

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA**

**GUIA PARA EL INVENTARIO DE PROYECTOS  
HIDROELECTRICOS**

**ISA**

**1986**



---

INTERCONEXION  
ELECTRICA S.A.

---

GUIA PARA EL INVENTARIO  
DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS  
ENTRE 10 Y 100 MW

---



**ISA**

**INTERCONEXION  
ELECTRICA S.A.**

---

**GUIA PARA EL INVENTARIO  
DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS  
ENTRE 10 Y 100 MW**

---

AGOSTO, 1986

## TABLA DE CONTENIDO

		Página
INDICE DE ANEXOS .....		iv
INDICE DE APENDICES .....		vii
PREFACIO.....		viii
1. INTRODUCCION .....		1
2. METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTOS .....		3
2.1 ESTUDIOS CARTOGRAFICOS BASICOS - RECOPIACION DE INFORMACION .....		3
2.2 ESTUDIOS GEOLOGICOS .....		5
2.3. ESTUDIOS HIDROLOGICOS, METEOROLOGICOS Y CLIMATICOS ..		7
2.4 MORFOLOGIA Y SEDIMENTOS .....		10
2.5 ESTUDIOS SOCIO-ECONOMICOS Y AMBIENTALES .....		10
2.6 ESTUDIO Y APLICACION DEL POTENCIAL TEORICO DE LOS RIOS		11
2.7 ESQUEMA PRELIMINAR DEL DESARROLLO .....		15
2.8 VISITA DE CAMPO .....		16
2.9 ESQUEMA FINAL DEL DESARROLLO .....		17
3. INGENIERIA APLICADA PARA LA DETERMINACION DE LOS PRO- YECTOS - DISEÑO DE LA ALTERNATIVA ADOPTADA .....		22
3.1 PRESA .....		23
3.2 DESVIACION .....		25

3.3	VERTEDERO .....	27
3.4	TRASVASES .....	28
3.5	BOCATOMA .....	29
3.6	CONDUCCION Y ALMENARA .....	30
3.7	TUBERIA DE PRESION .....	32
3.8	CASA DE MAQUINAS .....	33
3.9	SUBESTACION .....	36
3.10	LINEAS DE TRANSMISION .....	36
3.11	INFRAESTRUCTURA .....	36
4.	ESTIMATIVO DE COSTOS .....	58
4.1	GENERALIDADES .....	58
4.2	NIVEL DE COSTOS .....	58
4.3	IMPREVISTOS, INGENIERIA Y ADMINISTRACION .....	58
4.4	SISTEMA DE COSTOS .....	59
4.5	COMPONENTES EN MONEDA NACIONAL Y EXTRANJERA .....	60
4.6	DISTRIBUCION DE LAS INVERSIONES .....	61
4.7	COSTOS INCLUIDOS EN LOS PRESUPUESTOS .....	61
4.8	METODOLOGIA PARA EL CÁLCULO DE COSTOS DIRECTOS .....	61
5.	PRESENTACION DE RESULTADOS - INFORME FINAL .....	62
5.1	RESUMEN GENERAL .....	62
5.2	ANEXO 1 - PRESENTACION DE PROYECTOS .....	63
5.3	ANEXO 2 - HIDROLOGIA .....	64
5.4	ANEXO 3 - GEOLOGIA .....	65
5.5	ANEXO 4 - CARTOGRAFIA .....	65
	BIBLIOGRAFIA .....	93



FIGURA 3-11	Vertedero superficial en presas de concreto	49
GRAFICO 3-12	Canales rectangulares y trapezoidales - Determinación de la profundidad crítica....	50
GRAFICO 3-13	Túneles revestidos - Secciones típicas - Espesor de concreto estructural .....	51
FIGURA 3-14	Almenara de equilibrio .....	52
GRAFICO 3-15	Casa de máquinas equipada con turbinas Pelton - Dimensiones principales de la cámara de inyectores y del canal de fuga..	53
GRAFICO 3-16	Casa de máquinas equipada con turbinas Francis - Dimensiones principales de la cámara espiral y del tubo de succión .....	54
GRAFICO 3-17	Turbinas - Selección del tipo .....	55
GRAFICO 3-18	Válvulas - Selección del tipo .....	56
GRAFICO 3-19	Válvulas mariposa y esférica - Peso propio total .....	57
TABLA 5-01	Características generales de los pro- yectos .....	67
FIGURA A1-01	Disponibilidad mapas escala 1:10.000 IGAC 1982 .....	83
FIGURA A1-02	Disponibilidad mapas escala 1:25.000 IGAC 1982 .....	84
FIGURA A1-03	Disponibilidad mapas escala 1:50.000 IGAC 1982 .....	85
FIGURA A1-04	Disponibilidad mapas escala 1:100.000 IGAC 1982 .....	86
FIGURA A1-05	Disponibilidad mapas escala 1:200.000 IGAC 1982 .....	87
FIGURA A1-06	Disponibilidad mapas escala 1:500.000 IGAC 1982 .....	88
FIGURA A1-07	Disponibilidad mapas escala 1:100.000 DANE 1978 .....	89
FIGURA A1-08	Disponibilidad fotografía aérea IGAC 1982 ..	90

FIGURA A1-09	Disponibilidad imágenes de radar IGAC 1982	91
FIGURA A1-10	Mapa índice de cartografía, geología publicada y en proceso .....	92

## INDICE DE APENDICES

	Página
APENDICE 1	
INFORMACION CARTOGRAFICA, HIDROLOGICA Y GEOLOGICA DISPONIBLE .....	68
CARTOGRAFIA .....	68
HIDROLOGIA .....	69
GEOLOGIA .....	69
A1-1 INFORMACION CARTOGRAFICA DISPONIBLE .....	70
1. Cartas generales en Escala 1:10.000 .....	70
2. Cartas generales en Escala 1:25.000 .....	71
3. Cartas generales en Escala 1:50.000 .....	71
4. Cartas generales en Escala 1:100.000 .....	72
5. Mapas generales en escalas pequeñas .....	72
6. Mapas de entidades <u>diferentes al IGAC</u> .....	73
7. Otra información cartográfica .....	74
A1-2 INFORMACION HIDROLOGICA DISPONIBLE .....	75
A1-3 INFORMACION GEOLOGICA DISPONIBLE .....	76
1. Mapas geológicos generales .....	77
2. Informes y publicaciones geológicas .....	81

## PREFACIO

El inventario del potencial hidroeléctrico de una cuenca hidrográfica constituye la actividad inicial en el proceso de realización de las obras e instalaciones destinadas al aprovechamiento de este potencial. Durante la fase de inventario son tomadas algunas decisiones fundamentales entre las cuales pueden citarse: la selección del sitio y la formulación del esquema básico del aprovechamiento.

Esta guía está presentada en cinco capítulos. El capítulo 1 especifica el objetivo del trabajo. En el capítulo 2 son presentados los criterios básicos de naturaleza metodológica, técnica y económica utilizados en los estudios.

El capítulo 3 muestra algunos de los parámetros más importantes en el predimensionamiento de las estructuras es decir la ingeniería aplicada para la determinación de los proyectos con conducciones (no se tiene en cuenta los de tipo fluvial).

En el capítulo 4 se presentan los criterios generales que podrían utilizarse en la evaluación de los presupuestos de los proyectos en el rango aquí considerado.

El capítulo 5 considera los resultados y orienta la elaboración del informe final dando normas para la presentación de los estudios realizados y las conclusiones obtenidas.

## 1. INTRODUCCION

El inventario del potencial eléctrico de una cuenca hidrográfica constituye la actividad inicial en el proceso del planeamiento para la instalación de obras hidroeléctricas, el cual debe estar encauzado por unos criterios y procedimientos que orienten las actividades generales en su realización. Un manual de inventario, o el conjunto de estos criterios y procedimientos, tiene por objetivo conducir a soluciones homogéneas y comparables entre sí, que posibiliten en forma directa los análisis correspondientes para la programación de futuros estudios en el planeamiento de la expansión del sistema eléctrico nacional.

Las metodologías que se presentan en este documento han sido ya utilizadas en el país durante el desarrollo del Estudio del Sector de Energía Eléctrica ESEE e Inventario Nacional de los Recursos Hidroeléctricos IRH, realizado entre los años de 1974 y 1979 (cuando se identificaron los proyectos con capacidad instalada mayor de 100 MW) y complementadas con la experiencia Brasileña quienes ya han producido un manual de inventario hidroeléctrico de cuencas hidrográficas muy valioso en sus conceptos para la tarea que actualmente se propone ejecutar en Colombia, cual es la de iniciar la realización del inventario de Proyectos Hidroeléctricos entre 10 y 100 MW de capacidad instalada.

Los estudios de inventario deben identificar las alternativas de aprovechamiento en cascada de los ríos y proporcionar una idea del conjunto de obras e instalaciones para la utilización del potencial eléctrico en los mismos, respetando las obras ya planteadas o ejecutadas, con el fin de tener datos económicos de los costos asociados con dichos desarrollos y obras.

Las informaciones utilizadas en estos estudios comprenden datos topográficos, geológicos, geotécnicos e hidrometeorológicos locales y estudios fisicogeológicos, socio-económicos y ambientales de carácter regional.

La realización de este estudio debe basarse principalmente en información de naturaleza bibliográfica y en documentos conseguidos en entidades gubernamentales y particulares complementada con vuelos aéreos o visitas de campo, orientadas a la consecución de información general de fácil obtención.

En algunos casos cuando la información sea muy escasa, habrá necesidad de realizar algunos levantamientos topográficos con el fin de obtener un mínimo de información, en otros, en regiones bien estudiadas, la información será suficiente para que el estudio de la totalidad de los puntos identificados quede siempre al mismo nivel.

El objetivo principal de este documento es orientar las labores de oficina de un grupo típico de trabajo, aunque se presentará además el alcance general de los estudios con el fin de facilitar el planteamiento de oficina de las actividades de campo que se deben realizar y dar una idea general que permita preparar los términos para una concurso de méritos en el caso de que los estudios sean contratados.

## 2. METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTOS

Para la realización del inventario de los recursos hidroeléctricos en centrales con potencia instalada inferior a 100 MW, es necesario efectuar estudios básicos en lo relacionado con cartografía, hidrología, geología, socio-economía, etc., tales que permitan, para el nivel de estudios de los proyectos, determinar sus características y dimensiones básicas con el fin de obtener la evaluación de sus costos.

En el Apéndice No. 1 "Información cartográfica, geológica e hidrológica" se relaciona la investigación existente al respecto, la cual en caso de ser utilizada, deberá solicitarse a cada una de las entidades que tienen a su cargo la elaboración de la información respectiva.

El nivel de los estudios para los proyectos que se incluyan en el inventario es el reconocimiento avanzado y sus alcances se describen a continuación:

### 2.1 ESTUDIOS CARTOGRAFICOS BASICOS - RECOPIACION DE LA INFORMACION

La labor en esta materia consiste en la consecución de planos a escalas adecuadas, en lo posible 1:25.000 y 1:100.000, del IGAC o elaboración de los mismos, que permitan realizar los estudios de alternativas de aprovechamientos hidroeléctricos, determinar los parámetros básicos,

como son: el área de las cuencas, alturas promedio, pendientes de los ríos, etc., y preparar planos con prediseños que permitan presentar las principales estructuras que componen cada uno de los proyectos adoptados en la alternativa seleccionada con el detalle que permita la evaluación de sus costos.

Es parte de esta labor además, la consecución de fotografías aéreas disponibles en cualquier escala (desde 1:5000 hasta 1:60.000) para las zonas de interés y la consecución de imágenes de radar.

Tanto las fotografías aéreas como las imágenes de radar constituyen información útil para los estudios específicos de áreas de presa, embalse y demás obras de un proyecto y cuando existen áreas carentes de información del IGAC son material básico para la elaboración de mapas aproximados que se utilicen en las labores del inventario.

Se incluirá en esta parte la obtención de información sobre la existencia de redes de triangulación o poligonales geodésicas y la obtención de la información sobre perfiles de los ríos estudiados en el IRH, Fase I, Inventario Teórico Global, el cual aunque es un punto de partida no debe constituir la única base sin antes no haber sido actualizado o complementado con los ríos potencialmente productores de energía que eventualmente no hayan sido incluidos en dicho inventario.

