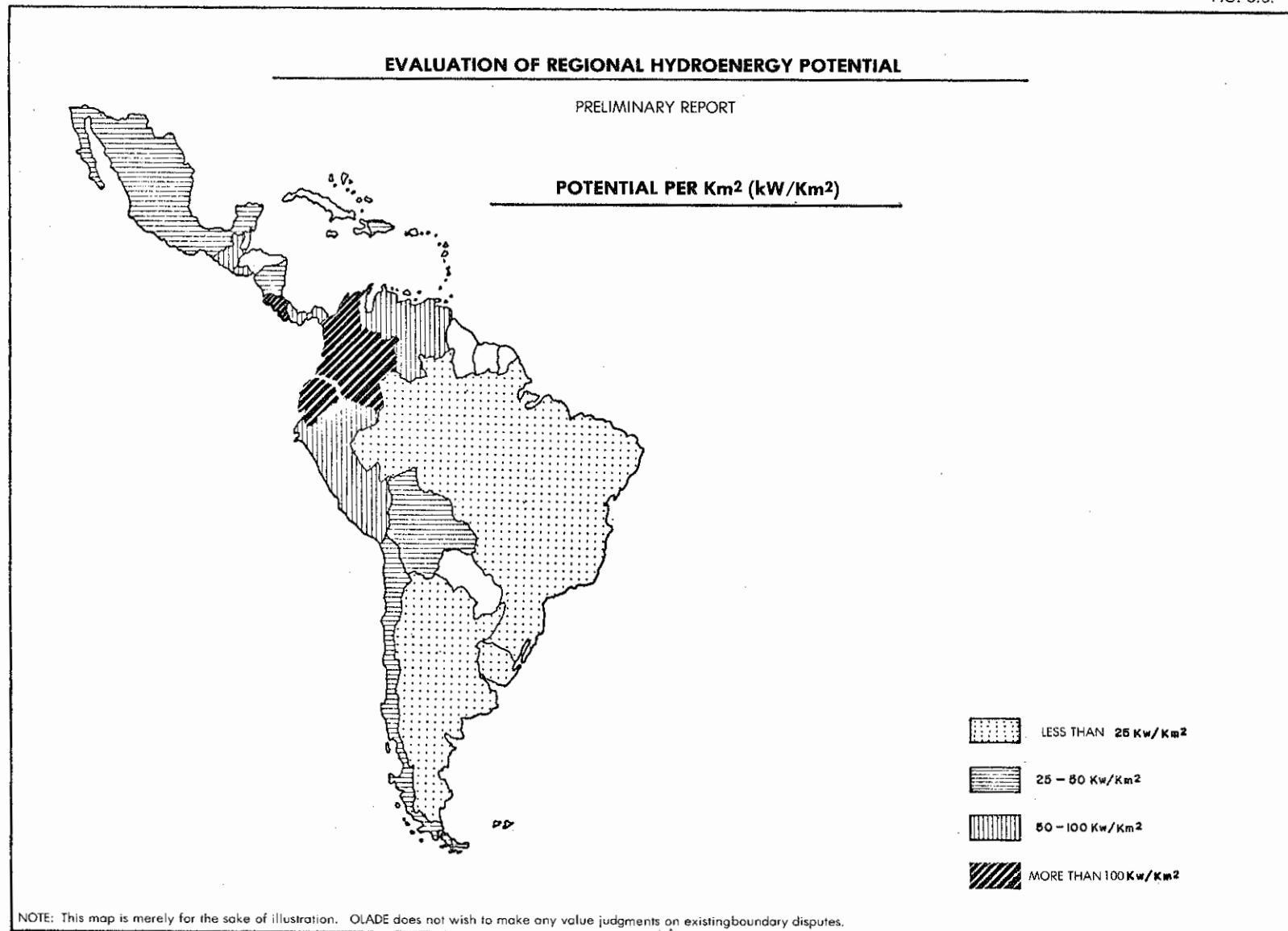


FIG. 5.5.





EVALUATION OF REGIONAL HYDROENERGY POTENTIAL

PROJECT COSTS

CHART N° 5.4.

COUNTRY	Project Costs								Average Cost
	In Operation	Under Construction	Execution Design	Basic Design	Feasibility	Prefeasibility	Inventory	Evaluation	
Argentina			571	1 010	975		840		349
Bolivia			1 915	1 496	1 440	647	1 385	968	1 303
Colombia		899		754	904		1 523		1 020
Chile					957		2 180	3 782	2 306
Ecuador	838	827	2 030	1 339	1 472	1 830	2 066		1 486
El Salvador	631	1 611			1 536		4 356		2 033
Nicaragua					1 855	1 664	3 893		2 470
Panama					1 857	1 140			1 499
Peru		1 381	1 397		1 112	925	2 817		1 526
Dominican Rep.	1 020	1 780		1 797					1 532
Uruguay	1 110				4 558		5 396		3 688
Venezuela	1 250	2 663			1 110		2 437		1 865
AVERAGE COST US\$/KW	970	1 527	1 478	1 279	1 616	1 241	2 689	2 375	1 700

6. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Generally speaking, most of the countries have considerable hydroelectric resources, but the percentage of their utilization thereof is low. At any rate, the water power resource is of such magnitude that - even if 100% of the energy needs were covered by hydroenergy - in most countries only a low percentage of their available potential would be in use.

The region as a whole is in a position to undertake intensive development of hydroenergy, considering that the technology required is widely known and that different Latin American countries have project engineering and construction experience and capacity, as well as the infrastructure necessary for manufacturing the electromechanical equipment for hydroelectric stations.

In view of the dimensions of the projects and the magnitudes of the investments required, it becomes evident that financing constitutes the fundamental problem for the region's hydroenergy development. It will be one of the region's great challenges to obtain funding for hydroenergy development. To this end, it is necessary to broaden the regional financial base by carrying out joint actions.

On the basis of the first evaluation of the region's hydroenergy potential, it will be possible to promote different activities to support the energy development of Latin America, among which the following are worth considering:

- Comparison of the potential and basic features of points of utilization (principally those that have been inventoried) among countries.
- Identification of experiences, similarities and differences in the development of the evaluation of resources and its characteristics with regard to the other countries of the region, with an eye to taking advantage of experiences and establishing areas of interest for bilateral and multilateral cooperation.
- Improvement of knowledge about shared resources,

which will contribute to a better definition of national policies for energy development.

