

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

**EVALUACION DEL POTENCIAL
HIDROELECTRICO NACIONAL**
VOLUMEN III
DIEZ PROYECTOS
SELECCIONADOS

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

VOLUMEN III - PROFUNDIZACION DE LA EVALUACION DE
DIEZ PROYECTOS

INDICE

1.	INTRODUCCION	1.1
2.	CRITERIOS DE SELECCION DE LOS DIEZ PROYECTOS	2.1
3.	METODOLOGIA MEJORADA	3.1
3.1	Cartografía	3.1
3.2	Geología	3.1
3.3	Hidrología	3.1
3.4	Diseño	3.2
4.	LOS PROYECTOS	4.1
4.1	Proyecto ENE 40 - Pongo de Paquizapango - Río Ene	4.2
4.1.2	Información Básica	4.2
4.1.2.1	Cartografía	4.2
4.1.2.2	Geología	4.2
4.1.2.3	Hidrología	4.4
4.1.2.3.1	Avenidas	4.6
4.1.2.3.2	Sedimentos	4.6
4.1.2.3.3	Evaporación	4.6
4.1.3	Transvases	4.7
4.1.4	Resultados de Computadora	4.7
4.2	Proyecto INA 200 - Río Inambari	4.12
4.2.1	Ubicación	4.12
4.2.2	Información Básica	4.12

4.2.2.1	Cartografía	4.12
4.2.2.2	Geología	4.12
4.2.2.3	Hidrología	4.13
4.2.2.3.1	Avenidas	4.16
4.2.2.3.2	Sedimentos	4.16
4.2.2.3.3	Evaporación	4.16
4.2.3	Resultados de Computadora	4.16
4.3	Proyecto MAN 250 - Río Mantaro	4.22
4.3.1	Ubicación	4.22
4.3.2	Información Básica	4.22
4.3.2.1	Cartografía	4.22
4.3.2.2	Geología	4.22
4.3.2.3	Hidrología	4.23
4.3.2.3.1	Avenidas	4.25
4.3.2.3.2	Sedimentos	4.25
4.3.2.3.3	Evaporación	4.26
4.3.3	Transvases	4.26
4.3.4	Resultados de Computadora	4.26
4.4	Proyecto MAN 270 - Río Mantaro	4.32
4.4.1	Ubicación	4.32
4.4.2	Información Básica	4.32
4.4.2.1	Cartografía	4.32
4.4.2.2	Geología	4.32
4.4.2.3	Hidrología	4.33
4.4.2.3.1	Avenidas	4.34
4.4.2.3.2	Sedimentos	4.34
4.4.2.3.3	Evaporación	4.34
4.4.3	Transvases	4.34
4.4.4	Resultados de Computadora	4.34
4.5	Proyecto MARA 440 - Río Marañón	4.39
4.5.1	Ubicación	4.39
4.5.2	Información Básica	4.39

4.5.2.1	Cartografía	4.39
4.5.2.2	Geología	4.39
4.5.2.3	Hidrología	4.41
4.5.2.3.1	Avenidas	4.41
4.5.2.3.2	Sedimentos	4.41
4.5.2.3.3	Evaporación	4.43
4.5.3	Transvases	4.43
4.5.4	Resultados de Computadora	4.43
4.6	Proyecto URUB 320 - Pongo de Mainique - Río Urubamba	4.48
4.6.1	Ubicación	4.48
4.6.2	Información Básica	4.48
4.6.2.1	Cartografía	4.48
4.6.2.2	Geología	4.48
4.6.2.3	Hidrología	4.50
4.6.2.3.1	Avenidas	4.50
4.6.2.3.2	Sedimentos	4.52
4.6.2.3.3	Evaporación	4.52
4.6.3	Resultado de Computadora	4.52
4.7	Proyecto HUAL 90 - Río Huallaga	4.58
4.7.1	Ubicación	4.58
4.7.2	Información Básica	4.58
4.7.2.1	Cartografía	4.58
4.7.2.2	Geología	4.58
4.7.2.3	Hidrología	4.60
4.7.2.3.1	Avenidas	4.60
4.7.2.3.2	Sedimentos	4.60
4.7.2.3.3	Evaporación	4.61
4.7.3	Resultados de Computadora	4.61
4.8	Proyecto MO 10 - Río Molloco - Cuenca Río Majes	4.67
4.8.1	Ubicación	4.67
4.8.2	Información Básica	4.67
4.8.2.1	Cartografía	4.67
4.8.2.2	Geología	4.67

4.8.2.3	Hidrología	4.69
4.8.2.3.1	Avenidas	4.69
4.8.2.3.2	Sedimentos	4.69
4.8.2.3.3	Evaporación	4.70
4.8.3	Resultados de Computadora	4.70
4.9	Proyecto HUA 20 - Río Huaura	4.76
4.9.1	Ubicación	4.76
4.9.2	Información Básica	4.76
4.9.2.1	Cartografía	4.76
4.9.2.2	Geología	4.76
4.9.2.3	Hidrología	4.78
4.9.2.3.1	Avenidas	4.78
4.9.2.3.2	Sedimentos	4.78
4.9.2.3.3	Evaporación	4.79
4.9.3	Resultados de Computadora	4.79
4.10	Proyecto SAMA 10 - Río Sama con Transvase de Aguas del Lago Titicaca	4.84
4.10.1	Ubicación	4.84
4.10.2	Información Básica	4.84
4.10.2.1	Cartografía	4.84
4.10.2.2	Geología	4.84
4.10.2.3	Hidrología	4.88
4.10.2.3.1	Avenidas	4.88
4.10.2.3.2	Sedimentos	4.88
4.10.2.3.3	Evaporación	4.88
4.10.3	Transvases	4.90
4.10.4	Resultados de Computadora	4.91

VOLUMEN III
INDICE DE TABLAS

N°		Pag. N°
1.1	Caudales de Transvase	1.1
4.1	Salida de Detalle de la Alternativa Seleccionada ENE 40.	4.10
4.2	Salida de Detalle de la Alternativa Seleccionada INA 200.	4.20
4.3	Salida de Detalle de la Alternativa Seleccionada MAN 250.	4.29
4.4	Salida de Detalle de la Alternativa Seleccionada MAN 270.	4.37
4.5	Salida de Detalle de la Alternativa Seleccionada MARA 440.	4.46
4.6	Salida de Detalle de la Alternativa Seleccionada URUB 320.	4.55
4.7	Salida de Detalle de la Alternativa Seleccionada HUAL 90.	4.64
4.8	Salida de Detalle de la Alternativa Seleccionada MO 10.	4.73
4.9	Salida de Detalle de la Alternativa Seleccionada HUA 20	4.82
4.10	Salidas de Detalle de la Alternativa Seleccionada SAMA 10 y Locumba.	4.94
5.1	Cuadro Comparativo de los 10 Proyectos Prioritarios antes y después del Estudio de Detalle.	5.2
5.2	Influencia de los Transvases hacia la Costa del Pacífico con relación a la Economía de los Proyectos afectados.	5.3