En aquellos sitios donde la información no exista o sea muy escasa, se complementará con vuelos de reconocimiento y visitas de campo durante los cuales normalmente es necesario realizar levantamientos taquimétricos o barométricos de algunas secciones transversales con el fin de

ajustar datos fotogramétricos y permitir la confección de mapas topográficos a escalas del orden de 1:5000 con curvas de nivel cada 5 metros en los sitios de obras y si fuera posible se conseguirá una sección transversal del fondo del río o por lo menos estimar su profundidad media en la sección considerada.

## 2.2 ESTUDIOS GEOLOGICOS

En relación con la geología, los estudios básicos tendrán por objeto determinar para cada zona, planos e información geológica suficiente que permita deducir las características generales de la geología que afecta cada una de las alternativas de desarrollo planteadas para el aprovechamiento hidroeléctrico de cada cuenca; también, para las alternativas preseleccionadas, los accidentes y calidades geológicas relacionadas con las principales estructuras de cada proyecto de tal manera que puedan ser cuantificadas durante la evaluación de costos de los mismos.

En los casos para los cuales la información geológica existente no es suficiente o simplemente no exista, se recurrirá al análisis de fotografías aéreas o de imágenes de radar; de ellas, por interpretación geológica, se deducirán en forma aproximada los principales accidentes y las características litológicas generales relacionadas con zonas de interés para aprovechamientos hidroeléctricos.

Para cada zona y sitio relacionado con aprovechamientos hidroeléctricos, se deben practicar visitas de campo como complemento muy importante a la información geológica obtenida mediante labores de oficina. Durante

Las visitas se verificará y complementará la información general con observaciones visuales en las cuales se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- a) En relación con el embalse:
  - . Estabilidad de las laderas
  - . Grado de erosión
  - . Condiciones litológicas
  
- b) En relación con el sitio de presa:
  - . Condiciones litológicas
  - . Buzamiento de los estratos.
  - . Permeabilidad
  - . Fallas y fracturas
  - . Características del lecho fluvial
  - . Observación sobre la existencia de materiales de construcción.
  
- c) En relación con las obras de generación:
  - . Características litológicas
  - . Fallas y fracturas
  - . Condiciones de cimentación para casas de máquinas.

Adicionalmente, en forma general, se debe hacer una descripción del riesgo sísmico de la región indicando en cuanto sea posible, los peligros asociados con fallas cercanas, la posibilidad de recurrencia de la magnitud de un sismo probable, la recurrencia de la aceleración para un período de retorno dado, etc..

Todo lo anterior que se refiere a este capítulo se consignará en informes consistentes en descripciones geológicas generales y en resúmenes técnicos con una corta descripción de cada sitio de proyecto, es decir, la labor en este sentido no será una tarea minuciosa ya que para estos estudios preliminares se requiere solamente un nivel estimativo.

Se adjunta la ficha geológica aplicable durante las visitas a un sitio de proyecto.

### 2.3 ESTUDIOS HIDROLOGICOS, METEOROLOGICOS Y CLIMATICOS

Los estudios hidrológicos que se realicen durante el inventario tienen como objetivo suministrar a los grupos de diseño la información necesaria para determinar las dimensiones adecuadas de las diferentes estructuras que componen un proyecto y con base en estas, calcular los costos respectivos.

El objetivo principal de estos estudios es la determinación de:

- . Caudales para diseño de vertederos
- . Caudales para diseño de desviación
- . Aporte anual de sedimentos en cada sitio.

Se deben determinar además las curvas de duración de caudales medios multianuales y medios diarios con diferentes probabilidades de ser superados, curvas de regulación a partir del análisis de curvas diferenciales de masas en los casos que sea necesario si se presenta este evento y para fines de análisis de producción y operación del proyecto se deben deducir los caudales de diseño para las conducciones y los caudales medios

mensuales para cada sitio.

Es parte de esta labor la recopilación y análisis de toda la información en entidades particulares y del gobierno sobre estaciones hidrometeorológicas caudales y lluvias, recopilación y verificación detallada de mapas de Isolíneas de precipitación y evapotranspiración y la verificación del balance hídrico general en las cuencas.

Para los estudios hidrológicos debe ser punto de partida la información recopilada y procesada por el ESEE sobre este tema y la cual está consignada para las distintas zonas colombianas en varios anexos (4 tomos) de ese estudio. Esta información debe ser utilizada en su totalidad solo en aquellas zonas para las cuales no exista ninguna otra información y para el caso contrario, sus gráficas y curvas deben ser actualizadas y reanalizadas a la luz de la mayor información existente.

Las metodologías empleadas por el ESEE para la determinación de los parámetros mencionados anteriormente se adoptarán teniendo en cuenta la cantidad y calidad de la información hidrométrica y meteorológica disponible y que dicha metodología tuviera aplicación en todos los sitios, así:

En la determinación de los parámetros hidrológicos se deben tener en cuenta los siguientes criterios y métodos:

- Utilización de la información hidrometeorológica directa previo análisis de la representatividad, consistencia y confiabilidad de las estaciones que la suministran.

- Utilización al máximo posible de datos hidrométricos directos, inclusive los de estaciones recientes, y empleo en estos casos de los datos de precipitación y evapotranspiración como elementos de comprobación de las características hidrológicas determinadas a partir de datos hidrométricos directos.
- Uso de datos de precipitación y evapotranspiración como principal base de cálculo para determinar caudales solamente en áreas carentes de información hidrométrica directa.
- Reducción de los valores medios multianuales a un período común interanual representativo.
- Elaboración y verificación detalladas de mapas de isolíneas de rendimientos medios anuales.
- Elaboración y verificación de mapas de isolíneas de precipitación y evapotranspiración media anual.
- Verificación del balance hídrico general de las cuencas.

Debido a escasez o ausencia de información hidrométrica, pluviométrica y meteorológica básica en algunos sitios, se debe esperar error en los parámetros aquí obtenidos, por lo tanto, se deben tomar como orientación general y necesariamente se deberán mejorar en etapas más avanzadas de los estudios en los sitios de interés particular.

#### 2.4 MORFOLOGIA Y SEDIMENTOS

En esta etapa se deben identificar las principales posibles fuentes productoras de sedimentos y en forma aproximada estimar la cantidad de sólidos transportados por los ríos de la región en estudio. Esta labor es prácticamente exclusiva de oficina y se realizará en la medida que existan estudios anteriores en la cuenca o sitios estudiados. El resumen de este tópico en los informes correspondientes será netamente descriptivo.

#### 2.5 ESTUDIOS SOCIO-ECONOMICOS Y AMBIENTALES

En las labores de inventario, la actividad de oficina en cuanto a estos estudios, consiste en realizar una identificación y clasificación de los elementos socio-económicos y ambientales que de alguna forma tengan cierto grado de influencia en los proyectos seleccionados.

En general para efectos de documentación y evaluación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos principales:

- Se debe hacer en forma descriptiva la definición del área directa de influencia de cada proyecto indicando su actividad económica, los principales rasgos sociales de los habitantes de la región, los usos y tenencia del suelos e identificaron otros proyectos y planes de utilización futura de la zona.
- Se hará un balance cuantitativo de las zonas urbanas y rurales que pueden ser afectadas, de las tierras de valor agrícola actual y potencial, de las vías de acceso, troncales, puentes, líneas de

transmisión, de instalaciones industriales y reservas minerales de valor, etc. para que una vez analizada esta información permita una evaluación de las pérdidas en términos de cantidad y valor resultantes de la inundación.

- Se deberá efectuar un inventario de la información ambiental de la región influenciada por el proyecto e identificar los mayores conflictos ambiente-proyecto que permitan la estructuración de planes de estudio e investigaciones complementarias.

Todo lo anterior se hará en oficina mediante análisis de estudios existentes e información recolectada (planos cartográficos, fotografías aéreas, etc.).

Es también labor de oficina la preparación y correcta planificación de visitas de campo cortas que se orienten a observaciones sobre el suelo, subsuelo, clima, vegetación y fauna y la orientación a quien corresponda para que el informe sea breve y su contenido se adapte a la etapa de estudio del proyecto.

## 2.6 ESTUDIO Y APLICACION DEL POTENCIAL TEORICO DE LOS RIOS

El inventario del potencial teórico de los ríos tiene como fin principal determinar la magnitud y distribución de los recursos hidroeléctricos del país con base en estudios sencillos de oficina utilizando la información básica disponible.

El conocimiento de este potencial evoluciona gradualmente, haciéndose cada vez más preciso, a medida que las informaciones sobre las

características físicas de las cuencas son más conocidas de acuerdo con estudios de oficina y de campo que permitan la definición de aprovechamientos a lo largo de sus ríos.

Los resultados del inventario y su análisis permiten orientar las prioridades para la intensificación de la recolección de la información necesaria para los estudios posteriores.

El ESEE realizó el estudio del potencial teórico en más de 350 ríos que se consideraron de importancia en el país. Del resultado de esos estudios quedó constancia en los 14 volúmenes del denominado: INVENTARIO DE LOS RECURSOS HIDROELECTRICOS. FASE I - INVENTARIO TEORICO GLOBAL. Dichos volúmenes deben ser parte fundamental de la información básica en la que se debe apoyar el inventario actual y su contenido debe ser consultado y usado tanto como sea posible. Se nota, sin embargo, que hay ríos que eventualmente por su importancia u otro factor pueden no haber quedado incluidos en este inventario, por lo tanto, para ellos debe realizarlo la entidad que los identifique en su zona, como también debe llevar a cabo la correspondiente actualización del mismo con base en la posible información, tanto cartográfica como hidrológica, existente a la fecha.

Para ejecutar el inventario del potencial hidroeléctrico teórico de una zona se pueden seguir los siguientes lineamientos:

- Con base en los antecedentes disponibles de estudios existentes, mapas topográficos, mapas geológicos, etc, se definen las cuencas

a ser estudiadas y sus límites son trazados sobre los mapas topográficos disponibles.

- En las cuencas definidas, se escogen los ríos principales y aquellos afluentes que presentan, a primera vista, condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas más favorables.
- Se divide el perfil de cada río en tramos teniendo en cuenta los cambios importantes de pendiente, accidentes naturales como cascadas, rápidos y entradas de afluentes importantes, identificando poblaciones situadas en las márgenes de los ríos, carreteras, carreteras, líneas de transmisión cercanas al río, etc.
- En caso que algunos de los ríos escogidos preliminarmente no tengan perfiles topográficos longitudinales disponibles, los mismos podrán ser trazados utilizando la información de mapas topográficos y datos diversos de cotas obtenidas de otras fuentes, tales como mapas de carreteras, etc.
- Se determina el caudal medio multianual en la parte media de cada tramo.
- Se calcula el potencial en los tramos de cada río, expresado en kW, como K veces el producto del caudal de cada tramo, expresado en metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) por el desnivel del tramo en metros. Así:

$$P = KQH$$

donde:

P = potencia en kW

Q = caudal medio en el tramo

H = caída media en el tramo.

K = factor cuyo valor máximo puede ser de 9.81 al considerar el potencial hidroeléctrico teórico bruto, pero el cual es afectado por las eficiencias de los equipos electromecánicos, al estimar el potencial técnicamente aprovechable. Para efectos de este inventario se tomará  $K = 8.7$

Los potenciales en los distintos tramos se agregan para determinar el potencial total en el río y se calcula además el potencial específico a lo largo del mismo expresado en kW/km.

El potencial así determinado es el que podría generarse en el río si todo el desnivel y todo el caudal medio, a lo largo de su curso, se aprovechara para generación eléctrica.

Debido a que las condiciones técnicas reales no permiten realizar siempre un desarrollo total, el resultado de este cálculo por ello se denomina: potencial teórico.

La información del inventario antes descrita se grafica, mostrando el perfil del río, la variación del caudal medio a lo largo de su curso, el potencial acumulado y el potencial específico por tramos. En la Figura No. 2.01 se muestra un caso típico de presentación de los resultados.