- Improvement of knowledge about the prospects for exchange of energy supplies along border areas, and prospects for regional interconnection.
- Use of knowledge about the magnitude and characteristics of the resource to define technological and equipment/materials manufacture policies, both nationally and regionally.
- Continued improvement of integral, consistent knowledge of the region's hydroenergy potential through periodic evaluations.
- Identification of the needs to conduct hydroenergy inventories in various countries of the region.
- Definition of the concrete framework of the prospects for regional cooperation in the hydroenergy field, and particularly in terms of inventory elaboration processes, by means of concrete knowledge of needs for technical assistance and, on the other hand, of the existing experience and availabilities.
- Contribution to the formulation of long-term hydroenergy development policies at a national and regional level, through integral knowledge of the resource, in the context of other energy alternatives.
- Search for bases of reference for future steps taken to open lines of financing for the development of hydroenergy inventories and later to finance studies and joint projects.
- Identification of possibilities for regional cooperation through the utilization of shared basins.
- Determination of the magnitude of and prospects for regional hydroenergy development with an eye to establishing regional plans and defining priorities for future action.



MINI POWER STATIONS: A MIRACLE FOR THE FORGOTTEN PEOPLES

Gilberto Miranda Paz
HEAD OF PRESS OFFICE
MINISTRY OF ENERGY AND MINES
PERU

The renowned scientist Antonio Raymondi, Italian by birth but just as Peruvian as the most illustrious of the Incas, loved Peru so much that on one occasion he coined the following phrase, both metaphor and complaint in one: "Peru is a beggar sitting upon a golden stool."

His words, however, were powerless to reverse a somewhat inadmissible situation that had inexplicably been maintained throughout the Republican era.

Such was his disillusionment that, his force moderated, his courage waning, he launched a harangue with a touch of plea:

"Peruvian youth, I beg your aid ... Help me, bring about a truce in politicking and devote yourselves to making our country, and its immense resources, known!"

Raymondi was not aware of the hydroelectric potential, for had he been, perhaps his protest, and his bitterness, would have been even greater. Paraphrasing, he might possibly have exclaimed, "Peru is a giant that lies sleeping on an immense cordillera, at whose feet run rivers and lakes that can provide electricity for every one of the 1,279,691 kilometers of the Peruvian territory!"

The presence of Raymondi in Peru, starting in 1850 when he was barely 24 years old, had a positive effect, for the eyes of the world turned to our land, arousing the interest of audacious entrepreneurs who came to work here, shoulder to shoulder with the Peruvians, particularly in the field of mining.

Mining to a large extent reached its peak thanks to Raymondi, but how many wise Italians like him would we have wished for in our land in order to elevate the other areas of the economy such as electricity!

THE GRANDEUR OF MAYOLO

In the field of energy, even though there was a "blaze of glory" with Santiago Antunez de Mayolo, the Ancashine visionary who in 1945 had already conceived of the largest hydropower stations of our country, progress has been slow and laden with problems.

We cannot fail to mention, however, the titanic efforts made by a group of private businessmen headed by Swiss, who built up the most prosperous electric light and power company in Lima: Empresas Electricas Asociadas, nowadays known as ELECTROLIMA.

Nonetheless, the very fact that energy is a strategic industry has alienated the interest of private investors.

And it has thus been the State which has had to carry the weight of an enormous responsibility which is now sapping its strength-- and even more so if we are speaking of a developing country which cannot come up with large investments, especially when there is hunger and other vital needs.

But that is not all.

Peru's hydroelectric potential is overwhelming. With the stations that could be built, all of the national

territory could be electrified ... and there would even be a margin for exportation if that were possible.

However, the Republican neglect, decades long, cannot be compensated for in just a few years. Energy has been growing slowly and, unfortunately, in only a few cities; and to this picture must be added rough terrain making certain places almost inaccessible.

The giant still lies sleeping atop his great wealth ...

The basins, capable of generating unsuspected hydroelectric power, will continue to lie in wait as long as no investments come available. That is certain.

Only the capitals of the 24 departments --and not all of them-- can rely on energy which, although not optimum, at least permits a moderate development of their zones.

THE FORGOTTEN PEOPLES

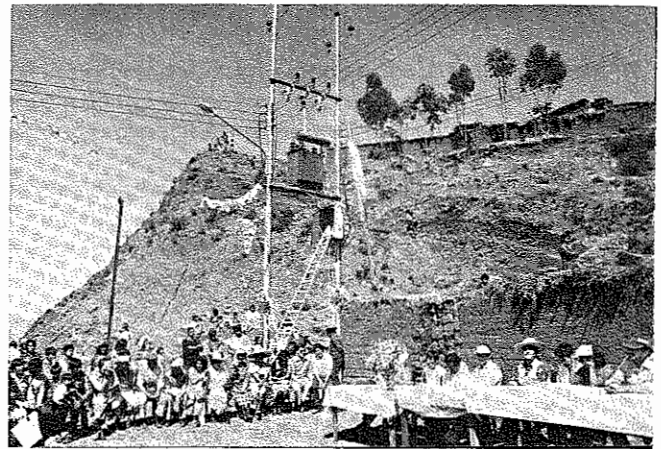
During the second term in office of President Fernando Belaunde Terry, attacks have gotten underway on a problem that he himself has called "the problem of the forgotten peoples."

It is that of those pauper communities located far away from the large centers of electrical interconnection, who have lived at the margin of progress. They are settlements that can now "see the light" thanks to a Program of Provincial, District and Rural Electrification.

The miracle has begun for these village people, with special force in 1980, through the action of a relatively young State enterprise: ELECTROPERU, currently headed by dynamic people.

By September 30th of this year, 81 mini power stations had been put onstream: 12 using hydraulic energy and 79 using thermal energy.

In four years 367,598 persons who had been marginated--virtually constituting an island within the country--have been benefitted.



Inauguration ceremony for the electrification works of the town Joven Villa Maria, located on the outskirts of urban Cuzco.

The smallest mini power station has an installed capacity of 10 kW and is located in the department of Lima, specifically at the site of Catahuasi.

This village, despite its location, was marginal to the large power plants that supply the Peruvian capital.