VOLUMEN III
INDICE DE FIGURAS

<u>N°</u>		<u>Pag. N°</u>
2-1	Ubicación de los 10 Proyectos Seleccionados	2.2
4-1	Ubicación del Proyecto Ene 40 y de las Estaciones Hidrométricas Existentes.	4.5
4-2	Curva de Almacenamiento y Entrega Firme	4.8
4-3	Curvas de Entrega de Reservoirio	4.9
4-4	Ubicación del Proyecto INA 200 y de las Estaciones Pluviométricas Existentes.	4.14
4-5	Curva de Almacenamiento y Entrega Firme	4.18
4-6	Curvas de Entrega de Reservoirio	4.19
4-7	Ubicación de los Proyectos Mantaro 250 y 270, y de las Estaciones Hidrométricas Existentes.	4.24
4-8	Curva de Almacenamiento y Entrega Firme	4.27
4-9	Curvas de Entrega de Reservoirio	4.28
4-10	Curva de Almacenamiento y Entrega Firme	4.35
4-11	Curvas de Entrega de Reservoirio	4.36
4-12	Ubicación del Proyecto Marañón 440 y de las Estaciones Hidrométricas Existentes.	4.42
4-13	Curva de Almacenamiento y Entrega Firme	4.44
4-14	Curvas de Entrega de Reservoirio	4.45
4-15	Ubicación del Proyecto URUB 320 y de las Estaciones Pluviométricas Existentes.	4.51
4-16	Curva de Almacenamiento y Entrega Firme	4.53
4-17	Curvas de Entrega de Reservoirio	4.54
4-18	Curva de Almacenamiento y Entrega Firme	4.62
4-19	Curvas de Entrega de Reservoirio	4.63
4-20	Curva de Almacenamiento y Entrega Firme	4.71
4-21	Curvas de Entrega de Reservoirio	4.72
4-22	Curva de Almacenamiento y Entrega Firme	4.80
4-23	Curvas de Entrega de Reservoirio	4.81
4-24	Ubicación del Proyecto SAMA 10 y de las Estaciones Hidrométricas Existentes.	4.89
4-25	Curva de Almacenamiento y Entrega Firme	4.92
4-26	Curvas de Entrega de Reservoirio	4.93

I INTRODUCCION

En el presente Volumen del Informe del "Proyecto de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional" se describen 10 Proyectos que se han considerado importantes para el cubrimiento de la demanda futura de energía eléctrica del Perú. Estos Proyectos no disponen todavía de ningún estudio profundizado previo.

El estudio efectuado para estos Proyectos sigue siendo preliminar, con la diferencia que se ha profundizado el análisis de la información topográfica, geológica e hidrológica.

Por las condiciones meteorológicas adversas, solo se ha podido investigar en campo el Proyecto INA 200, en el río Inambari. Para los nueve Proyectos restantes, las mejoras consistieron en analizar nuevamente con mayor detalle los trabajos en gabinete.

Una de las metas principales de este esfuerzo ha sido controlar la bondad del método aplicado a la totalidad de los Proyectos hidroeléctricos ya estudiados.

Otro objetivo, también importante, ha sido el de ampliar el conocimiento sobre estos Proyectos, que por sus características, tienen ciertas probabilidades de ser ejecutados en los siguientes 25 a 30 años.

Los Proyectos MAN 250, MAN 270, ENE 40 y MARA 440 debido a los posibles transvases hacia la vertiente del Pacífico, se han analizado con y sin transvase para poder cuantificar en cada proyecto los efectos técnicos económicos respectivos.

En la Tabla N° 1, se pueden observar los caudales de transvase.

<u>Proyecto</u>	<u>Río</u>	<u>Caudal Transvase</u>	<u>Estudio</u>
MAN 250	Mantaro	32.0 m ³ /s	Transvase Mantaro
MAN 270	Mantaro	32.0 m ³ /s	Transvase Mantaro
ENE 40	Ene	70.5 m ³ /s	Transvase Mantaro; Pampas y Majes.
MARA 440	Marañón	31.8 m ³ /s	Transvase Crisnejas

De ese modo se ha podido obtener los factores económicos de comparación que nos permiten tener una idea acerca de la conveniencia o no de efectuar un transvase de una vertiente a otra, para la obtención de beneficios secundarios en un caso, o para lograr una mayor generación de energía eléctrica en el otro.

La metodología empleada a fin de obtener una mayor aproximación de la información básica para la definición de un proyecto hidroeléctrico, se detalla en el acápite 3.

2 CRITERIOS DE SELECCION DE LOS DIEZ PROYECTOS

Decidir sobre la prioridad de puesta en operación de un proyecto hidroeléctrico en el caso del sistema peruano, es un problema sumamente complejo, y se resuelve en la actualidad mediante modelos de optimizaciones que requieren la utilización de la computación electrónica.

Para el presente caso, la decisión sobre los 10 Proyectos se ha tomado en base a criterios simplificados, puesto que la optimización se efectuará dentro de la fase siguiente de este estudio.

Estos criterios se han aplicado solamente a proyectos desconocidos o muy poco investigados hasta el momento y han sido de tipo técnico-económico y con el conocimiento de la demanda por energía eléctrica del sistema según última información, al final del período de análisis de 25 años.

Los criterios mencionados han sido los siguientes :

- El factor económico de comparación (FEC), correspondiente al costo específico de generación hidroeléctrica (\$/MWh), como factor de bondad absoluta de los Proyectos.
- Distintos rangos de potencia instalada promedio, Dentro de estos rangos de potencia, con el FEC se han seleccionado los correspondientes Proyectos Hidroeléctricos.
- La distancia a los principales centros de carga.
- Elegir proyectos promisorios, que con su implementación propenderán el desarrollo de zonas significativas en el país.

A continuación se presentan las razones fundamentales que justifican la selección de estos diez Proyectos :

ENE 40 .- Es el Proyecto más promisorio según el FEC de 7.62 \$/MWh *, y su cercanía al centro de consumo principal del país (La región central y Lima) con una potencia instalada promedio de 2,331 MW y energía promedio de 19,556.0 GWh/año, siendo importante reconocer que resulta una instalación muy considerable con respecto a la demanda a presentarse en el corto plazo, sin embargo, es posible desarrollar el mismo, mediante la implementación por etapas, a partir del año 1995, aproximadamente. Este proyecto ha sido definido previamente y analizado en forma muy preliminar por el INIE.

INA 200 .- Es uno de los proyectos más atractivos, en el Rfo Inambari, que podría satisfacer la demanda de energía eléctrica del Sur del País, y permitir el desarrollo económico de la región utilizando una energía muy barata. La potencia instalada promedio (Pi) es de 1,355 MW, y la energía de más de 10,000 GWh/año, el FEC es de 8.9 \$/MWh. Adicionalmente, este proyecto dispone de levantamiento topográfico de 1:25,000 y vía de acceso encontrándose en inmediata cercanía del puente de la carretera Cuzco - Puerto Maldonado.

* Este FEC corresponde al caso sin transvase, y sin considerar, asimismo, el costo de la línea de transmisión.

Este proyecto no ha sido anteriormente mencionado o analizado.

MAN 250.- Con $P_i^* = 482.3$; $E_t^{**} = 2914$ GWh y $FEC = 16$ \$/MWh, se ha elegido por su tamaño, y corresponde aproximadamente a la demanda del sistema, vendría a completar la cadena de aprovechamiento hidráulico del Río Mantaro, contando con una infraestructura de caminos y organización de obras que existen para los proyectos centrales hidroeléctricas Antúnez de Mayolo y Restitución.

MAN 270.- Con $P_i = 315$ MW; $E_t = 1917$ GWh y $FEC = 17.2$ \$/MWh. Las mismas razones que justificaron el Proyecto MAN 250 se utilizaron para la selección de éste.