## 2.7 ESQUEMA PRELIMINAR DEL DESARROLLO

Con base en los resultados obtenidos durante la determinación del potencial hidroeléctrico teórico se eligen los tramos de los ríos que tengan un potencial específico alto, se localizan sobre los planos y se seleccionan los sitios que sobre estos tramos presenten los mejores estrechamientos y áreas de embalse. Se procede entonces a plantear alternativas de aprovechamiento con base en estos sitios, tratando de utilizar la máxima caída aprovechable. Así mismo, se utilizan para el estudio los caudales obtenidos de los análisis hidrológicos; finalmente, se evalúan los costos con base en procedimientos aproximados para el cálculo de presupuestos.

Todo lo anterior permite, con base en trabajo de oficina, determinar sitios probables para proyectos hidroeléctricos, como también, el análisis para el mejor aprovechamiento de la cuenca.

Al mismo tiempo, los grupos de cartografía y geología colaborarán con los grupos de ingeniería suministrándoles la información cartográfica disponible para la realización de los trabajos y la información geológica existente en la oficina, en relación con el área analizada; además, dichos grupos participarán activamente en la preparación de las visitas de campo aportando conceptos sobre la información que sería necesaria para complementar los planos que están elaborando.

Con toda esta información, se hace un análisis conjunto con la coordinación del estudio de las alternativas y del planeamiento de la visita de campo para así lograr la uniformidad de criterios en todos los grupos

en relación con los trabajos de oficina y con las labores de desarrollar en el campo.

## 2.8 VISITA DE CAMPO

Para los proyectos con información suficiente se realizará la visita de campo con el fin de comprobar la topografía y la geología de los sitios elegidos. Así será posible mejorar la selección de cada sitio sobre todo teniendo en cuenta las estructuras anexas a la obra de la presa. Se observarán las cualidades litológicas de las rocas y su relación con las obras proyectadas, la estabilidad de las laderas de la zona del embalse y los efectos de la erosión. Además, se determinará la existencia de materiales de construcción, conceptuando sobre su influencia en el diseño de la presa y de acuerdo con las características de la zona se estimará la posible altura de la misma. Se visitarán, cuando los medios de acceso lo permitan, los probables sitios de casa de máquinas superficiales y se observarán las características geológicas de las zonas de los posibles túneles de conducción. Se comprobará la geología estructural y tectónica en la zona de la presa y se determinará su influencia en el planeamiento de las obras.

También se harán medidas rudimentarias de caudal para obtener información sobre la capacidad de arrastre de los ríos.

## 2.9 ESQUEMA FINAL DEL DESARROLLO

Con base en toda la nueva información obtenida, se analizará el esquema preliminar de desarrollo y se plantearán otras alternativas si es del caso, tratando de mejorar el esquema original con la utilización de la información topográfica y geológica recogida en el campo.

Al mismo tiempo el grupo de cartografía perfeccionará los planos relacionados con la zona que sean necesarios para el prediseño de las obras, a escalas apropiadas y con base en la cartografía existente o en fotografías aéreas. A su vez, el grupo de hidrología determinará para cada sitio los caudales medios del río y los caudales de diseño para la desviación y el vertedero.

Toda la información anterior permitirá a los grupos de ingeniería plantear para la cuenca analizada la mejor alternativa de desarrollo, teniendo en cuenta el nivel de reconocimiento del presente inventario y dibujar las plantas con los embalses y esquemas de aprovechamiento que se han identificado en cada zona.

A continuación se adjunta el diagrama de flujo de los estudios de inventario. Ver Figura No. 2-02.

FICHA GEOLÓGICA

1. IDENTIFICACION

NOMBRE DEL PROYECTO \_\_\_\_\_

RIO \_\_\_\_\_

CUENCA \_\_\_\_\_

COORDENADAS GEOGRAFICAS : LATITUD \_\_\_\_\_

LONGITUD \_\_\_\_\_

DEPARTAMENTO: \_\_\_\_\_ MUNICIPIO \_\_\_\_\_

2. DATOS BASICOS

TIPO DE ROCA PREDOMINANTE EN EL SITIO DE PRESA \_\_\_\_\_

ESPESOR ESTIMADO DE LOS MATERIALES QUE CUBREN LA ROCA :

JUNTO AL RIO \_\_\_\_\_ m.

EN ESTRIBO DERECHO \_\_\_\_\_ m.

EN ESTRIBO IZQUIERDO \_\_\_\_\_ m.

PERMEABILIDAD EN EL SITIO DE PRESA \_\_\_\_\_

CARACTERISTICAS DEL LECHO FLUVIAL \_\_\_\_\_

DISPONIBILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCION :

ARCILLA : SI ( ) NO ( ) DISTANCIA \_\_\_\_\_ km:

ARENA : SI ( ) NO ( ) DISTANCIA \_\_\_\_\_ km:

ROCA : SI ( ) NO ( ) DISTANCIA \_\_\_\_\_ km:

CASCAJO : SI ( ) NO ( ) DISTANCIA \_\_\_\_\_ km:

EXISTEN FALLAS QUE AFECTAN EL PROYECTO, EL SITIO DE PRESA O EL EMBALSE ?

SI ( ) NO ( )

HACER BREVE DESCRIPCION \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

OBSERVACIONES SOBRE AREA DEL EMBALSE \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

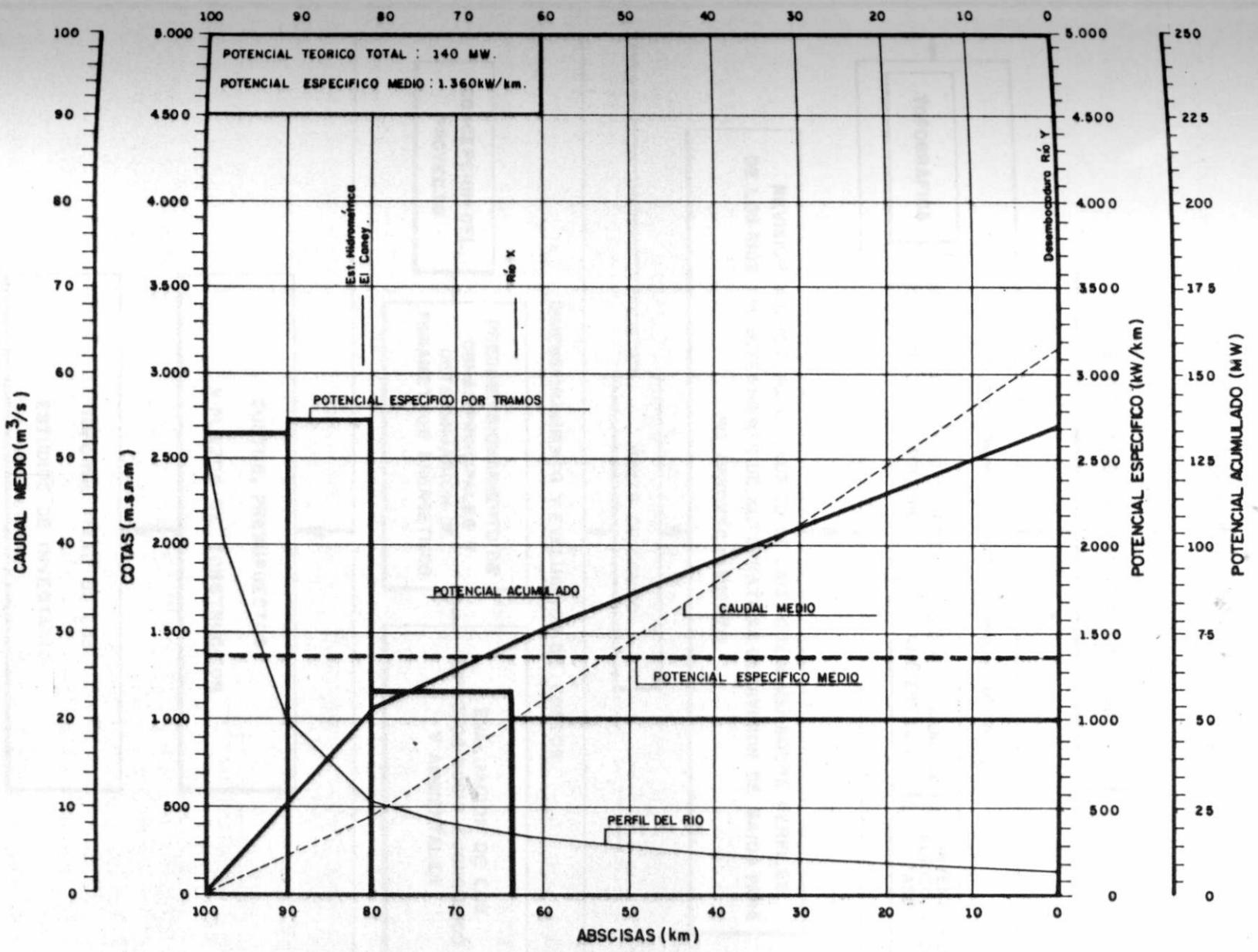
---

---

---

---

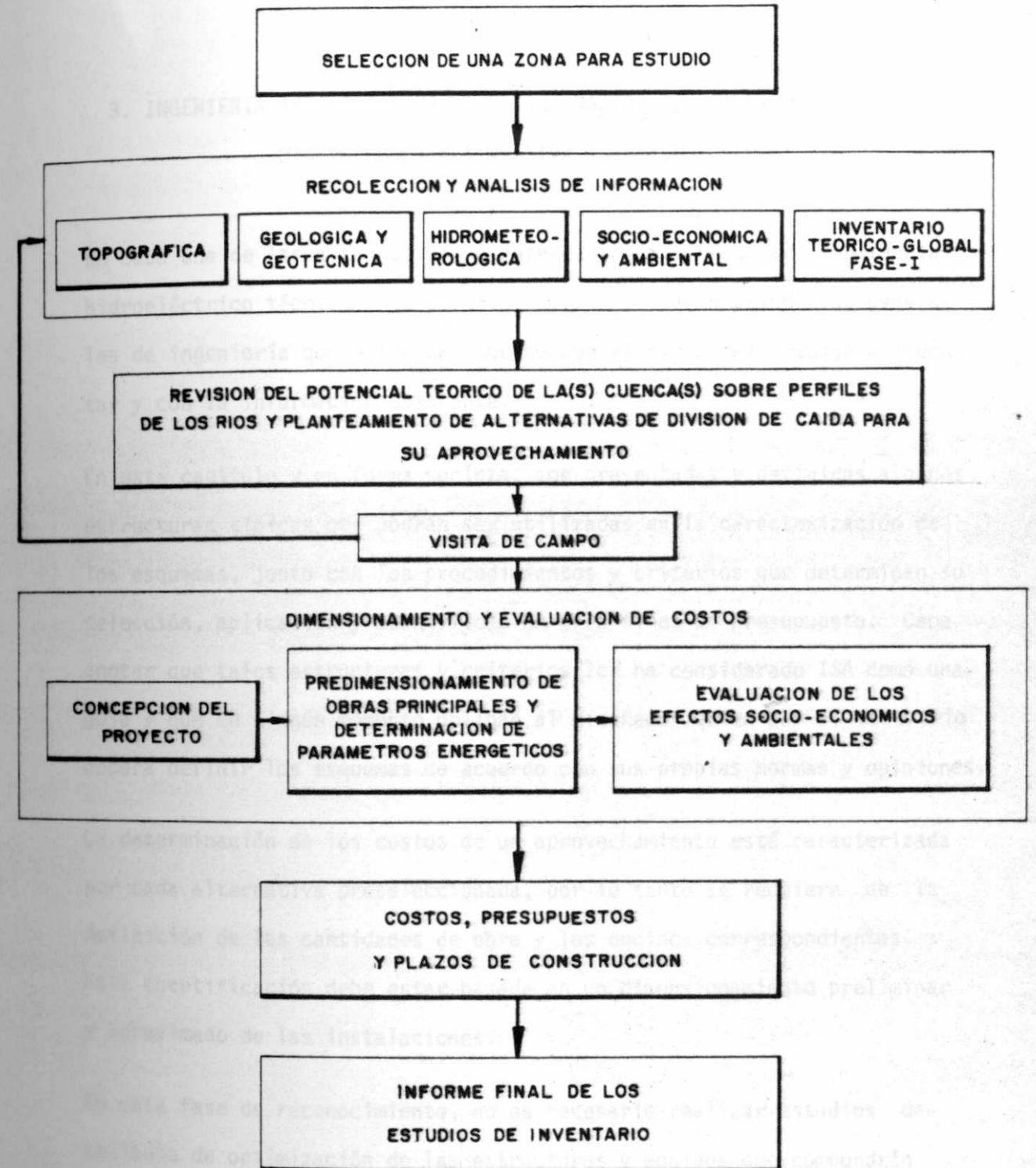
---



INVENTARIO DEL POTENCIAL ENERGETICO DE UN RIO  
 ESQUEMA TIPICO

INVENTARIO NACIONAL DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS  
ENTRE 10 Y 100 MW DE CAPACIDAD INSTALADA

FLUJO DE ACTIVIDADES



### 3. INGENIERIA APLICADA PARA LA DETERMINACION DE LOS PROYECTOS

#### DISEÑO DE LA ALTERNATIVA ADOPTADA

En cada una de las alternativas planteadas para determinar el potencial hidroeléctrico técnicamente utilizable, se aplicarán principios generales de ingeniería que estén de acuerdo con el nivel del trabajo a ejecutar y con la información existente.