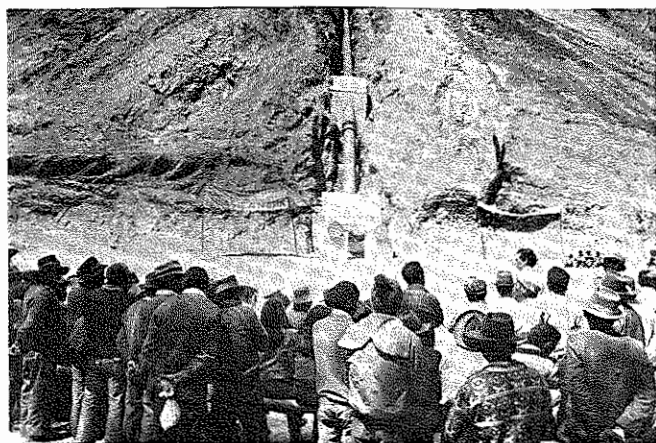
It proved much more economical to build a mini thermoelectric station than to expand the supply from the hydroelectric station of Mantaro.

The people of Catahuasi "donned their Sunday best" for the inauguration. The inhabitants, barely 70 in number, have now embarked on a vigorous march toward progress.

In the department of Cajamarca, where history tells us that the Inca Atahualpa paid a ransom of one room full of gold and two of silver, there is a 75-kW mini power station which serves 2300 persons (at the site of Namora).

The largest mini power station is located in the department of Tumbes, bordering on Ecuador.

Found precisely in the locality of Las Mercedes, it has a capacity of 5000 kW and serves 32,578 people.



Construction of the mini hydropower station Chongos Alto (Junin Department).



Electricity began to arrive in the different towns of Cajamarca.

As for the greatest amount of inhabitants benefitted by mini power stations, it is necessary to cite Puno, one of the country's top four departments in terms of population density. Puno, in turn, has the highest number of illiterates. At the site of Juliaca, a mini power station of only 200 kW is being operated, but it has led to innumerable benefits derived from electricity for the 30,000 inhabitants.

In Arequipa, which is considered the country's "second" city, there are two mini hydroelectric power stations and six thermoelectric plants.

In Piura, a department which is making advances at the same rate as, or at an even faster rate than, Arequipa, and which was the cradle of the great Admiral Miguel Grau, maximum hero of the battle of Angamos (freed with help from the Chilean squadron), there are 9 thermoelectric stations and 1 hydroelectric one.

Piura is a prosperous, thriving city due to its oil and mining. Currently, the wells that were once exploited by the International Petroleum Company have been reactivated; and jointly with the State oil Company PETROPERU, the Occidental Petroleum Company and Belco have work underway there, the latter producing offshore in the continental shelf.

This hot northern department will have the privilege of installing the first mini hydropower station run on wind and seawater.

The small station is being built near the Bay of Yacila. It will have a capacity of 30 kW and will benefit 400 inhabitants.

En La Libertad, a department which is notable for its sugar industry, three mini power stations have been built for 17,500 persons. The capital, Trujillo, is noted for its modern urban lines and population growth rate.

In Ayacucho, there are two mini thermoelectric power plants (Cangallo and Coracora) and one hydroelectric power plant (Pauza).

Another three hydro stations and two thermal stations are being built. The government is paying special attention to this department, where the madness of Sendero activities has its center of operations, and where life is worth little.



Mini station Vischongo (Ayacucho Department).

DIMENSIONS OF THE PLAN

The Plan of Provincial, District and Rural Electrification was started up during the military regime that preceded President Belaunde's second administration.

Among the immediate tasks, the current head statesman has provided for the dynamization of the plan, taking into account the fact there are 2000 localities of more than 500 inhabitants who have no electric power at all, or else deficient access.

This situation hinders decentralized industrial development and economic growth, and contributes to ever larger urban centers.

The program of mini hydropower stations is now receiving a major boost with financial aid from various countries, including the Federal Republic of Germany, the People's Republic of China, the United States of America and the United Kingdom, among others.

It is expected that, by the end of 1985, the installed capacity of part of the 2000 small towns and villages referred to above will have gone from 213.4 to 341.0 MW. This would provide electric power to, or would improve this service in, 600 sites, incorporating a population estimated as one million persons.

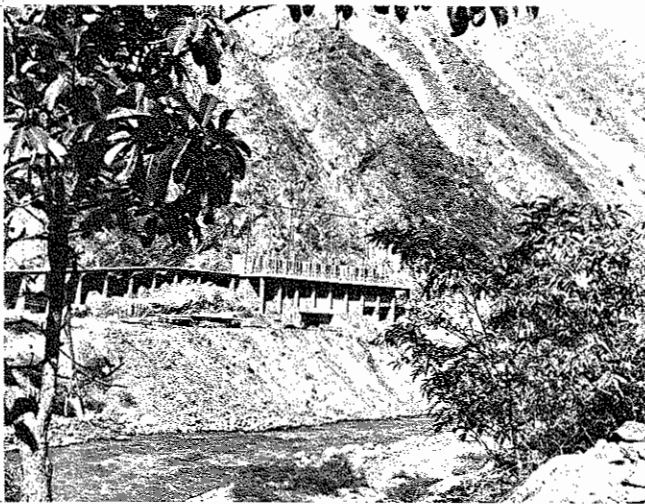
By accomplishing this objective, to a large extent the phrase of President Belaunde will have been fulfilled: "The last will be the first...", especially if we take into consideration the economic and social solutions that mini hydropower stations represent.

ELECTROPERU, the State company in charge of making the dreams of the forgotten peoples a reality, has been working with exemplary enthusiasm on this task, under the presidency of engineer Eduardo Caillauz Angulo.

But it is, by no means, neglecting other actions of greater dimension, such as the large hydropower stations.

It was precisely last November 10th that President Belaunde inaugurated the hydropower station "Restitución", which constitutes the third and next-to-the-last stage of the Mantaro Project, and which will provide energy (217,000 kW) to seven departments, including Lima.

The Mantaro Project, whose capacity now exceeds one million kW, was an inspired conception of engineer Santiago Antunez de Mayolo, whose dreams 40 years ago seemed to have been taken out of a fairy tale.



Front access to the powerhouse of the hydropower station. Restitucion, as viewed from the right-hand shore of the voluminous Mantaro River, Hunacavelica (Tayacaja Province) - 217,000 kW.



Program of Provincial, District and Rural Electrification, urban Iquitos.

Santiago Antunez de Mayolo ceased to be a legend, as did the wise Italian Antonio Raymondi.