MARA 440.- Con $P_i = 678.3$ MW; $E_t = 4839.9$ GWh/año y $FEC = 11.883$ \$/MWh resulta ser un Proyecto muy atractivo en el Norte del País. Este Proyecto aparece como alternativa a los proyectos Rentema, que ya se analizó a nivel prefactibilidad por INIE y el Pongo de Manseriche.

URUB 320.- Con $P_i = 941.6$ MW; $E_t = 7245.9$ GWh/año y $FEC = 10.0$, este Proyecto, se muestra sumamente económico e interesante, tanto para el desarrollo del Sur del País, como para abastecer la zona central. Este Proyecto no cuenta con estudio alguno anteriormente desarrollado.

HUAL 90.- Con $P_i = 803.7$ MW; $E_t = 5672.7$ GWh/año y $FEC = 13.5$ \$/MWh, es un proyecto interesante en lo que se refiere a su tamaño y cercanía a los centros de carga de la región centro.

MO 10.- Con $P_i = 296.3$ MW; $E_t = 1813.8$ GWh/año y $FEC = 13.7$ \$/MWh, es un proyecto promisorio en la cuenca de Majes, interesante para ser implementado a corto o mediano plazo. Por su caída excesivamente grande (2200 m) va a ser necesario investigar dos saltos debido a las limitaciones tecnológicas actuales.

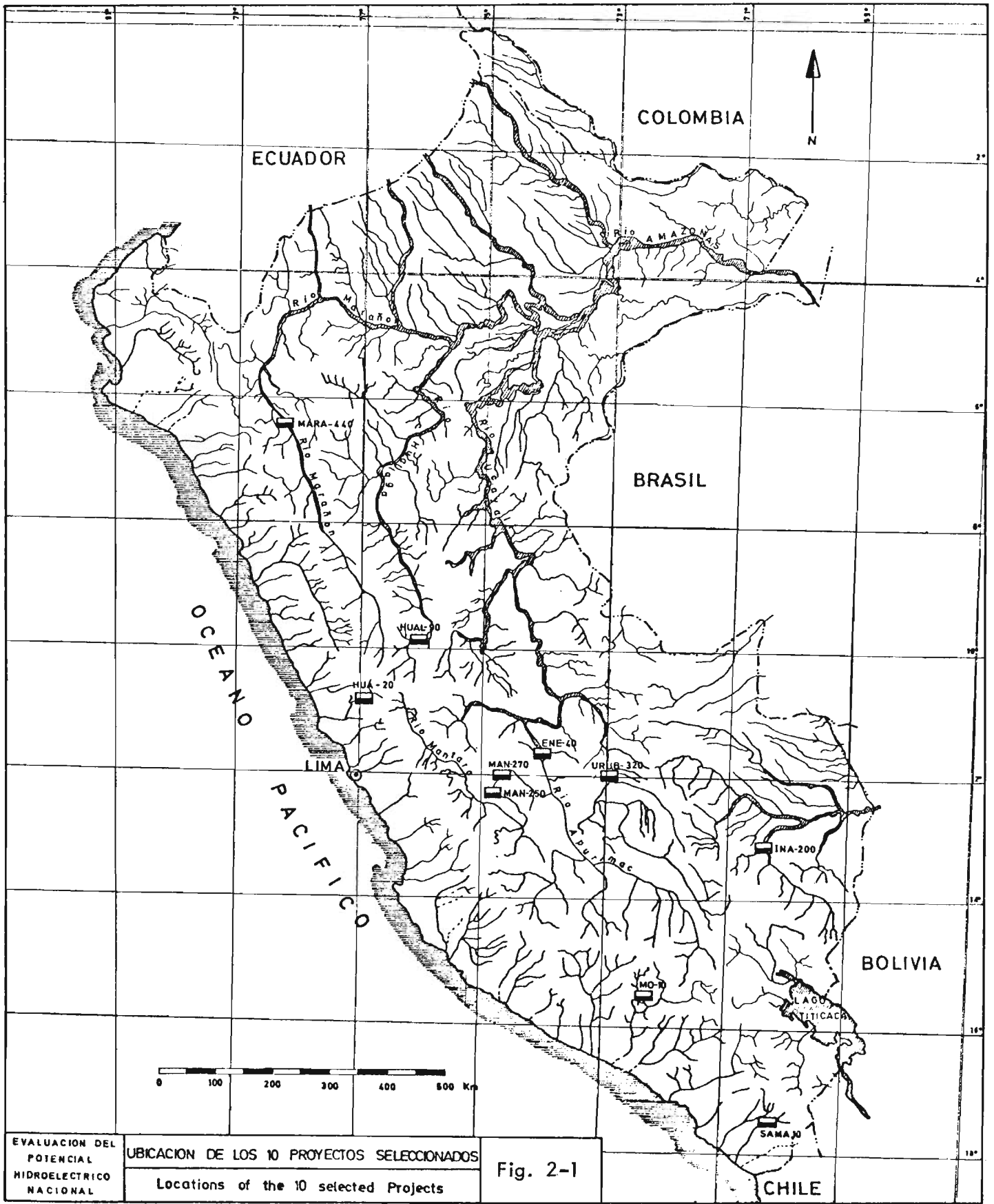
HUA 20.- Con $P_i = 185.3$ MW; $E_t = 1232.5$ GWh/año y $FEC = 25.35$ \$/MWh, resulta ser un proyecto sumamente interesante en la cercanía de Lima para el desarrollo a mediano plazo.

SAMA 10.- Con $P_i = 348.3$; $E_t = 2735.8$ GWh/año y $FEC = 13.66$ \$/MWh, este Proyecto ha sido seleccionado por la Dirección de Desarrollo Eléctrico del Ministerio de Energía y Minas, a fin de aclarar algunas dudas con respecto a este complejo proyecto, vinculado a otros que permiten el transvase del agua desde el Lago Titicaca hacia el río Sama. El valor bajo del FEC, se debe a que no se han considerado los costos de transvase del agua, sino solamente los correspondientes a la generación de energía.

En la Fig. 2 - 1 se puede apreciar la ubicación geográfica de estos diez proyectos seleccionados.

* P_i .- Potencia instalada correspondiente al caudal promedio multianual.

** E_t .- Energía total anual promedio GWh/año.



EVALUACION DEL
POTENCIAL
HIDROELECTRICO
NACIONAL

UBICACION DE LOS 10 PROYECTOS SELECCIONADOS
Locations of the 10 selected Projects

Fig. 2-1

3 METODOLOGIA MEJORADA

3.1 CARTOGRAFIA

Se procedió a efectuar los diseños, basándose en información cartográfica a una escala tal que haga posible una mayor aproximación de su planteamiento original.

Para tal efecto, se convino en usar escala 1:25,000 puesto que existe cartografía confeccionada en dicha escala y a su vez permite que no se profundice en mucho detalle, dado el nivel de evaluación en que se trabaja.

De los diez proyectos seleccionados, solamente dos no cuentan con ningún tipo de cartografía, ENE 40, URUB 320, motivo por el cual en estos dos proyectos no se ha podido efectuar mayores variaciones.

Los volúmenes de presa y de embalse no se han variado, puesto que desde un principio se trabajaron en base a cartas 1:25,000.

3.2 GEOLOGIA

Fundamentalmente ha consistido en buscar mayor información geológica en los aspectos de estratigrafía, geotécnica, y sismicidad de las diversas zonas comprometidas en cada uno de estos proyectos.