En este capítulo y en forma sucinta, son presentadas y definidas algunas estructuras típicas que podrán ser utilizadas en la caracterización de los esquemas, junto con los procedimientos y criterios que determinan su selección, aplicación y cuantificación para fines de presupuesto. Cabe anotar que tales estructuras y criterios los ha considerado ISA como una guía y que en ningún momento obligan al diseñador quien por el contrario deberá definir los esquemas de acuerdo con sus propias normas y opiniones.

La determinación de los costos de un aprovechamiento está caracterizada por cada alternativa preseleccionada, por lo tanto se requiere de la definición de las cantidades de obra y los equipos correspondientes. Esta cuantificación debe estar basada en un dimensionamiento preliminar y aproximado de las instalaciones.

En esta fase de reconocimiento, no es necesario realizar estudios detallados de optimización de las estructuras y equipos que compondrán

el aprovechamiento hidroeléctrico porque el nivel de conocimiento de los parámetros locales, topográficos y geológicos generalmente es insuficiente para permitir la aplicación eficaz de estos procedimientos.

El proceso de definición del esquema de las estructuras y los equipos consiste en seleccionar entre las soluciones típicas y patronizadas, representativas de la experiencia media corriente, aquellas que mejor se adapten a las características físicas del sitio en estudio según criterios y juicios conservadores.

### 3.1 PRESA

Tipos. En todos los sitios con geología aceptable se deben adoptar como solución general, presas con material disponible en la región especialmente presas de tierra (homogéneas) o presas de enrocado con núcleo impermeable o presas con recubrimiento de concreto en la cara de aguas arriba.

Taludes y ancho de corona. La inclinación de los taludes a adoptarse dependerán del material con el cual se construye la presa. Así:

LUGAR	TIPO	EN TIERRA	ENROCADO CON NUCLEO VERT.	ENROCADO CON NUCLEO INCL.	CON CARA DE CONCRETO
Aguas arriba		3.0 : 1.0	1.6 : 1.0	2.0 : 1.0	1.4 : 1.0
Aguas abajo		2.5 : 1.0	1.6 : 1.0	1.5 : 1.0	1.4 : 1.0

El siguiente cuadro sirve de orientación para determinar el ancho de la corona:

ALTURA DE LA PRESA en m. (h)	ANCHO DE LA CORONA en m. (a)
$h < 10$	$a = 6$
$10 < h < 20$	$a = 8$
$h \geq 20$	$a = 10$

Se deberán tener en cuenta, entre otras las siguientes observaciones:

- Los taludes en tierra aguas arriba se protegerán con material de filtro y luego con una capa de roca en el área de fluctuación de niveles de embalse. Aguas abajo los taludes en tierra se protegerán con grama.
- El borde libre será de 3 m.  
  
Ver Figura 3-01.
- Los estudios a este nivel, con el fin de optar por la alternativa más económica y solo en casos excepcionales, se pueden considerar presas de gravedad en concreto y muy especialmente, cuando no existan dudas sobre la buena calidad de la fundación y ausencia de otros materiales de construcción en el sitio. Ver gráfico 3-02.

Fundación y tratamiento. De acuerdo con la información que se obtenga en la visita de campo, se determinará el tipo de fundación, definiéndose en cada caso la necesidad o no de tratamientos especiales para lograr la impermeabilidad a través de la sección relacionada con el núcleo.

Altura y volumen. De acuerdo con las características geológicas y topográficas del sitio, se determinará la altura de la presa y se evaluarán el volumen aproximado de los llenos y las excavaciones necesarias para realizar la obra. Para lo anterior, se deberán adoptar procedimientos adecuados con la información existente como los mostrados en los gráficos 3-03; 3-04; 3-05; 3-06.

Embalse. Con base en la topografía que pueda existir de la zona del embalse, se determinará para cada proyecto la curva área-capacidad y de acuerdo con la información de arrastre de sedimentos que sea posible obtener en estudios existentes, se evaluará un volumen aproximado de estos, con el cual se determinará el volumen de embalse útil, la posición de la bocatoma y el nivel mínimo de operación.

### 3.2 DESVIACION

Localización. Depende principalmente de los siguientes factores:

- a. Características topográficas y geológicas
- b. Régimen hidrológico de la cuenca
- c. Características de las obras en construcción
- d. Evaluación de los riesgos permisibles aguas abajo de la presa
- e. Cronograma de construcción.

Tipo. En términos generales, se deberán adoptar desviaciones sencillas utilizando para ello muros ataguías (madera y tierra compactada) o ataguías, o desvíos a través de túneles excavados en una de las márgenes del río o en caso estrictamente necesario por medio de conductos o galerías construídas bajo la presa.

Caudal de diseño. Se adoptará como caudal de diseño el correspondiente al 60% del pico de la creciente con una recurrencia de 1:25 años.

Sección y velocidad. El cálculo del nivel del agua y de su velocidad determinarán la sección si se trata de canales abiertos; en túneles, el diámetro a considerar fluctuará entre los siguientes límites: 2.0 m como mínimo por requerimientos de construcción y 8.0 m como máximo con el fin de no considerar soluciones especiales durante la construcción. Las velocidades máximas admisibles del flujo serán:

TIPO DE DESVIO	VEL. MAXIMA m/s
Túneles no revestidos o revestidos con concreto lanzado	10
Túneles revestidos en concreto estructural	15
Canal en suelo sin revestimiento	15
Canal en roca sin revestimiento	10
Canal en roca con revestimiento en concreto	15

Equipo. Después de utilizar la desviación durante el período de construcción se podrá prever el equipo que sea necesario para controlar adecuadamente el nivel del embalse durante su primer llenado y posteriormente durante la operación para realizar descargas de fondo o de vaciado

del embalse en casos de emergencia. El equipo consistiría en válvulas o compuertas que permitan realizar tales operaciones.

### 3.3 VERTEDERO

Tipo. Siempre que sea posible se utilizará la solución de vertedero superficial no controlado o en su defecto el superficial controlado con compuertas (mínimo dos (2)); como última solución se podría adoptar la de vertedero por túnel o vertedero de fondo. Si la presa es de concreto, se tiene la alternativa de vertedero incorporado a ella. La definición depende básicamente, de las condiciones topográficas en las cuales se quiera asentar el esquema general del proyecto.

Diseño. Los vertederos deben ser estudiados de tal manera que evacuen una creciente de diseño. Como guía para el predimensionamiento básico del vertedero, se presentan los gráficos 3-07; 3-08; 3-09 y 3-10 y la Figura 3-11. Además, cuando se utilicen compuertas se deberá suponer una estructura de concreto fundada en roca; a la salida del vertedero, se podrá suponer un salto de esquí, localizado según condiciones geológicas cerca al lecho del río y en dirección apropiada para garantizar su estabilidad contra la erosión hidráulica haciendo las prevenciones del caso a fin de proteger la estructura.

Cuando el esquema contemple una presa en tierra o de enrocado, el vertedero se podrá ubicar sobre uno de los estribos y en forma de canal el cual constará principalmente de un canal de aproximación, una estructura de control (si existe) un ázud y una estructura de disipación

de energía cuando sea necesario.

Si se consideran vertederos incorporados a presas en concreto, deberán ubicarse hacia el centro del cauce con el fin de minimizar excavaciones y facilitar su uso como estructura provisional de desviación.

Excavación. Los volúmenes de excavación común y excavación en roca a cielo abierto podrán determinarse como un porcentaje de la obra total y en función de las características geológicas y de la geometría de las excavaciones.

Caudal de diseño. Se adoptará el correspondiente a la creciente máxima probable (C.M.P.) o el correspondiente a una frecuencia de 1 en 10.000 años.

#### 3.4 TRASVASES

En términos generales y al nivel que se quiere realizar este inventario no se harán trasvases, sin embargo, en algunas ocasiones y con el fin de obtener un mejor desarrollo de la cuenca, se plantearán derivaciones de ríos cercanos a la hoya captada por el proyecto con el fin de incrementar los caudales aprovechables. En estos casos se observarán los siguientes principios:

Localización. Sobre el río a desviar y a una cota tal que garantice el gradiente hidráulico para su operación por gravedad apesar de las pérdidas por fricción.

Tipo. Se utilizará aquel que más se adapte a las condiciones topográficas del sitio; las obras de derivación deberán operar a flujo libre para caudales medios y con obras de captación mínima.

### 3.5 BOCATOMA

Tipo. De acuerdo con la topografía del sitio escogido, se podrán utilizar tres (3) formas:

- a. Torre. Se instalarán rejas coladeras y compuertas de cierre principal y de emergencia.
- b. Sumergida. Comprende una obra de captación que contendría las rejas coladeras localizadas cerca al nivel mínimo de operación. En las cercanías de este punto, y sobre el túnel de conducción, se localizarán las compuertas de cierre principales y de emergencia operadas desde la superficie por medio de un pozo.
- c. Lateral. Se localizarán en ladera, de captación lateral y con las obras necesarias para contener las rejas coladeras y las compuertas de cierre.

Equipo. Se supondrá el siguiente equipo:

- a. Rejas coladeras: con el fin de evitar que a las turbinas lleguen materiales en tamaños tales que perjudiquen su normal funcionamiento.
- b. Equipo de limpieza para rejas: con el cual se hará el retiro de objetos, plantas y otros materiales que puedan disminuir la capacidad hidráulica de la captación.

- c. Compuertas de cierre principales: tienen por objeto suspender el flujo por el túnel de conducción en condiciones de emergencia o para permitir revisión al túnel en condiciones normales. Se supondrán del tipo deslizante y con capacidad de cerrar contra flujo.
- d. Compuertas auxiliares de cierre: permiten hacer revisiones a la compuerta principal. Pueden ser compuertas de tablero y cierran o abren con presiones equilibradas.

### 3.6 CONDUCCION Y ALMENARA

Tipo. El trazado de la derivación dependerá de la topografía, la geología local y la configuración del esquema general. La escogencia de la derivación en canal o en conducto cerrado, dependerá de las consideraciones económicas.

En términos generales, la derivación en canal es utilizada para aprovechamientos con mínimas fluctuaciones del embalse y cuando la sección del canal es pequeña (ver gráfico 3-12). En algunos casos, se podrían utilizar conducciones exteriores cuando no se requieran espesores en lámina o en concreto considerables. Normalmente los conductos cerrados de bajas presiones son en túnel y casi siempre se recomiendan cuando la distancia más corta entre el embalse y la casa de máquinas así lo exige, por condiciones de topografía montañosa.

Alineamiento horizontal y vertical. Se estudiarán las alternativas, con el fin de optimizar hasta donde sea posible la longitud de la derivación.

Para el caso de túneles, en el trazado se debe procurar que la directriz se encamine hasta el punto de inicio del conducto forzado, utilizándose tramos rectilíneos aprovechando las áreas de máxima cobertura, minimizando la longitud total y procurando evitar fallas identificadas en el reconocimiento geológico general.