Both gave their lives for Peru, and Peru has kept their works latent.

Looking back in retrospect, we should stop a moment to admire the disinterestedness of these two geniuses and recall that on one occasion, when Raymondi was asked to send his research papers to Italy, the celebrated scientist replied: "They belong to Peru, and they must suffer the fate of Peru."

His messages and his works now take on greater vigor, because the beggar remains seated on his stool of gold and the giant still rests atop a great storehouse of hydroenergy.

The bounty of wealth still awaits a decided, firm hand that will transform it into an inexhaustible source of development.

IRHE AND OLADE STUDY GEOTHERMAL POTENTIAL IN PANAMA

Lourdes Perez de Rodriguez

Moises Capuro

COMMUNICATION OFFICERS
OFFICE OF COMMUNICATION AND PUBLIC RELATIONS
INSTITUTE OF WATER RESOURCES AND
ELECTRIFICATION (IRHE) PANAMA

National geothermal reconnaissance studies and advanced prefeasibility studies in the Baru-Colorado Complex have recently been initiated by the Institute of Water Resources and Electrification of Panama, through the Geological Research Section of the Executive Development Bureau. These studies have been able to rely on invaluable funding totalling 1.8 million balboas contributed by the Inter-American Development Bank (IDB), with support from the Latin American Energy Organization (OLADE).

Over the next two years Panama's major energy institution, the IRHE, will evaluate the possibility of geothermal exploitation in the Baru-Colorado Complex and will obtain the final report on geothermal reconnaissance in the country, in order to determine the potential of these areas.

Last October, Mr. Eduardo Marquez, an IDB specialist, accompanied by Mr. Arturo Ramirez from the IRHE and other technicians from that agency, paid a visit to the area that would be the target for the study (in the western province of Chiriqui, along the border with Costa Rica) and inspected the sectors in which heat manifestations were present.

Likewise, OLADE, as advisor on the methodology to be employed in the Panamanian studies, sent the country technical specialists Gustavo Cuellar, the organization's regional geothermal coordinator; Eduardo Aguilera, assigned as a consultant to these investigations; Mauricio Petana; and Antonio Frularie.

The investigations delving into Panama's geological

past have determined that approximately 40 million years ago an intense volcanic period developed in the southwestern region of the country; however, the volcanos Baru and El Valle, the only ones that existed in Panama with certainty, were active approximately 2 million years ago, the first in Chiriqui and the second in the province of Cocolé.

The active period of the aforementioned volcanoes was followed by a post-volcanic geological stage in which the magma manifestations lacked sufficient energy and left evidence on the earth's surface only in the form of hot springs and steam.

The geological studies begun by other national and international organizations prior to those of the IRHE date back to 1971, when the Panamanian Government took the first steps to undertake investigations related to geothermal energy.

Among the institutions that took part in these analyses, as well as the notable geologists, mention should be made of the CEL of El Salvador; the United Nations; the BRGM of France; the IGS; the Federal Electricity Commission of Mexico; the IRHE; and OLADE.

The first efforts consisted of petrographic analyses; heat manifestation assessments; geological surveys; small-diameter drilling; and geochemical, geophysical, geological and hydrological studies, among others.

Due to the fact that the analyses done until then had not had a suitable methodology to orient them,

it was not possible to define the true geothermal situation in Panama.

In 1980, once the IRHE had been assigned full responsibility for the field of geothermal energy, that institution, duly authorized by the Government, requested cooperation from OLADE in order to evaluate the data compiled up to that time.

After the execution of that arduous task by OLADE and the consulting firm Geotermica Italiana, the existence of areas with suitable potential for the exploitation of geothermal resources for energy generation was determined, and the existing material was reorganized according to a methodology in line with the geological features of Panama.

The broad area that was localized was known as El Pando, Colorado Complex and Baru Complex, situated in the province of Chiriqui.

In the context of the prefeasibility study on the Baru-Cerro Colorado Complex, the effect that the inclusion of a geothermal power plant could have in the IRHE'S program to expand the National Electric Power System was also considered. On the basis of the experience of the IDB and OLADE, it was felt that two 55-MW units could be installed, with a cost of approximately 1600 - 2000 balboas per kW.

Entitled "Development and Use of the Geothermal Resources of Panama", the OLADE report was submitted to IRHE authorities in 1982. This document made it possible for the country to begin processing a loan from the Inter-American Development Bank (IDB) for a geothermal reconnaissance study at the national level and an advanced prefeasibility study on the Baru - Colorado Complex.

As result, the Panamanian Government signed two contracts with the IDB: one for non-reimbursable technical cooperation for the first of the above-mentioned projects, and the other for contingent recovery funds for the execution of the second project.

Through the National Geothermal Reconnaissance

Study, the intention is to determine and identify the geothermal potential of the entire Republic of Panama; it will begin in the sector of El Valle de Anton, including the areas of Chitira-Calobre, Tonose and Coiba, and will be carried out following the methodology proposed by OLADE.

On the other hand, the Advanced Prefeasibility Study on the Baru-Colorado Geothermal Complex will define the viability of geothermal production in this sector.