En base a esta documentación, se ha realizado una descripción integral de cada proyecto en lo referente a estratigrafía, geomorfología y sismicidad. Igualmente se han descrito con mayor detalle las características geotécnicas de los elementos de proyectos que dependen en menor o mayor grado de las condiciones geológicas.

Una excepción es el Proyecto INA 200 que fue inspeccionado in situ, con lo que se consiguió un mayor conocimiento de la geología de la zona.

3.3 HIDROLOGIA

Los estudios hidrológicos efectuados para estimar el potencial hidroeléctrico teórico y técnico están, en general, basados en los caudales mensuales y en datos de precipitación disponibles a mediados de 1977, e incorporados en el Banco de Datos Hidrológico. Uno de los objetivos básicos que sustentan el enfoque adoptado fue que todos los proyectos deberían ser evaluados sobre una base uniforme.

Al dar consideración más detallada a los 10 Proyectos seleccionados, se hicieron intentos para obtener la información disponible más actualizada de las estaciones de aforo, relacionadas a las condiciones de los emplazamientos de Proyectos. Sin embargo, los retrasos en el procesamiento y disseminación de los registros más recientes impidieron su utilización en esta etapa. Por consiguiente, la atención fue restringida a una revisión de los parámetros hidrológicos previamente estimados en cada emplazamiento de proyecto y a las consideraciones de los requerimientos de datos para un análisis más detallado. Donde fue posible visitar los emplazamientos potenciales, se hicieron ajustes subjetivos a los valores de los parámetros estimados. Se estimó también la probable carga

3.2

de sedimentos y las pérdidas de evaporación en cada sitio de presa basado en el análisis previamente efectuado en el estudio.

3.4 DISEÑO

Los parámetros principales que han sido variados en los Proyectos, corresponden a longitudes de túneles, tuberías forzadas, pozos blindados. Asimismo se dibujaron en las cartas 1:25,000 la vista en planta de la presa, y en ella se procedió a trazar el túnel de desvío y vertedero, seleccionando la margen del río más apropiada; también en caso de centrales con casa de Máquinas a pie de presa, se escogió el lugar más aparente para su ubicación.

Las nuevas longitudes del túnel de desvío y vertedero, entre otros, entraron como datos al Programa EVAL, con lo que se obtuvo una mejor aproximación en los montos de inversión y los correspondientes índices económicos de comparación.

LOS PROYECTOS

Luego de efectuado el estudio de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional y conformado el catálogo de Proyectos correspondiente, los que presentan mayores posibilidades de implementación para satisfacer los futuros requerimientos Eléctricos de los diversos Sistemas del País, teniéndose en cuenta el nivel del estudio alcanzado en esta etapa, son los siguientes :

- ENE 40 - Pongo de Paquizapango - Río Ene.
- INA 200 - Río Inambari.
- MAN 250 - Río Mantaro.
- MAN 270 - Río Mantaro.
- MARA 440 - Río Marañón.
- URUB 320 - Pongo de Mainique - Río Urubamba.
- HUAL 90 - Río Huallaga.
- MO 10 - Río Molloco.
- HUA 20 - Río Huaura.
- SAMA 10 - Río Sama.

Es necesario indicar que una vez efectuada la fase de Optimización de la Expansión de los Sistemas Eléctricos, se contará con información más consistente con lo cual se podrá determinar, en definitiva, los Proyectos que deberán ser implementados en los diversos sistemas a desarrollarse.

A continuación se presenta un breve resumen sobre los mayores detalles analizados en cada uno de estos 10 Proyectos seleccionados.

4.1 PROYECTO ENE 40 - PONGO DE PAQUITZAPANGO - RIO ENE

4.1.1 Ubicación

El Proyecto ENE 40 está ubicado en la cuenca del Río Ene (Vertiente del Atlántico) en el Pongo de Paquizapango, en la región Oriental del departamento de Junín.

El acceso al Proyecto se ve dificultado por la carencia de vías de comunicación, encontrándose el final de la carretera más próxima a 80 Km del sitio de obras previsto, en la localidad de Mazamari, a la cual se llega desde Lima a través de la carretera de penetración central, vía la Oroya, San Ramón, Satipo.

4.1.2 Información Básica

4.1.2.1 Cartografía

En la zona del Proyecto no existe ningún tipo de cartas aerofotogramétricas ni topográficas, aunque se cuenta con fotografías aéreas de todo el Río Ene. Además también existen datos de cotas sobre el nivel del mar, de varios puntos de este río, obtenidas por medio de una Aeroperfilometría realizado por la Cfa. Hunting Survey para todo el Sur y Centro del Oriente del País.

Para estimar los principales parámetros topográficos que permitan analizar el Proyecto ENE 40, se han confeccionado curvas a nivel aproximadas, en base a imágenes radar Slar y datos de cotas disponibles en la zona, según metodología explicada en el Vol. 2, Sección 5.2.2.2.

4.1.2.2 Geología

4.1.2.2.1 Generalidades

El proyecto ENE 40 alternativa 2, se halla ubicado en la Cordillera Subandina; el valle del Río Ene Inferior es encañonado; corta rocas paleozoicas: Grupo Copacabana - Tarma (CP), Rocas Mesozoicas: Grupo SarayagUILlo (Jms - c), Grupo Oriente (ki) Formación Chonta (Kms), Grupo Areniscas de Azucar (Ks - c) y Grupo Contamana (TS - ci); estas rocas forman las estructuras plegadas de la Cordillera Subandina y más exactamente el anticlinal Paquizapango. Las características ingeniero geológicas son apropiadas para centrales de mediana a gran caída con flancos rocosos estables, pero se debe tener en cuenta condiciones sismo-tectónicas desfavorables.

4.1.2.2.2 Estudios Anteriores

Se ha tenido en cuenta información básica existente en la carta geológica a escala 1:1'000,000, las series geológicas PetroPerú, block C-NE, el estudio "Evaluación de los Recursos Hidroeléctricos de los Ríos Huallaga y Alto Ucayali" realizado por Tech nopromexport de la URSS.

4.1.2.2.3 Geomorfología

La Cordillera Subandina, en esta región, se halla limitada por la Cordillera Oriental al Sur y la Cordillera del Shira al Norte y forma una angosta faja con altura promedio de cumbres de 3,000 m.s.n.m. limitado por fallas paralelas al rumbo general del río y que lo controlan estructuralmente.

El valle abierto antes de entrar al pongo forma playas y meandros con baja pendiente, el cual divaga ocupando amplias extensiones y mostrando grandes depósitos aluviales, luego al cambiar el curso y entrar al pongo, el valle se encañona y adquiere mayor pendiente, los flancos son abruptos (entre 50° y 70°), el ancho del valle varía entre 40 y 120 m. con terrazas pequeñas de arena fina, bolones y arcilla. Existe cobertura de Vegetación Tropical entre alta y mediana, típica de zonas semicálidas muy húmedas.