La pendiente máxima deberá considerarse entre el 7% y el 10% dependiendo del equipo de construcción que se emplee (rieles o llantas respectivamente). El perfil longitudinal del túnel debe ser inicialmente horizontal con sección transversal en herradura y con revestimiento según las condiciones de la roca. Ver gráfico 3-13.

Diámetro y Velocidad. Se deberán adoptar diámetros mínimos de 2 metros y máximo de 8 metros con el fin de evitar el considerar soluciones especiales durante la construcción.

Para determinar la velocidad, se deberán respetar las siguientes condiciones:

TIPO	VEL. MAXIMA m/s
1. Canal excavado en roca o con revestimiento en concreto	2.5
2. Túnel no revestido	2.5
3. Túnel revestido en concreto lanzado	3.0
4. Túnel revestido en concreto estructural	4.5

Almenara. Dependiendo de la longitud del túnel, sus condiciones hidráulicas y su relación con la casa de máquinas, se supondrán almenaras

localizadas en el tramo final; no es necesario, a este nivel examinar estructuras complejas; basta considerar soluciones simples como la mostrada en la Figura 3-14.

### 3.7 TUBERIA DE PRESION

Se utilizará tubería en los tramos de las conducciones localizadas aguas abajo de la almenara para absorber sobrepresiones causadas por el golpe de ariete o en todos los tramos en los cuales sean necesario obviar problemas con techo insuficiente de roca que en este caso se adoptará como mínimo el 75% de la presión interna.

Tipos. Se utilizarán tres (3) tipos de tubería a presión:

- a) Tubería superficial. Este tipo de tubería se utilizará cuando las condiciones geológicas lo permitan. Se apoyarán en anclajes en los cambios de dirección o en silletas en los tramos rectos y con el espesor de lámina necesario para resistir el 100% de la presión interna.
- b) Tubería subterránea. Se supondrá instalada dentro de un túnel con dimensiones apropiadas para el montaje (1.0 m adicional al diámetro de la tubería si va completamente empotrada en concreto o la dimensión necesaria para no entorpecer el montaje si no va empotrada en concreto sino apoyada en silletas). Se supondrá en el diseño que el espesor de la lámina debe resistir la presión interna máxima. Esta podrá disminuirse en los casos en que se disponga de mayor información tal que permita considerar cooperación de la roca.

- c) Tubería horizontal. En los tramos de tubería cercanos a las casas de máquinas, se supondrá que la tubería toma el 100% de la presión interna. Se considerará totalmente embebida en concreto, tanto si es superficial como subterránea.

Alinamiento horizontal y vertical. Se optimizará la distancia horizontal tratando de reducir al mínimo la longitud de la tubería. Verticalmente se adoptarán las pendientes del terreno para tubería superficial; para tubería subterránea se adoptarán 45° y 90° de pendiente según el caso.

Velocidad y diámetro. Se adoptará que la velocidad de diseño podrá variar entre 5 m/s y 10 m/s. Se deberá tener en cuenta las dificultades de transporte por las vías del país y las dimensiones del túnel respectivo en el cual se colocará de tubería blindada. Por lo anterior, se deberá tener en cuenta que el gálibo mínimo por la vía de la Costa Atlántica es 4.20 m situado en el puente de Tarazá y por la Costa Pacífica es de 4.50 m en Cartago.

### 3.8 CASA DE MAQUINAS

Criterios. Los criterios que deberán considerarse para el prediseño de la casa de máquinas, serán entre otros los siguientes:

- Dimensiones de los equipos electromecánicos
- Zona o región del país en la que se construirá el proyecto ya que se deberá pensar en las características del lugar tales como el clima.

- Materiales de construcción disponibles en la zona
- Facilidades de acceso
- Simplicidad en la construcción
- Ubicación de la casa de máquinas cerca al río al cual verterán las aguas investigando la elevación de la creciente máxima y el comportamiento del río con relación a su cauce.
- Tipo de suelo para la fundación
- Considerar la necesidad de colocar un sistema de izaje para montaje y mantenimiento de los equipos.

(Ver gráficos 3-15 y 3-16).

Tipos. Se utilizarán dos (2) tipos principales de casa de máquinas:

- a) Superficial: se utilizará cuando las condiciones geográficas y geológicas lo permitan teniendo en cuenta la economía del proyecto. Dentro de la misma estructura o en zona aledaña deberán disponerse de una sala de montaje, sala de control y sitios necesarios para albergar todos los servicios auxiliares y generales requeridos para la operación, control y mantenimiento de los equipos.
- b) Subterránea: esta solución más costosa que la superficial, se adoptará siempre que las condiciones topográficas y geológicas así lo indiquen y también con el fin de ahorrar tubería de presión o aprovechar una mayor cabeza útil. En estos casos, se deberán optimizar los accesos y salidas de la central y siempre que sea técnica y económicamente posible, se estimarán dos cavernas principales, una para el equipo de generación y otra para el equipo

de transformación, con el fin de evitar esfuerzos importantes en la roca por la excavación de cavernas con luces considerables. Se supondrá un túnel de acceso vehicular y un pozo de cables por el cual se llevarán hasta la superficie los cables de potencia. Las dimensiones básicas de la caverna, dependen como en el caso de la superficial, del tamaño de los equipos o sea de su velocidad de rotación y de su capacidad; ellas deberán contener los espacios suficientes para ejecutar cabalmente las labores de montaje, control, operación y mantenimiento de los equipos.

Equipos. Se supondrá el siguientes equipo principal en la central.

- Turbinas: como en términos generales se tratará con centrales de alta caída, se utilizarán turbinas Pelton y Francis ( ver gráfico 3-17).
- Válvulas: al terminar la tubería de presión o al final del distribuidor se supondrán válvulas de entrada mariposa o esférica para altas caídas (ver gráfico 3-18). Aquí es importante considerar el peso propio de la válvula (ver gráfico 3-19).
- Generadores: los generadores a considerar deberán ser trifásicos y sincrónicos, de eje vertical y tensión de generación de 13.8 kV.
- Transformadores: si la potencia es menor de 60 MVA, deberán utilizarse transformadores trifásicos y si es mayor o igual a 60 MVA, deberá efectuarse un estudio entre transformadores trifásicos y un banco de transformadores monofásicos. La capacidad de los

transformadores se escogerá según su peso de transporte, con el fin de tener en cuenta la limitación de carga en los puentes del país.

- Equipo de alce (puente grúa): simple o doble según la carga y de acuerdo con el peso del rotor y la luz de la casa de máquinas.

Descarga: Con el fin de evacuar el agua una vez turbinada, deberán considerarse un túnel o canal de descarga con capacidad suficiente para que las aguas no retornen a la casa de máquinas. La velocidad máxima no debe exceder 1.5 m/s (ver gráficos 3-12 y 3-13).

### 3.9 SUBESTACION

La configuración y selección de equipos de la subestación así como su conexión con la casa de máquinas será realizado por ISA con el fin de efectuar la operación dentro del sistema nacional interconectado.

### 3.10 LINEAS DE TRANSMISION

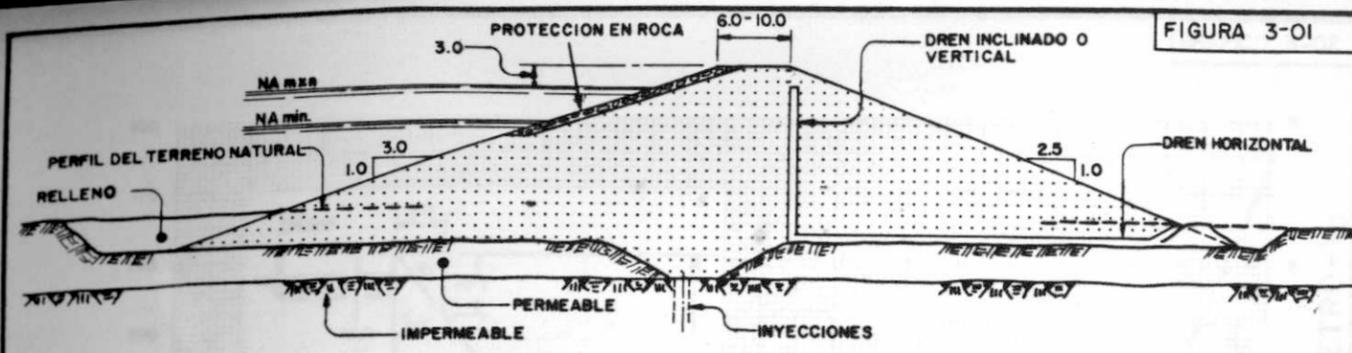
ISA, al igual que en el numeral anterior, evaluará las líneas de transmisión para conectar cada uno de los proyectos o grupo de proyectos geográficamente cercanos a la red de interconexión.

### 3.11 INFRAESTRUCTURA

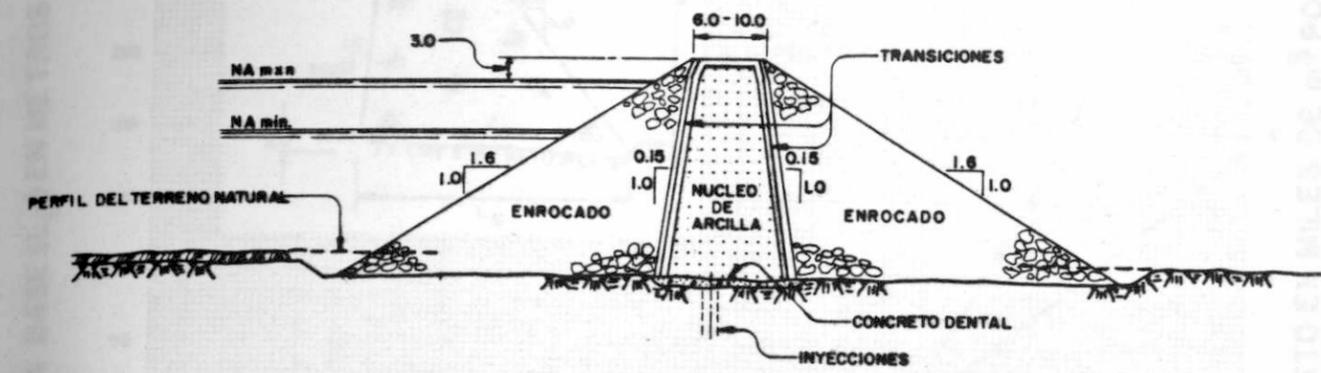
En los estimativos generales, que se harán sobre este aspecto se tendrán en cuenta los siguientes componentes principales:

- Area de influencia: los terrenos necesarios para el desarrollo del proyecto comprenden el área inundada por el embalse al nivel de aguas máximas más una franja de seguridad; el área indispensable para la construcción de las obras civiles; para las carreteras de acceso, se deberán tener en cuenta las servidumbres y además, las disposiciones legales que ordene la ley.
- Carreteras y vías férreas: se deberá tener en cuenta las longitudes de carreteras que serán localizadas y se estimarán las vías de acceso propias del proyecto que será necesario construir. Las distancias se podrán determinar por mediciones gráficas en los mapas cartográficos disponibles o en restituciones fotogramétricas. Si una vía férrea está en las cercanías del proyecto considerado, se deberá contemplar la utilización de ella mediante la construcción de un ramal para fines de suministro de materiales y equipos durante la construcción.
- Sistema de comunicación: se deberá tener en cuenta el mínimo necesario el cual constará de:
  - a) Planta telefónica administrativa
  - b) Red telefónica interna del proyecto
  - c) Equipo de comunicaciones de radio para unir el proyecto con el centro administrativo más cercano de la empresa en forma directa o a través de redes de radio existentes.
  - d) Equipo de comunicación para la operación del proyecto.