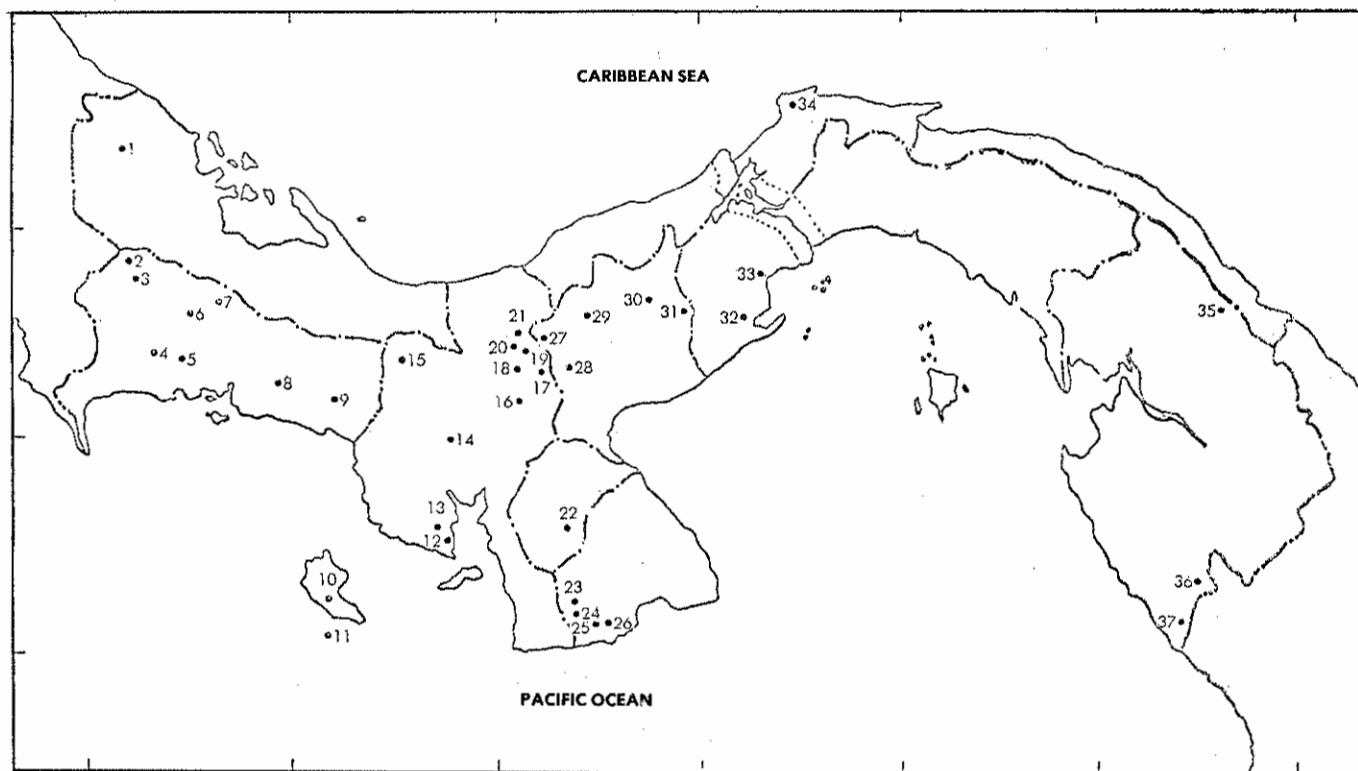
The IRHE, with these two projects, will be able to estimate the cost of geothermal exploitation and to economically assess the activities to be carried out after the feasibility study.

The new prospecting that is being done by the IRHE, with advising from OLADE, will include more in-depth analyses in the areas of geovolcanology, geochemistry, hydrology and geophysics, making use of field operations and laboratory and interpretation work.

In addition to this there will be small-diameter drilling up to depths of approximately 600 meters, of multi-purpose use in the investigations.

Due to the fact that investments in geothermal exploitation are relatively smaller, this alternative offers advantages, since it could mean a postponement of the IRHE'S future construction of hydroelectric plants already identified (e.g., Changuinola I and Teribe I) in the provinces of Bocas del Toro and Tabasara, between the provinces of Chiriqui and Veraguas, these projects being necessary to respond to the growing energy demand of coming years.

LOCATION OF HEAT MANIFESTATIONS IN THE REPUBLIC OF PANAMA



KEY

1. Bonyic	10. Coiba	19. La Laguna	28. Ola	37. Jampavado
2. Cotito	11. Jicaron	20. Barrero Granda	29. Santa Marta	
3. Los Pozos	12. Farfancito	21. Chitra	30. Chiriqui Abajo	
4. Santa Cruz	13. Carrizal	22. Salitre	31. El Valle	
5. Guayabal	14. Barrero	23. Agua Caliente	32. Buenos Aires	
6. Caldera	15. Agua de Salud	24. El Cortezo	33. Salitral	
7. Hornito	16. El Pedregoso	25. La Sapotoza	34. Guancho	
8. Galique	17. Calobre	26. Ave Maria	35. Membrillo	
9. Tole	18. San Juan	27. Huacas de Quije	36. Arreti	