4.1.2.2.4 Estratigrafía

Afloran en la región rocas metamórficas y sedimentarias del Paleozoico superior, Mesozoico y Terciario Inferior. Las rocas más antiguas las constituyen el grupo Copacabana - Tarma (CP) que aflora en las cercanías y aguas abajo del eje escogido, está formado por calizas grises a negras, con intercalaciones de margas gruesas y lutitas en menor proporción. Continúa con rocas de la formación Sarayaguillo (Jms - c) conformada por areniscas rojizas con algunas intercalaciones de lutitas y margas. El grupo Oriente (ki) con areniscas blancas de grano grueso con menores proporciones de conglomerados y limolitas. La formación Chonta (Kms) tiene calizas arenosas con intercalaciones de lutitas y lodolitas negras y azules. El Grupo Areniscas de Azúcar (ks - c) cierra la serie perteneciente al cretáceo con areniscas blancas de grano grueso intercaladas con lutitas y limolitas de color rojo. El Terciario tiene rocas del Grupo Contamana de litología variada. La cobertura Cuaternaria es variable y es importante en la parte superior del valle donde existen depósitos aluviales de cauce y de terrazas anegadizas.

4.1.2.2.5 Estructuras

La estructura principal la constituye el anticlinal Paquitzapango cuyo eje tiene orientación N 55° O y es paralelo al rumbo general del Río Ene. El río cambia en un ángulo de casi 90° al entrar al pongo, luego la zona de presa está en el flanco occidental del anticlinal y por lo tanto el río corta perpendicularmente a las estructuras que buzcan contra pendiente. El eje del anticlinal se halla aguas abajo del pongo. Existen fallas paralelas al anticlinal y algunas perpendiculares, las principales se hallan antes y después del pongo y han controlado los cambios de rumbo del río.

4.1.2.2.6 Consideraciones Geotécnicas

4.1.2.2.6.1 Materiales de Construcción

Los materiales existentes permiten construir cualquier tipo de presa, con la salvedad de que no existen rocas para triturar (materiales para presa de concreto) pero existe en la zona de embalse abundante material fluvial. Hay también existencias de regular volumen para material semipermeable o impermeable. Todos los materiales se en

cuentran a una distancia razonable, tanto antes como después del pongo.

4.1.2.2.6.2 Fenómenos Geotécnicos

La presencia de calizas en el Grupo Copacabana y SarayagUILlo permiten señalar la probabilidad de que exista karstificación, así como también deslizamientos debido a Inestabilidad Tectónica y presencia de rocas intensamente fracturadas.

4.1.2.2.6.3 Descripción Geotécnica de los Elementos

De acuerdo a las características geotécnicas anteriormente señaladas se ha descrito y calificado el Proyecto ENE 40 - 2 en el Vol.15, Sección 2.2.

Los factores geológicos evaluados son buenos, aceptables, iguales o menores a 2.0 por lo que el área ubicada para el Proyecto es apropiada para construir centrales.

4.1.2.2.6.4 Sismicidad

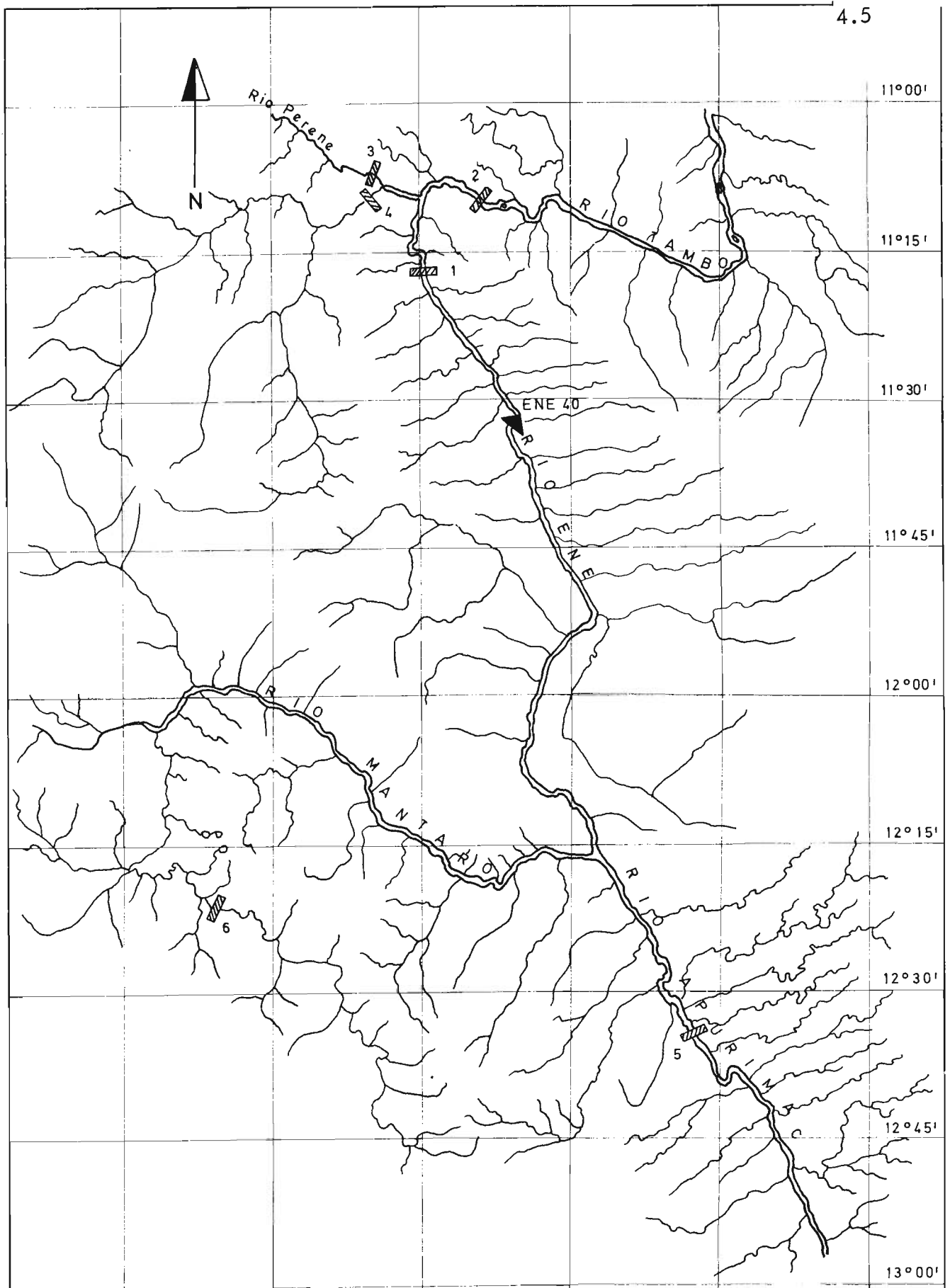
La región está catalogada como zona 3 o mayor, es de alta sismicidad con sismos probables de grado IX (escala de Richter). Los terremotos en esta zona se caracterizan por tener hipocentros con profundidades entre 100 y 150 Km. Los antecedentes históricos son: El terremoto de Satipo del 1ro de Noviembre de 1947 con una magnitud de 7.8 y una intensidad de IX. El terremoto de 31 de Mayo de 1970 con epicentro en la costa frente a Chimbote, originó en Puerto Ocopa intensidades de grado VII, terremotos en la costa en 1973 y 1974 originaron intensidades de grado VI.