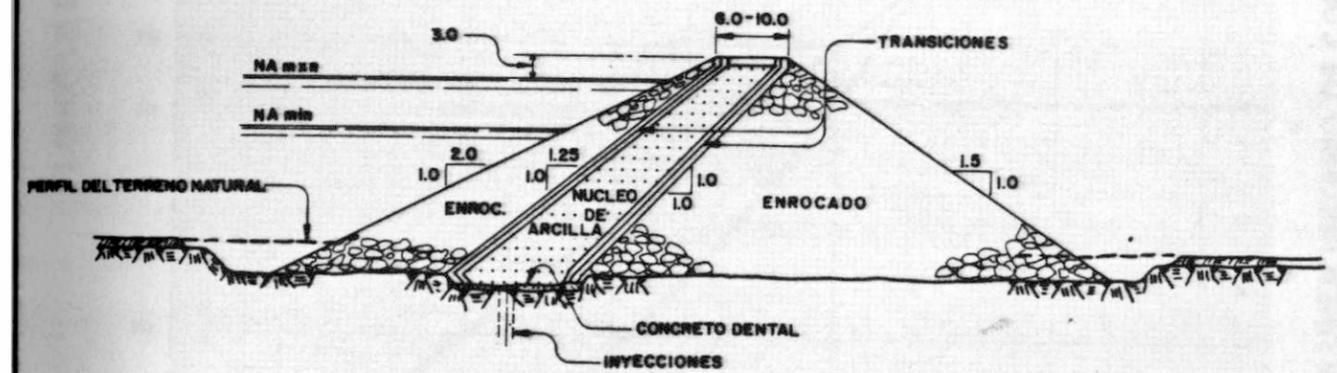
Se enfatiza la importancia que tiene la evaluación de las obras de infraestructura, ya que podrían ser unos costos significativos dentro del presupuesto total para el proyecto considerado.



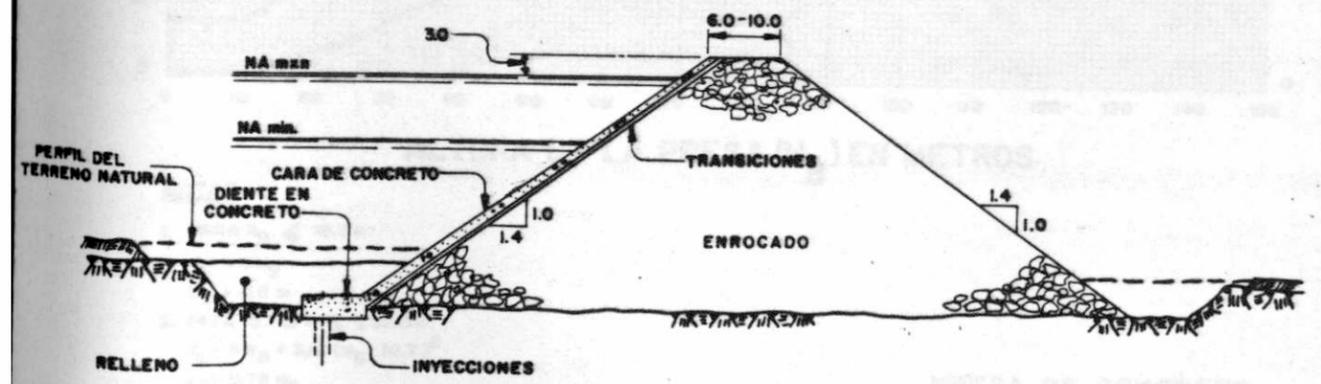
**PRESA DE TIERRA HOMOGENEA**



**PRESA DE ENROCADO CON NUCLEO CENTRAL DE ARCILLA**



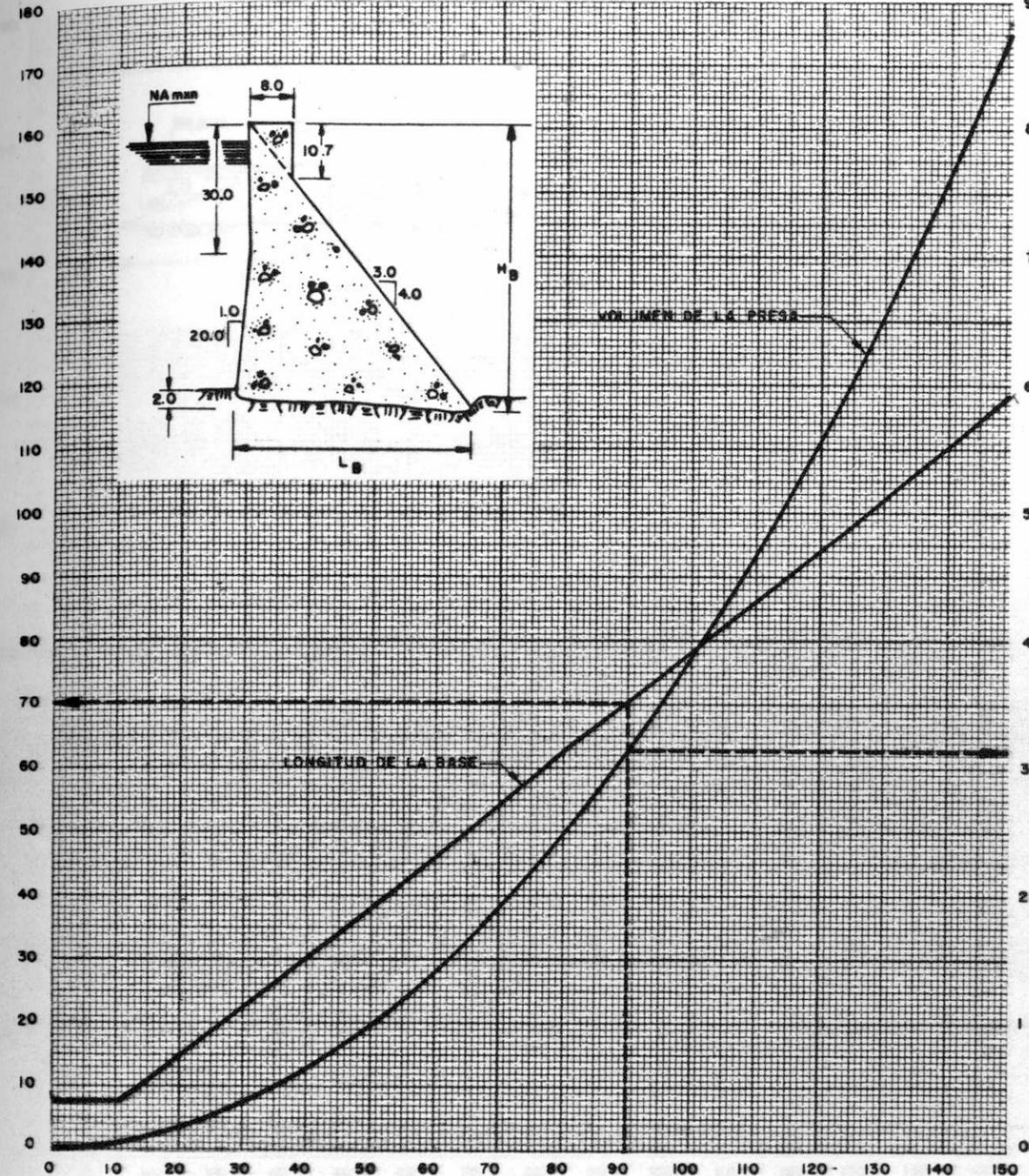
**PRESA DE ROCA CON NUCLEO INCLINADO DE ARCILLA**



**PRESA DE ENROCADO CON CARA DE CONCRETO**

**SECCIONES TÍPICAS DE PRESAS**

LONGITUD DE LA BASE (L<sub>B</sub>) EN METROS



VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO EN MILES DE m<sup>3</sup> POR METRO - V<sub>c</sub>

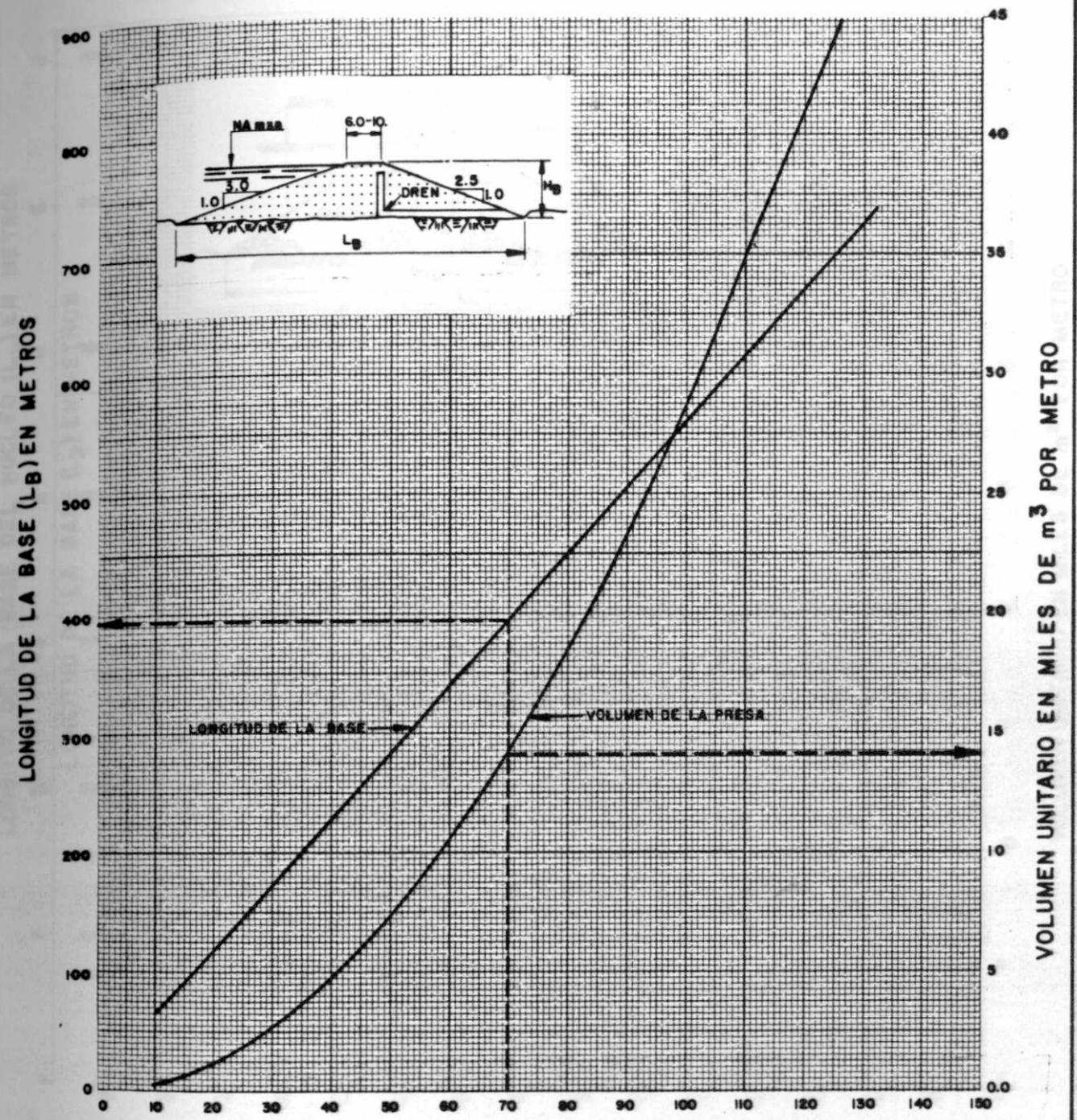
ALTURA DE LA PRESA (H<sub>B</sub>) EN METROS

**NOTAS**

1. PARA H<sub>B</sub> ≤ 10.7 m:  
 $V_c = 8 H_B$   
 $L_B = 8.0 \text{ m}$
2. PARA 10.7 m < H<sub>B</sub> ≤ 30.0 m:  
 $V_c = 8 H_B + 3/8 (H_B - 10.7)^2$   
 $L_B = 0.75 H_B$
3. PARA H<sub>B</sub> > 30.0 m:  
 $V_c = 0.4 H_B^2 - 1.5 H_B + 65.3$   
 $L_B = 0.8 H_B - 1.5$