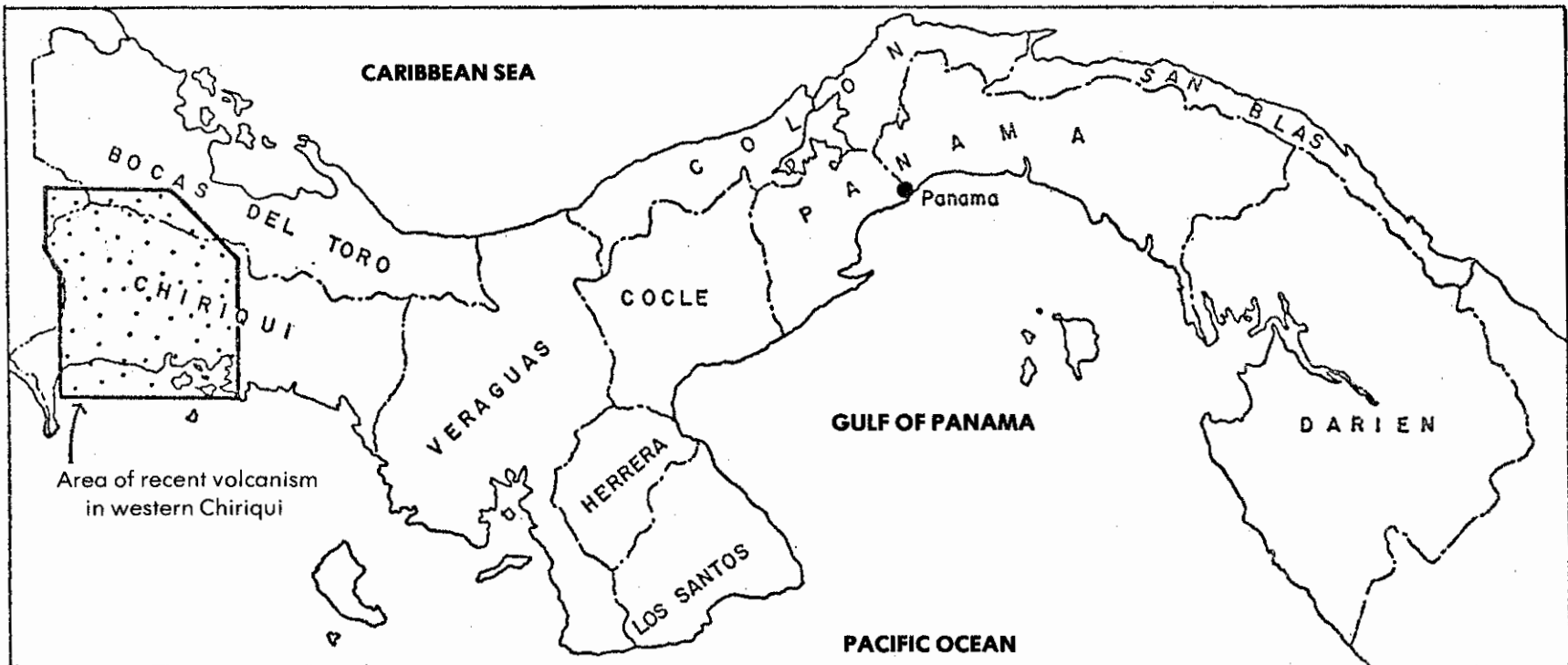
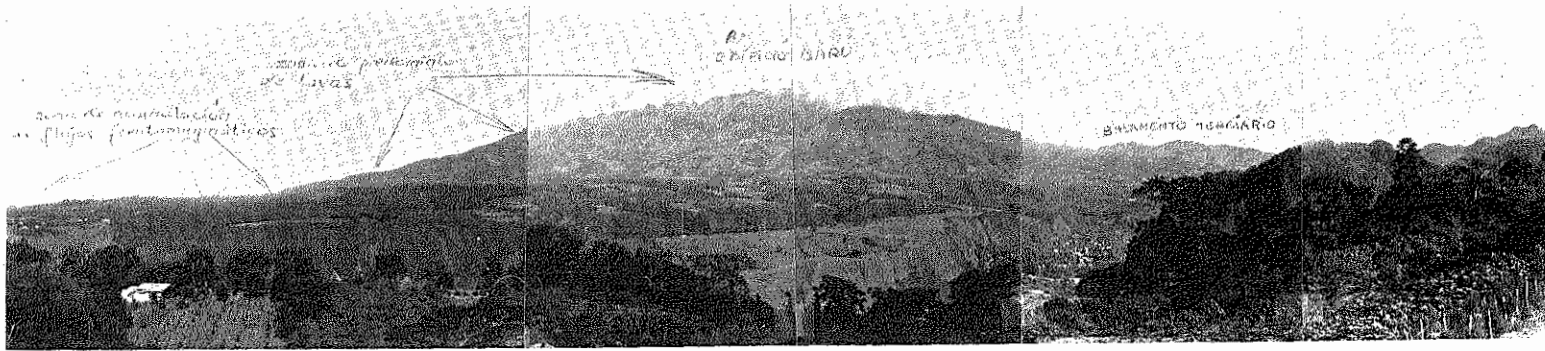


FIG.1

**SITUATION OF THE AREA UNDER STUDY
AND PHYSIOGRAPHIC MAP OF WESTERN
PANAMA**



Baru Structure from the SE. The steeper central portion is primarily made up of lavas, whereas more mobile phreatomagmatic flows have been built up along the periphery.



Tertiary basement relief, primarily made up of intrusive rocks, and the Colorado Structure (Pleistocene) with relatively well conserved morphology.

APPLICATION OF THE STATISTICAL THEORY OF ENERGY INFORMATION PROBLEM-SOLVING IN DEVELOPING COUNTRIES: SERVICE STATION SURVEYS 1/

Carlos Araujo a/
José Luis Calabrese b/

1. INTRODUCTION

The present paper refers to a low-cost sample design for estimating the average annual mileage of the motor park of a country or region. These surveys have been applied and processed in Colombia and they are already being carried out in Peru. The central aim herein is the presentation and statistical analysis of the estimator for said average annual mileage.

The authors hope that through this paper they will make a contribution to the development of statistical research within the framework of available information and resources in the different developing countries.

2. DESCRIPTION OF THE SURVEY

The procedure known as "Service Station Surveys" consists of placing an inquirer or surveyor in a gasoline station and interviewing the drivers of the vehicles that, over a given period, buy fuel. The aim of this paper is not to determine how the service

stations should be chosen so as to yield a representative sample of the vehicles in a city, region or country; and hence, we shall merely point out that for this purpose standard statistical sampling techniques should be used so that the respective sample will offer a suitable framework for measuring and estimating the selected variables.

Let us suppose, for example, that what is desired is to know the population's average annual mileage L by type of vehicle (privately-owned cars, taxis, motorcycles, trucks, etc.) The procedure known as household surveying is obviously very expensive and difficult to carry out in developing countries; on the other hand, the service station survey makes it possible to have a good number of observations at much lower costs.

Nonetheless, it must be kept in mind that the variable to be measured (in this case, mileage, or any other variable dependent on mileage) is influenced by the frequency with which a given car visits the gasoline station during a sufficiently long unit of time (for example, one year.) Obviously, if a vehicle travels 50,000 km/year, it will have to visit gasoline stations more frequently than another which only travels 5,000 kms. during the same year. If all the vehicles of the population were to fill their fuel tank when they saw that the needle was registering zero (empty tank), the frequency f_{min} with which they would visit the gasoline stations would be defined by:

$$f_{min} = \frac{L}{c \cdot q} \quad (1)$$

1/ This article is the outgrowth of activities developed under the agreement signed between the National Energy Study (ENE) Project of Colombia and the project Energy Consumption, Substitution and Conservation in the Transportation Sector of the OAS (Project CO1).

a/ General Aide to the Director, CIENES.

b/ Energy Planning Expert, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

where:

c = specific consumption in km/gal
 q = fuel tank capacity in gallons
 L = annual mileage in km/year

While it is true that certain drivers have the habit of completely filling the tank of their vehicles, there are others that put in half a tank, three quarters of a tank, or an indeterminate amount. The real frequency f with which a vehicle visits a service station will then be equal to, or greater than, the minimum frequency. The quotient:

$$\phi = \frac{f}{f_{min}} \quad (2)$$

is known as the habit factor and it will be greater than, or equal to, 1. The hypothesis can be made (and in fact it has already been corroborated by some of the applications made) that ϕ does not depend on the variable to be measured. The real frequency can thus be broken down into two factors: one which is independent and another which is dependent on the feature under analysis.

On the basis of the aforesaid, it can be discerned that the service station survey leads to a sample where each unit of observation has a different probability of being chosen in the sample and therefore the direct mean for mileage is not a good estimator of the mean population.