4.1.2.3 Hidrología

El Río Ene es realmente un tramo del Río Ucayali y está definido por la confluencia de los ríos Apurímac y Mantaro hasta la unión de los caudales de los ríos Perené y Satipo. Desde este último punto se conoce como Río Tambo. La ubicación del proyecto con relación a las estaciones de aforos más cercanas actualmente instaladas se muestra en la Fig. N° 4-1

La estación conocida como Puerto Ashaminga entró en operación el año 1975 y es operada por el INIE. La instalación fue visitada por hidrólogos del proyecto en Diciembre de 1977, así como también otras estaciones que son operadas desde Puerto Ocopa. La calibración frecuente de los aforos deberán asegurar lecturas de buena precisión. La estación San Francisco en el Río Apurímac tiene registros que se iniciaron el año 1975 y aunque se encuentra a una distancia considerable del emplazamiento del proyecto, podrá proporcionar información valiosa con respecto al régimen de caudal del río Ene. La estación de Pongor en el Río Mantaro tiene unos 11 años de registros pero está situada considerablemente aguas arriba y no es muy adecuada para señalar las condiciones experimentadas en los tramos más bajos. Para el desarrollo de estudios más detallados se debería instalar una nueva estación de aforos cerca al emplazamiento del proyecto propuesto, así se podría garantizar la continuidad de los registros.

Los resultados obtenidos del modelo HYPOT utilizado para estimar las descargas medias (Volumen VII), indican una descarga promedio de 1540 m³/s en el emplaza-



<u>ESTACION</u>	<u>RIO</u>	<u>ESTACION</u>	<u>RIO</u>
1-PUERTO ASHANINGA	ENE	4-PONGOA	SATIPO
2-SANTARO	TAMBO	5-SAN FRANCISCO	APURIMAC
3-PUERTO OCOPA	PERENE	6-PONGOR	MANTARO

EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO NACIONAL	UBICACION DEL PROYECTO ENE 40 Y DE LAS ESTACIONES HIDROMETRICAS EXISTENTES.	Fig. 4.1
	Location of Project Ene 40 and Existing Streamflow Stations.	

miento de la presa con un área de captación correspondiente de 103,870 Km². Debido a los cortos registros, que se disponen actualmente en las nuevas estaciones instaladas por el INIE, este valor estimado debe ser juzgado como muy aproximado y puede esperarse una mejora considerable en la precisión, a medida que se disponga de datos adicionales.

4.1.2.3.1 Avenidas

En base a las curvas envolventes de avenidas deducidas (Región 7, volumen IX) y al área de captación dada se obtuvieron los siguientes valores:

- Túnel de derivación $Q_{10} = 4,977 \text{ m}^3/\text{s}$
- Vertedero $Q_{1000} = 11,365 \text{ m}^3/\text{s}$

Estos valores estimados deberán refinarse a medida que se disponga de mayores datos en la forma de valores diarios.

4.1.2.3.2 Sedimentos

Debido a que no se dispuso de ningún dato de sedimentos en esta región se tuvo que recurrir a las relaciones aproximadas dadas en el Volumen II, Sección 5. Estas indican que una carga de sedimentos de unos 100,000,000 tons/año y asumiendo una gravedad específica de 1.5 tons/m³ y una vida útil de 50 años, se puede obtener una pérdida total de almacenamiento de 3,300 M.M.C. Esto representa un 4% del almacenamiento total del reservorio que se estima en 79,311 M.M.C. Sin embargo, se supone que una cierta proporción de los sedimentos serán retenidos por proyectos existentes y planeados en el Rfo Mantaro.

Debe señalarse que en cuanto a hidrología, durante la visita de campo realizada en Diciembre de 1977 a Puerto Ocopa, la carga de sedimentos transportados por el rfo Ene fue considerablemente menor que la presentada por los ríos Pongor y Perené, y a su vez, por el rfo Tambo. Para mejorar los valores estimados, sin embargo, se podrían iniciar controles de sedimentos en Puerto Ashaminga.

4.1.2.3.3 Evaporación

En base a los análisis efectuados y descritos en el Volumen II, Sección 5, y las curvas regionales presentadas en el Volumen IX, se podrían esperar pérdidas por evaporación de superficies libres del orden de 750 mm/año.

4.1.3 Transvases

Si bien del Rfo Ene directamente no se prevé ningún transvase, indirectamente el Proyecto ENE 40 se ve afectado por el que se efectuaría del Rfo Mantaro hacia la vertiente del Pacífico. Este esquema de transvase se explica en la Sección 4.3.3 del presente volumen, Proyecto MAN 250 - Rfo Mantaro, y ha sido descrito con mayor detalle, en lo que se refiere al criterio asumido respecto a los beneficios secundarios, en el Volumen 12, Sección 14.7, Cuenca del Rfo Rimac, por ser ésta la beneficiada con di

cho proyecto.

Asimismo, del Rfo Pampas, afluente del rfo Apurimac el cual a su vez, al confluir con el Mantaro forma el Rfo Ene, se ha previsto derivar hacia la cuenca de los rios Pisco, Ica, Grande, Acari, un caudal total de 26.7 m³/s en 2 proyectos, a saber: Chalo 10 (17.1 m³/s) y URAB 10 (9.6 m³/s), los cuales han sido descritos en el Vol. 13, Sección 2.7 por ser aquellas las cuencas beneficiadas.

Además el Proyecto de propósito múltiple en actual construcción, Majes-Sihuas, contempla la derivación del rfo Apurimac en la presa de Angostura hacia la cuenca del rfo Colca para incrementar los recursos hídricos de esta última. El caudal previsto en este transvase es de 11.8 m³/s.

Estos tres transvases, disminuyen el caudal del Rfo Ene en 70.5 m³/s, y por tal el Proyecto ENE 40 disminuye su potencia instalada de 2332 MW sin transvase, a 2225 MW con los transvases y su Energía total de 19556 GWH á 18692 GWH, respectivamente, si bien el costo de la Energía no se ve afectado mayormente, pues varía de 7.6 \$/MW sin transvase, a 7.7 \$/MW con transvase.