**PRESA DE CONCRETO**

Volumen unitario y longitud de la base



NOTAS

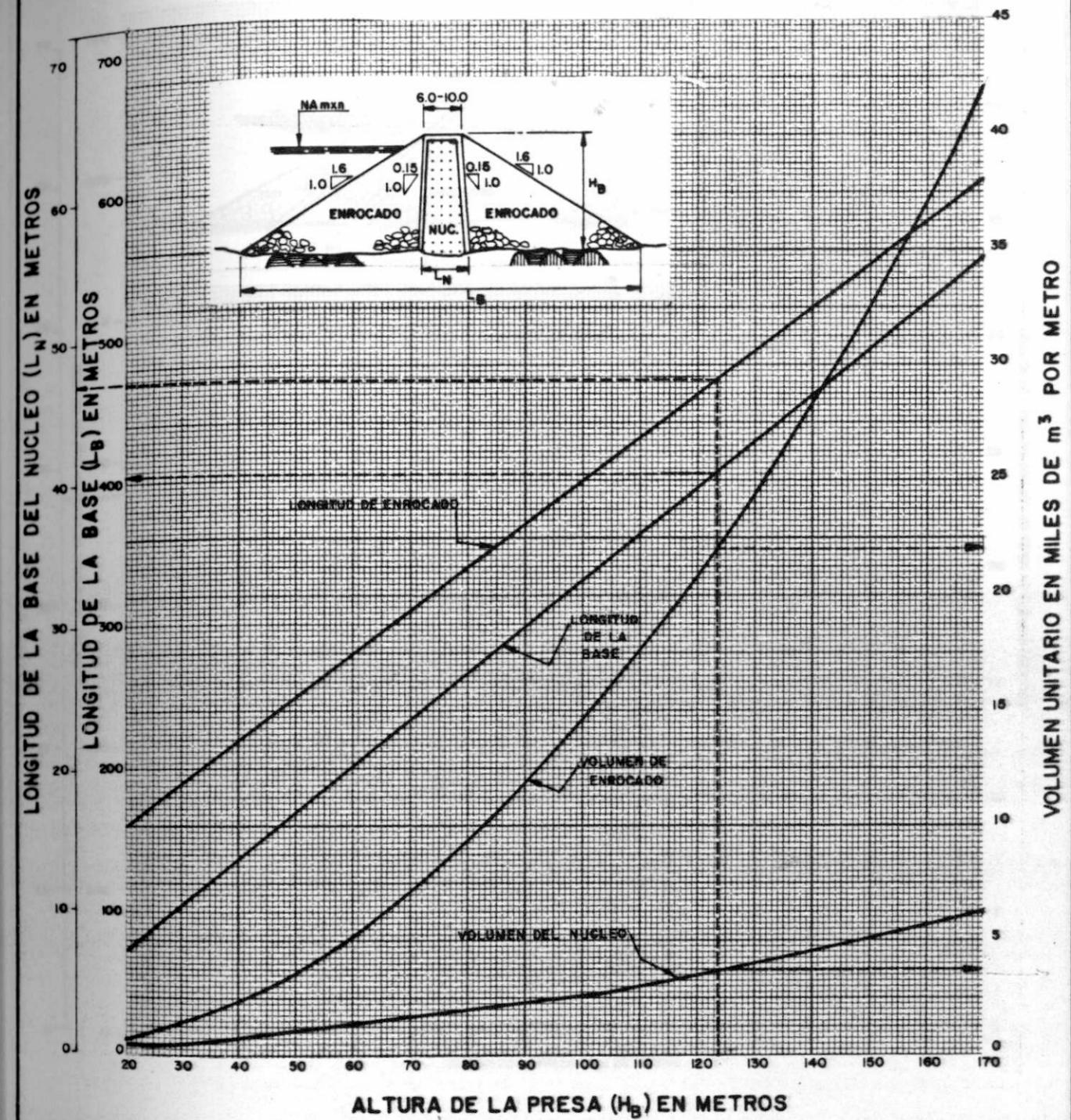
1. Longitud de la base de la presa

$$L_B = 10.0 + 5.5 H_B$$

2. Volumen unitario

$$V_{es} = 10.0 H_B + \frac{5.5}{2} H_B^2$$

PRESA DE TIERRA  
 Volumen unitario y longitud de la base

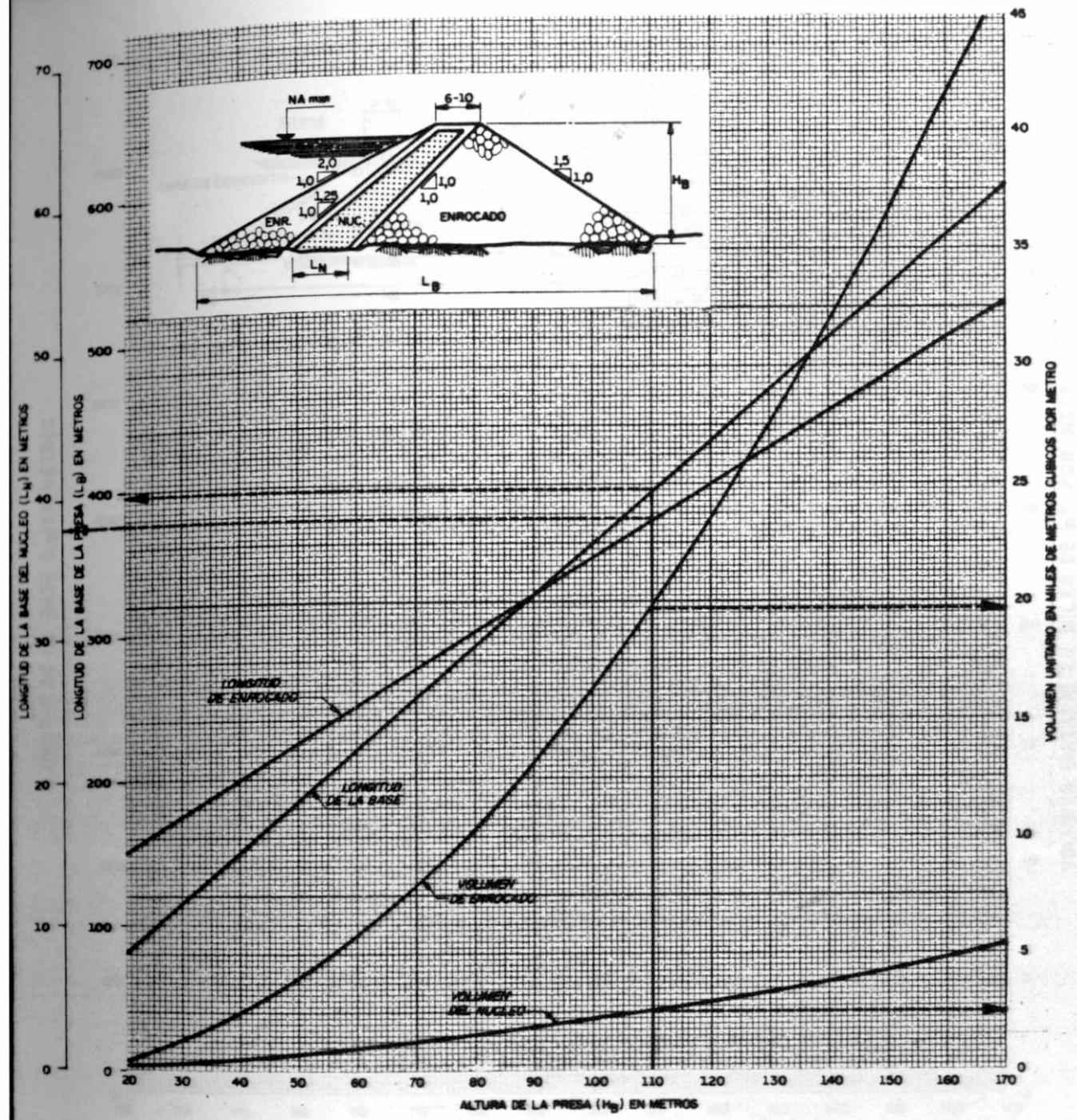


NOTAS

1. Longitud de la base de la presa  
 $L_B = 10.0 + 3.2 H_B$
2. Longitud de la base del núcleo  
 $L_N = 10.0 + 0.3 H_B$
3. Volumen unitario de enrocado  
 $V_E = 1.45 H_B^2$
4. Volumen unitario del núcleo  
 $V_N = (10.0 + 0.15 H_B) H_B$

PRESA DE ENROCADO CON NUCLEO CENTRAL DE ARCILLA

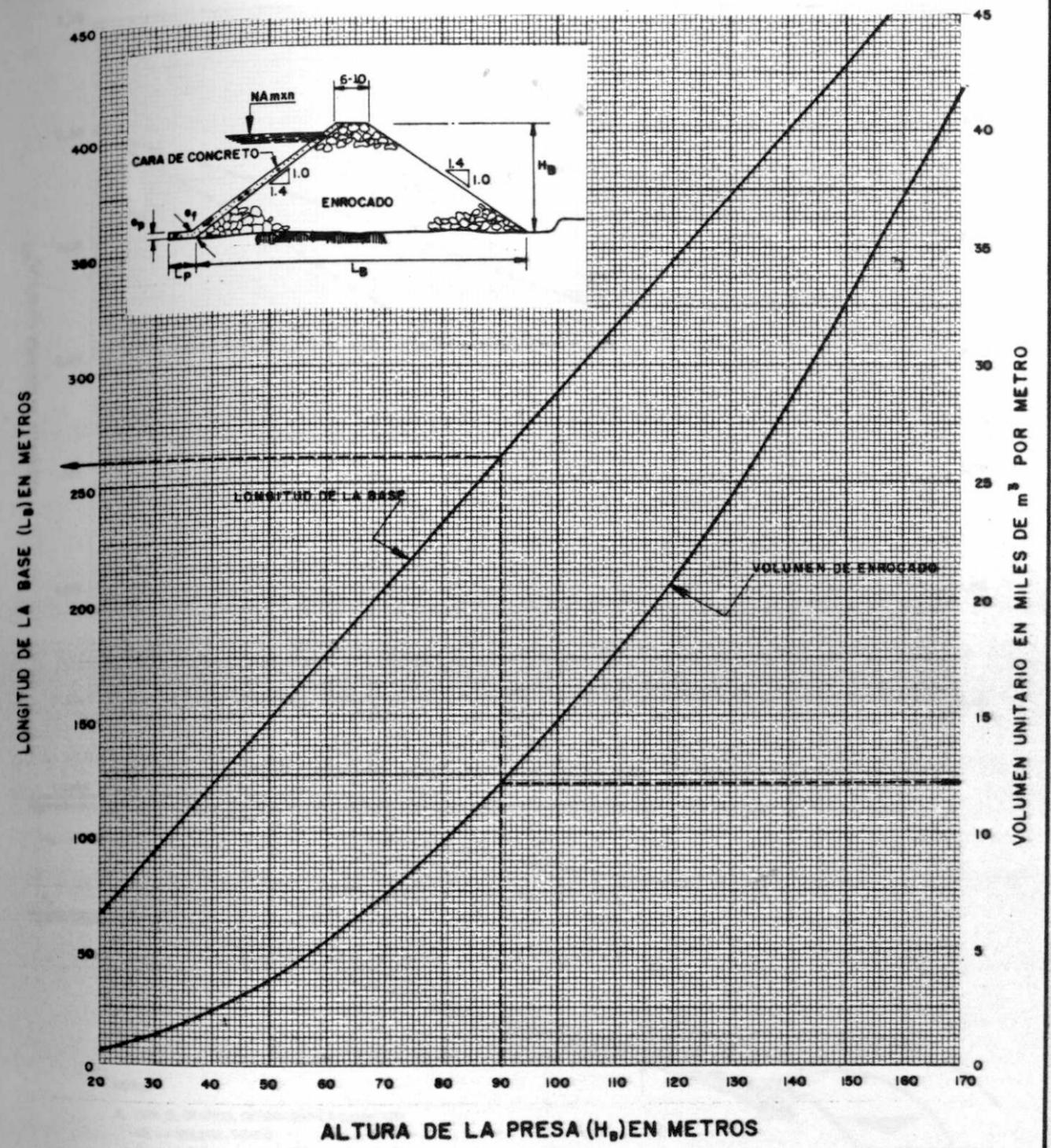
Volumen unitario y longitud de la base



- NOTAS:
1. LONGITUD DE LA BASE DE LA PRESA :  
 $L_B = 10,0 + 3,5 H_B$
  2. LONGITUD DE LA BASE DEL NUCLEO  
 $L_N = 10,0 + 0,25 H_B$
  3. VOLUMEN UNITARIO DE ENROCADOS  
 $V_{en} = 1,625 H_B^2$
  4. VOLUMEN UNITARIO DEL NUCLEO  
 $V_{nu} = (10,0 + 0,125 H_B) H_B$