For the determinations of the average annual mileage of vehicles in specific surveys such as the one described in this paper, there is a series of recurring questions that the driver should be asked; and their success in obtaining appropriate and quantitative answers depends to a large extent on the training and experience of the team of inquirers. For the purpose of centering attention on the study of the estimator, we shall suppose that the problems related to obtaining correct answers have been conveniently resolved.

3. PRESENTATION OF THE ESTIMATOR FOR MEAN POPULATION AND ITS FEATURES

As mentioned in the previous point, for certain

types of variables (such as mileage), the vehicle sample in service stations constitutes a sample design with uneven probabilities and repetition.

Take:

N = total number of vehicles among the population,
 n = total number of vehicles in the sample
 P_i = probability that the i th vehicle of the population will go to a service station ($i = 1, 2, \dots, N$)
 Y_i = value of the characteristic under study in the i th vehicle ($i=1, 2, \dots, N$)

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i = \text{mean of the characteristic for the population (of vehicles)}$$

The following estimator is proposed:

$$\hat{Y} = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i / P_i)}{\sum_{i=1}^N (1 / P_i)} \quad (3)$$

This estimator has the following features:

- a) Unlike the estimator of Hurwitz-Thompson, estimator (3) only requires knowledge about the probabilities in the sample.

Furthermore, take:

T = unit of time that if a vehicle were not to go to a service station at least once during that period it could be assumed that it does not go to a service station (*i. e.*, $P_i = 0$.) For example, this unit of time could be one year.

f_i = frequency with which a vehicle goes to a service station within a unit of time T , according to its definition in equations (1) and (2)

Then, the probability P_i can be defined as:

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (4)$$

and substituting in (3), we have:

$$\hat{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i / f_i)}{\sum_{i=1}^n (1 / f_i)} \quad (5)$$

where the proposed estimator only requires knowledge about the f_i corresponding to the units observed in the sample.

- b) The proposed estimator converges in probability toward the parameter \bar{Y} . This property will be demonstrated and analyzed in point 5.

4. DETERMINATION OF FREQUENCIES

As has been seen so far, the estimator of a characteristics dependent on mileage will in turn be dependent on frequency. As a consequence, for each vehicle chosen in the sample, the value of that frequency should be determined. For this purpose there are two methods, and these can be complementary or alternative methods, depending on the characteristics of each particular problem:

- a) Real frequency f_i can be included within the unit of information, asking each individual how many times a week and/or per month he or she visits the gasoline station. If the owner of the vehicle knows the answer, this should still be submitted to procedural check (b) in order to establish a consistency analysis.

- b) The minimum frequency defined in equation (1) can be determined perfectly well if the dependence between fuel consumption and certain features of the vehicle is known; and this can be established through a follow-up vehicle survey, the description and theoretical framework of which go beyond the scope of the present paper. In order to provide an example of how this model operates, we shall assume that fuel consumption depends on one sole variable k called cylinder capacity. In that case, equation (1) becomes:

$$f_{\min} = \frac{L}{E(c/k)q} \quad (6)$$

having replaced the specific consumption of a privately-owned car by a conditional expectation given the explicative variable(s).

The estimator defined in equation (5) becomes:

$$\hat{y} = \frac{\sum Y_i / \phi_i f_{i, \min}}{\sum 1 / \phi_i f_{i, \min}} \quad (7)$$

In order to go from minimum frequency to real frequency, the two can be linked through a regression model based on the observation of the two variables in the follow-up survey. If this regression is linear, with null interception, it is equivalent to saying that f_i is proportional to $f_{i, \min}$ and that the proportional constant is $E(\phi_i)$. In such a case, the expression for the estimator is as follows:

$$\hat{Y} = \frac{\sum Y_i / f_{i, \min}}{\sum 1 / f_{i, \min}} \quad (8)$$

In the event that the correlation were more complicated than a linear model with null interception, the resulting expression for estimating f_i as a function of $f_{i, \min}$ should be incorporated into the estimator formula, which could introduce some

complications of an algebraic type in the study of the average quadratic error.

5. EXAMPLES OF APPLICATION

The survey as described has been applied in Colombia within the SIET (System of Energy Information on the Transportation Sector) in the determination of the average annual mileage of all light vehicles. In all, 2442 observations were made, of which 2270 were valid.

	Privately-owned Automobiles	Campers and Pick-ups	Motorcycles	Taxis
Sample size	1061	741	248	422
Valid cases	985	691	199	395
Average mileage	12306.86	13621.66	6658.63	47993.76
Confidence interval	12732.49	14436.85	9502.31	*
	11881.24	12806.47	7610.98	

* The service station samples were taken in 10 cities and only in the case of taxis did the mileage turn out to be a function of city size. In this case, no confidence interval was calculated for the average, but rather for the regression curve.

In the figure presented herewith, the results are shown for the four categories of vehicles surveyed. For the sake of illustration, it should be indicated that in the case of privately-owned automobiles, the sample measure ranged around 16,000 km/year, i.e., nearly 30% more than the mean population inferred by the estimator presenting this paper. This over-estimation bias would have transferred directly to the calculation of fuel consumption.

In the case of Peru, the direct mean of a sample of more than 1000 automobiles in gasoline stations in Lima is also on the order of 16,000 but no results are yet available for the application of the new estimator.

In the case of Colombia, the hypothesis of

proportionality between real frequency and minimum frequency has been verified. The latter was calculated on the basis of the conditional expectations for specific consumption, which were in turn estimated by means of a special survey.

6. FEATURES OF THE ESTIMATOR $\frac{\sum Y_i/P_i}{\sum 1/P_i}$

IN SAMPLING WITH UNEVEN PROBABILITIES AND REPETITION P_i

Take $Z_n = \sum Y_i/P_i$ and $X_n = \sum 1/P_i$, which for the sake of simplicity will hereinafter be referred to as Z and X , respectively.

We know that:

$$E\left|\frac{Z}{X}\right| = \frac{E[Z]}{E[X]} - \frac{1}{E^2[X]} \text{COV}[X, Z] + \frac{E[Z]}{E^2[X]} V[X] + \epsilon_2(n^2) \quad (9)$$

$$V\left|\frac{Z}{X}\right| = \left|\frac{E[Z]}{E[X]}\right|^2 \left\{ \frac{V[Z]}{E^2[Z]} + \frac{V[X]}{E^2[X]} - 2 \frac{\text{COV}[X, Z]}{E[X]E[Z]} \right\} + \epsilon_2(n^2) \quad (10)$$

where $\epsilon_2(n)$ is infinitesimal on an order greater than, or equal to, 2.