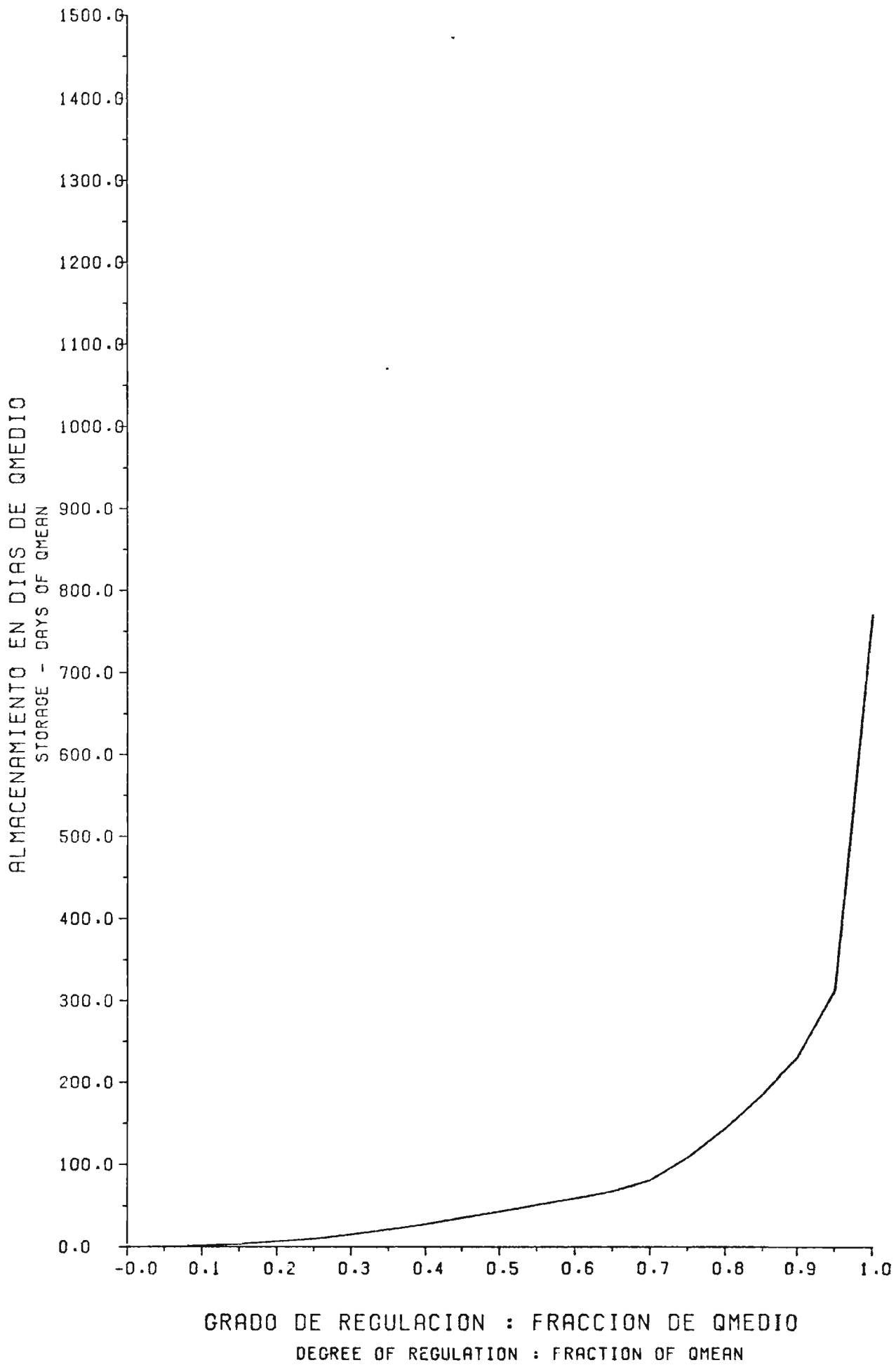
4.1.4 Resultados de Computadora

Los resultados obtenidos son :

- Curva de entrega de reservorio.
- Descripción de alternativas.
- Resumen de EVAL.
- Salida de detalle de la alternativa seleccionada.

Ver Figs. 4.2 y 4.3

Ver Tablas 4.1-1 y 4.1-2



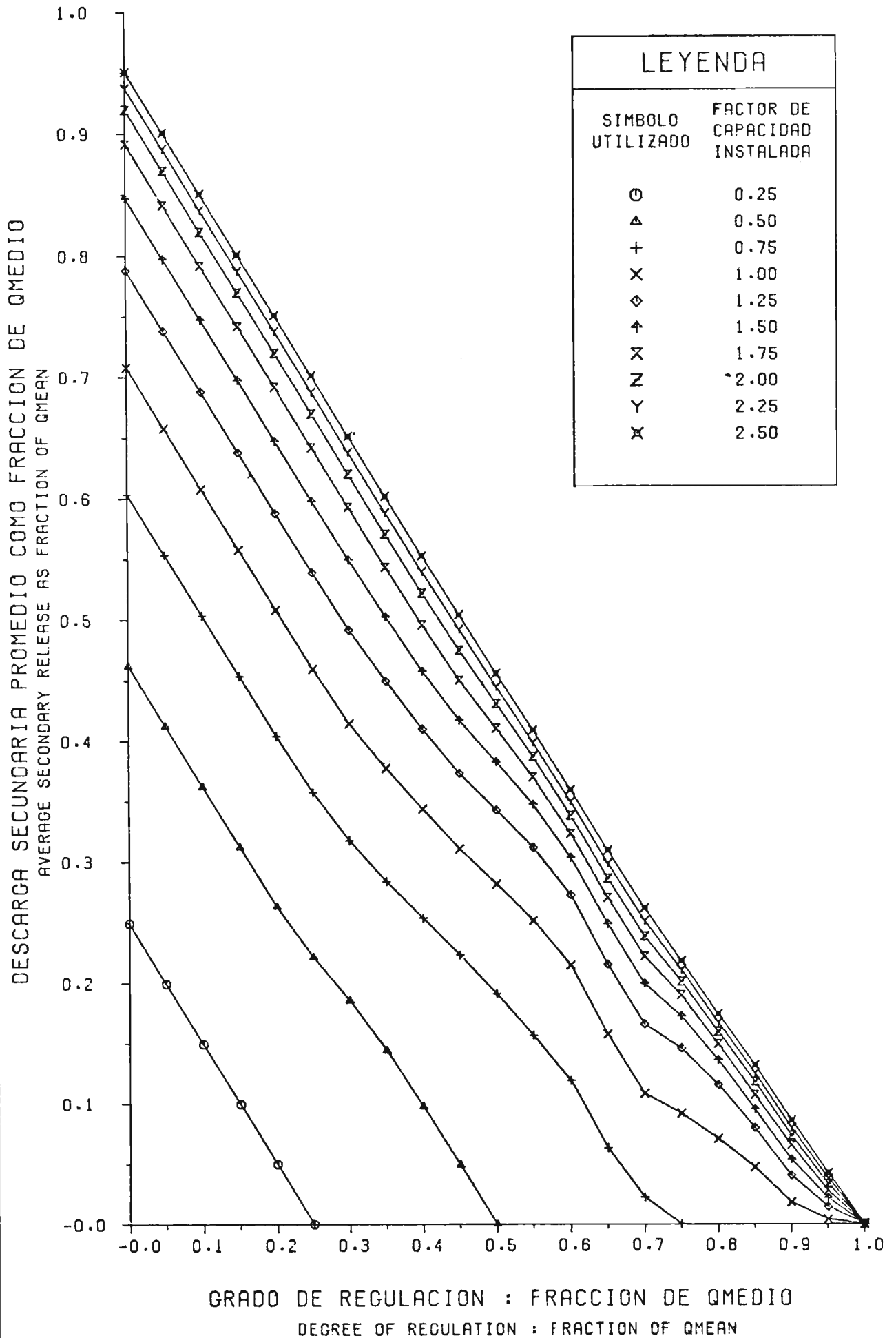
GRADO DE REGULACION : FRACCION DE QMEDIO
 DEGREE OF REGULATION : FRACTION OF QMEAN

EVALUACION DEL
 POTENCIAL
 HIDROELECTRICO
 NACIONAL

CURVA DE ALMACENAMIENTO Y ENTREGA FIRME
 STORAGE/YIELD CURVE

CURVA NO. 230306

Fig.4.2



EVALUACION DEL
POTENCIAL
HIDROELECTRICO
NACIONAL

CURVAS DE ENTREGA DE RESERVOIR
RESERVOIR RELEASE CURVES

CURVA NO. 230306

Fig.4.3

TABLA 4.1-1

DESCRIPCION DE ALTERNATIVAS

ENE 40

DESCRIPCION DEL PROYECTO: ENE40

ALTERNATIVA: 1

PRESA DE GRAVEDAD
 ALTURA: 78.(M), LONG. CORONA: 187.(M), VOL PRESA: 0.24(MMC),
 VOL UTIL EMBALSE: 5216.0(MMC), FACTOR DE MATERIAL=2.0,
 DE GEOLOGIA=1.9

TIERRAS DE EXPROPIACION
 SUPERFICIE INCULTIV. : 256.0(KM**2)