Equations (9) and (10) express the expectation and variance of the estimator for ratio, defined by equation (8), in all of the possible samples of size n as a function of expectations and variances in the numerator and denominator. For this purpose, Taylor's series ratio was developed around expected values and the terms larger than 2 were discounted.

Now an auxiliary variable e_i can be defined, where:

$e_i =$ number of times in which the i th unit appears in a sample of size n , with $i = 1, \dots, N$

Obviously, it can be verified that $\sum_{i=1}^N e_i = n$.

If a sample size n is taken in a finite population of size N , (for example, the group of vehicles in a country), the variable can previously be multiplied by each term in the numerator and denominator of the estimator given by the equation, with which the respective sums can be extended to the entire population; and this permits a simple analysis of the behavior of the estimator in all possible samples.

Furthermore, taking into consideration that the sampling is with repetition and that P_i is the probability of observing the i th unit of the population, we have that the joint distribution of e_1, \dots, e_N is a binomial distribution whose quantum function is:

$$f(e_1, \dots, e_N) = \frac{n!}{i! 2! \dots N!} \prod P_i^{e_i}$$

with: $\sum e_i = n$

Then, according to the foregoing discussion, we have:

$$E[e_i] = nP_i, V[e_i] = nP_i(1-P_i), COV[e_i, e_j] = nP_i P_j \quad (11)$$

Also, for all the sample the estimator components are:

$$Z = \sum \frac{N Y_i}{P_i} e_i, X = \sum \frac{1}{P_i} e_i \quad (12)$$

Therefore:

$$E[Z] = E \left[\sum \frac{N Y_i}{P_i} e_i \right] = \sum \frac{N Y_i}{P_i} E[e_i] = n \sum Y_i = nN\bar{Y} \quad (13)$$

$$E[X] = E \left[\sum \frac{1}{P_i} e_i \right] = \sum \frac{1}{P_i} E[e_i] = nN \quad (14)$$

$$V[Z] = V \left[\sum \frac{N Y_i}{P_i} e_i \right] = \sum \frac{N^2 Y_i^2}{P_i^2} V[e_i] + \sum_{i \neq j} \frac{N N Y_i Y_j}{P_i P_j} COV[e_i, e_j] =$$

$$= \sum \frac{N n (1-P_i)}{P_i} Y_i^2 - n \sum_{i \neq j} \sum Y_i Y_j = n \sum Y_i^2 \frac{(1-P_i)}{P_i} -$$

$$- n \left(\sum Y_i \right)^2 + n \sum Y_i^2 = n \left[\sum \frac{Y_i^2}{P_i} - \left(\sum Y_i \right)^2 \right] \quad (15)$$

Similarly, taking $Y_i = 1, 2, \dots, N$ we have that:

$$V[X] = n \sum \left[\frac{1}{P_i} - N^2 \right] \quad (16)$$

With respect to the covariance between Z and X which appears in equations in (9) and (10), its mathematical expression is a little complicated. Nevertheless, in order to study the estimator, it is sufficient to recall that the covariance between the two variables is always found by the expression:

$$-\sqrt{V[Z] V[X]} \leq COV[Z, X] \leq \sqrt{V[Z] V[X]} \quad (17)$$

If we now go back to equation (9) and substitute in it the values for $E(Z)$, $E(X)$, $V(X)$ given by equations (13), (14), (15) and (16), and if we take into account inequality (17), it turns out that the estimator can ultimately be expressed through two inequalities:

$$\bar{Y} \left[1 + \frac{1}{n N^2} (F_1 - F_2) + \epsilon_1(n^2) \right] \leq E \left[\frac{Z}{X} \right] \leq \bar{Y} \left[1 + \frac{1}{n N^2} (F_1 + F_2) \right] + \epsilon_1(n^2) \quad (18)$$

where:

$$F_1 = \frac{N}{\sum (1/P_i) - N^2}$$

$$F_2 = \frac{1}{\bar{Y}} \left\{ \frac{N}{\sum (Y_i^2/P_i) - (\sum Y_i)^2} \left[\frac{N}{\sum (1/P_i) - N^2} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Inequality (18) expresses the fact that the expected value of the estimator in all of the possible samples converges toward the population mean, through two factors that compensate for each other when the sample size increases. In other words:

$$\frac{\sum_{i=1}^n Y_i/P_i}{\sum_{i=1}^n 1/P_i} \text{ is asymptotically unbiased.}$$

In order to calculate the variance of this estimator, it is sufficient to substitute equations (13), (14), (15), (16), and (17) in equation (10). After performing the operations, we have:

$$V\left[\frac{Z}{X}\right] \cong \frac{\bar{Y}}{n} \left\{ \left[\frac{N}{\sum (Y_i^2/N^2 P_i) - 1} \right]^{\frac{1}{2}} + \left[\frac{N}{\sum (1/N^2 P_i) - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^2 + \varepsilon_2 (n^2) \quad (19)$$

Equations (19) shows that if $n \rightarrow \infty$, the variance of the estimator tends toward zero.

Note that the service station samples involves repetition and, theoretically, the sample size can be larger than the population.

The properties demonstrated prove that the estimator converges in probability toward the population parameter and that it is unbiased asymptotically. It should be noted that the greater the proportionality between Y_i and P_i , the more rapid the convergence.

In fact, if $Y_i = kP_i$, we have:

$$\frac{N}{\sum (Y_i/P_i) - (\sum Y_i)^2} = k^2 \frac{N}{\sum P_i - (\sum P_i)^2} \quad (20)$$

But since for the entire population, it is $\sum_{i=1}^N P_i = 0$, we have:

$$F_1 - F_2 = F_1 + F_2 = F_1$$

In this case, inequality (18) becomes:

$$E\left[\frac{Z}{X}\right] = \bar{Y} \left[1 + \frac{1}{nN^2} (\sum 1/P_i - N^2) \right] + \varepsilon_1 (n^2) \quad (21)$$

and

$$V\left[\frac{Z}{X}\right] \cong \frac{k}{nN^4} (\sum 1/P_i - N^2) \quad (22)$$