TUNEL DE FUERZA
 QM: 1469.5(MC/S), LONGITUD: 500.(M), CAIDA BRUTA: 78.(M),
 % DE CORRECCION POR LONGITUD SIN VENTANAS: 0.0 %
 FACTOR GEOLOGICO=2.0

TUNEL DE DESVIO
 QM: 4977.7(MC/S), LONGITUD: 550.(M), CAIDA BRUTA: 25.(M),
 % DE CORRECCION POR LONGITUD SIN VENTANAS: 0.0 %
 FACTOR GEOLOGICO=2.1

TUBERIA FORZADA
 QM: 1469.5(MC/S), LONGITUD: 160.(M), CAIDA BRUTA MAX: 78.(M),
 FACTOR GEOLOGICO=2.0

CASA DE MAQUINA AIRE LIBRE
 CAIDA BRUTA: 78.(M), QM: 1469.5(MC/S), ALTURA VOL.UTIL= 26.0
 COTA DE SALIDA= 342.(M), FACTOR GEOLOGICO=0.0

VERTEDERO EN PRESA
 CAUDAL DE CRECIDA Q1000: 11365.(MC/S), LONGITUD: 0.0(M),
 FACTOR GEOLOGICO=2.0

CHIMENEA SUBTERRANEA
 CAIDA BRUTA MAX.: 78.(M), ALTURA VOL UTIL: 26.(M),
 QM CORRESP.:1469.5(MC/S), LONGITUD DEL TUNEL CORRESP.: 500.(M)

BOCATOMA
 QM CORRESP.:1469.5(MC/S),PRESION DE AGUA EN LA SOLERA: 36.(M)

PRESA DE DE TIERRA
 ALTURA: 25.(M), LONG. CORONA: 200.(M), VOL PRESA: 0.45(MMC),
 VOL UTIL EMBALSE: 0.0(MMC), FACTOR DE MATERIAL=2.0,
 DE GEOLOGIA=2.1

TIERRAS DE EXPROPIACION
 SUPERFICIE INCULTIV. : 839.0(KM**2)

TUNEL DE FUERZA
 QM: 1469.5(MC/S), LONGITUD: 750.(M), CAIDA BRUTA: 206.(M),
 % DE CORRECCION POR LONGITUD SIN VENTANAS: 0.0 %
 FACTOR GEOLOGICO=2.0

TUNEL DE DESVIO
 QM: 4977.7(MC/S), LONGITUD: 700.(M), CAIDA BRUTA: 25.(M),
 % DE CORRECCION POR LONGITUD SIN VENTANAS: 0.0 %
 FACTOR GEOLOGICO=2.1

POZO BLINDADO
 QM: 1469.5(MC/S), LONGITUD: 200.(M), CAIDA BRUTA: 206.(M),
 FACTOR GEOLOGICO=2.0

CASA DE MAQUINA ENTERRADA
 CAIDA BRUTA: 206.(M), QM: 1469.5(MC/S), ALTURA VOL.UTIL= 69.0
 COTA DE SALIDA= 342.(M), FACTOR GEOLOGICO=0.0

VERTEDERO EN PRESA
 CAUDAL DE CRECIDA Q1000: 11365.(MC/S), LONGITUD: 0.0(M),
 FACTOR GEOLOGICO=2.0

LINEAS DE TRANSMISION
 TERRENO MUY ACCID. , POTENCIA CORRESP.:2230.0(MW), LONG.: 390

CHIMENEA SUBTERRANEA
 CAIDA BRUTA MAX.: 206.(M), ALTURA VOL UTIL: 69.(M),
 QM CORRESP.:1469.5(MC/S), LONGITUD DEL TUNEL CORRESP.: 650.(M)

BOCATOMA
 QM CORRESP.:1469.5(MC/S),PRESION DE AGUA EN LA SOLERA: 79.(M)

ALTERNATIVA: 2

PRESA DE GRAVEDAD
 ALTURA: 206.(M), LONG. CORONA: 657.(M), VOL PRESA: 3.46(MMC),
 VOL UTIL EMBALSE: 46767.0(MMC), FACTOR DE MATERIAL=2.0,
 DE GEOLOGIA=1.9

PRESA DE DE TIERRA
 ALTURA: 40.(M), LONG. CORONA: 150.(M), VOL PRESA: 0.65(MMC),
 VOL UTIL EMBALSE: 0.0(MMC), FACTOR DE MATERIAL=2.0,
 DE GEOLOGIA=2.1

PROYECTO ENE40

KAL	IK	QM	ICF	QT	HN	POT	E1	E2	LF	FEC	PG	INVERSION	FEC1	CESP	KESP	DUR
(-)	(-)	(M/S)	(-)	(M/S)	(M)	(MW)	(GWH)	(GWH)	(-)	(\$/MWH)	(MW)	(10 \$)	(-)	(\$/MWH)	(\$/KW)	(ANOS)
1	1	1540.0	1.00	1540.0	68.4	878.0	3647.7	2278.1	0.771	11.673	364.3	476.4	0.223	9.43	543.	7
2	1	1540.0	1.00	1540.0	181.5	2331.7	19488.8	67.2	0.958	7.622	1947.1	1268.6	0.191	7.61	544.	7

4.2 PROYECTO INA 200 - RIO INAMBARI

4.2.1 Ubicación

El Proyecto INA 200 se encuentra ubicado en la Vertiente del Atlántico sobre el Río Inambari, afluente del Río Madre de Dios y en una zona muy próxima a su confluencia con el Río Marcapata. Este Proyecto se refiere a su alternativa 4.

El acceso a la zona del Proyecto puede efectuarse por carretera afirmada, siendo factible llegar a ambos márgenes del río a la altura de la Represa ya que existe un puente en dicho lugar.

4.2.2 Información Básica

4.2.2.1 Cartografía

Para la zona del Proyecto se cuenta con cartas 1:25,000 con curvas a nivel cada 25 m, confeccionadas por las Oficinas de Catastro Rural del Ministerio de Agricultura, y que dan cobertura a la zona de emplazamiento de la presa y de la central, faltando información cartográfica para un gran sector del vaso de la zona de embalse.

4.2.2.2 Geología

4.2.2.2.1 Generalidades

El Proyecto INA 200, se ubica en el Río Inambari aproximadamente a 400 m. aguas abajo, de la confluencia de este río con el Marcapata. Las rocas que afloran en la zona de presa, posiblemente correspondan o sean equivalentes al Grupo Goyllarisquiza del Cretáceo.

4.2.2.2.2 Estudios Anteriores

La evaluación geológica se ha realizado in situ, teniendo como base el mapa Geológico del Perú a escala 1:1'000,000 y la carta geológica del Bloque G-SE elaborado por Petróleos del Perú (escala 1:500,000), en 1966.

4.2.2.2.3 Geomorfología

El Proyecto en mención, se desarrolla en el flanco Este de la Cordillera Oriental, a un nivel muy próximo al llano de Madre de Dios. Las elevaciones topográficas no son notables, sin embargo, la zona del embalse tiene flancos relativamente abruptos y se encuentran cubiertos por una densa vegetación.

4.2.2.2.4 Estratigrafía

En la zona que comprende el proyecto afloran rocas que corresponden al Cretáceo indiviso. Por correlación, se presume la presencia de las formaciones Aguas Calientes, Chonta y Vivian. En el eje de la presa afloran las cuarcitas, lutitas y areniscas que probablemente corresponden al Grupo Goyllarisquiza, o en su defecto, son equi