**PRESA DE ENROCADO  
 CON NUCLEO INCLINADO**

Volumen Unitario y Longitud de la Base

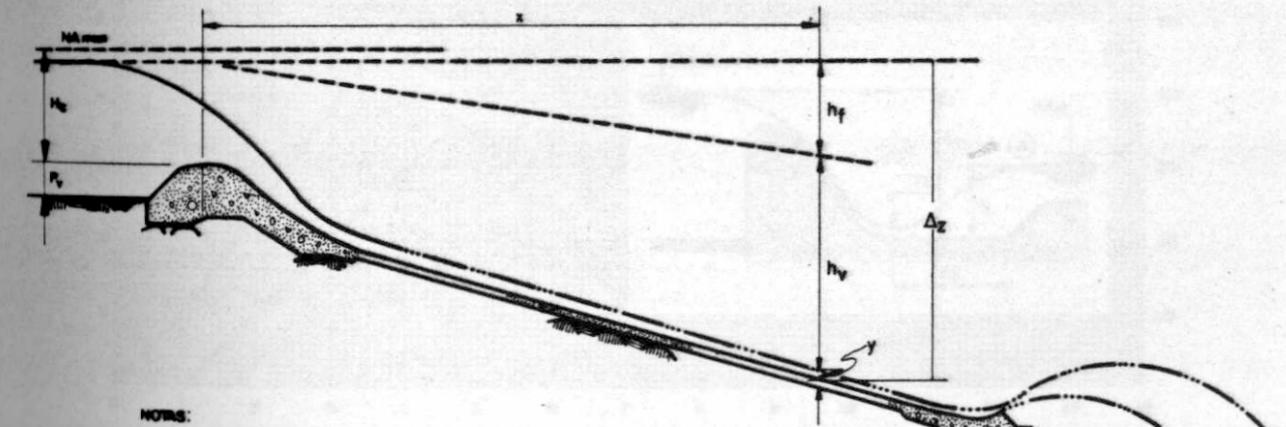
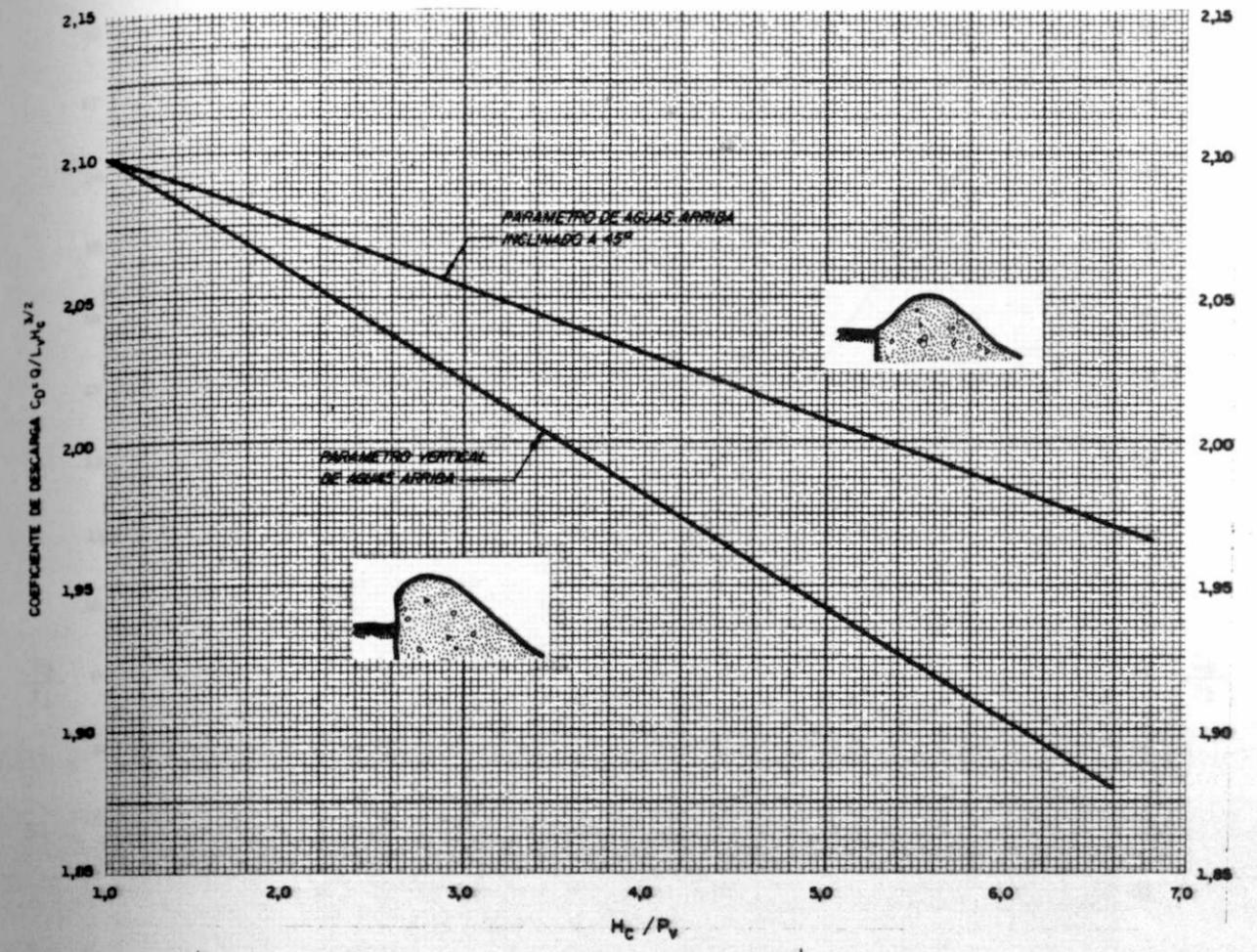


**NOTAS**

1. ESPESOR DE LA CARA DE CONCRETO  
 $e_f = 0.3 + 0.0035 H_b$
2. DIMENSIONES DE LA PATA  
 $H_b \geq 100m$ :  $L_p = 7.5m$ ;  $e_p = 0.9m$ ;  
 $70m \leq H_b < 100m$ :  $L_p = 5.5m$ ;  $e_p = 0.7m$ ;  
 $H_b < 70m$ :  $L_p = 4.0m$ ;  $e_p = 0.6m$ .
3. LONGITUD DE LA BASE DE LA PRESA  
 $L_b = 10.0 + 2.8 H_b$
4. VOLUMENES UNITARIOS  
 Enrocado:  $V_{ee} = (10.0 + 1.4 H_b) H_b$   
 Concreto cara:  $V_c = (0.52 + 0.0035 H_b) H_b + L_p \times e_p$

**PRESA DE ENROCADO CON CARA DE CONCRETO**

Volumen unitario y longitud de la base



NOTAS:

1. CON EL GRAFICO, DETERMINAR LA GEOMETRIA DE LA SOLERA, SIENDO:  
 $H_c$  = ALTURA DE LA COMPUERTA EN METROS  
 $P_v$  = ALTURA DE LA SOLERA SOBRE EL CANAL DE APRON EN METROS  
 $Q$  = CAUDAL TOTAL EN  $m^3/s$   
 $L_v$  = SUMA DE LAS LONGITUDES DEL VERTEDERO EN METROS
2. CON LAS FORMULAS SIGUIENTES, DETERMINAR LA PERDIDA DE CARGA EN LA PROFUNDIDAD:  

$$h = \frac{v^2}{2g}, \text{ EN METROS}$$

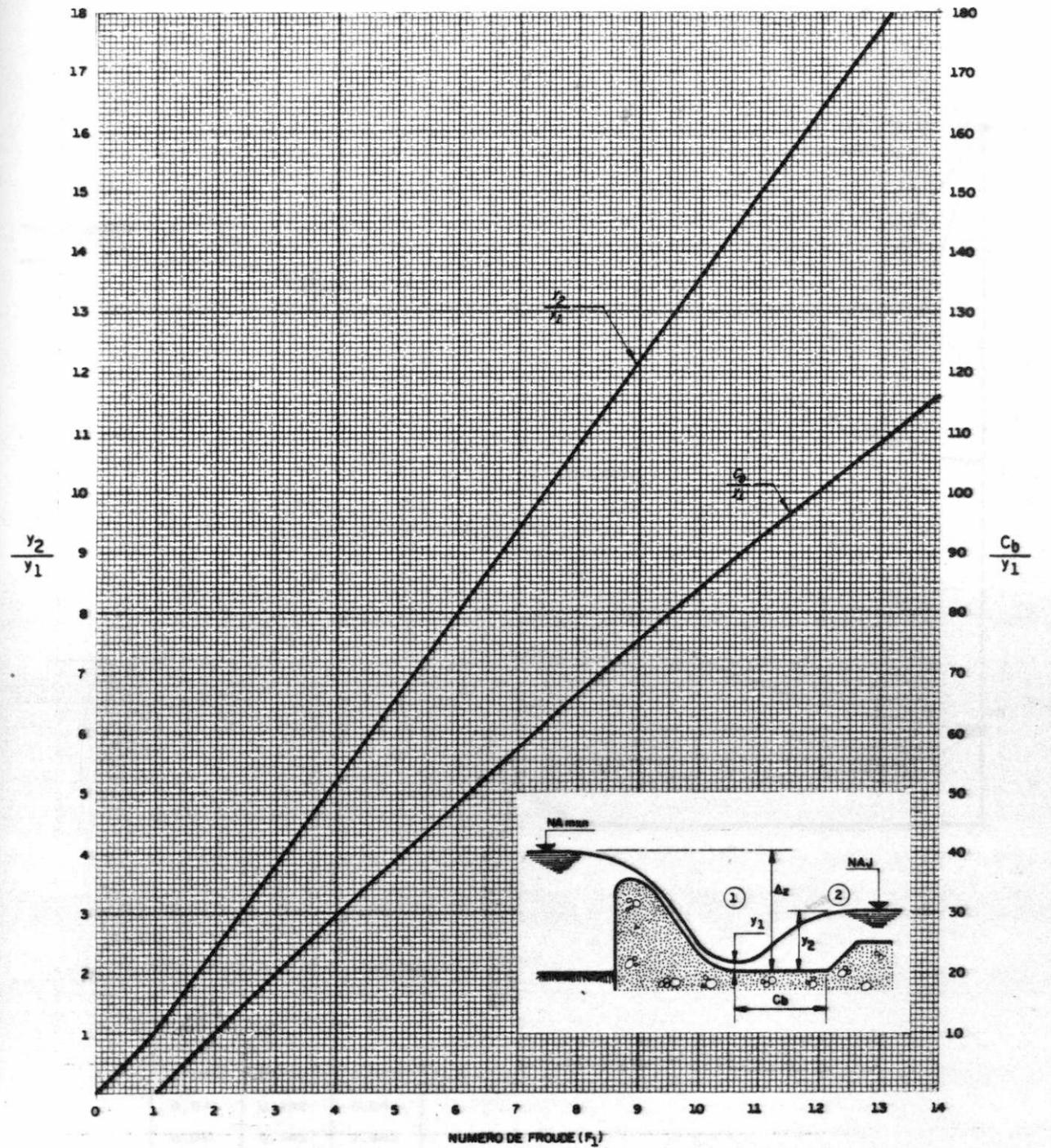
$$y = \frac{q}{V}, \text{ EN METROS SIENDO } q \text{ EL CAUDAL POR UNIDAD DE LONGITUD DE LA CRESTA}$$

$$h_f = 54,34 \frac{x \cdot h_v^{1,67}}{q^{1,33} K_s^2}, \text{ EN METROS}$$

$$\Delta z = h_f + h_v + y, \text{ EN METROS}$$

$$K_s = \text{COEFICIENTE DE STRICKLER}$$

**VERTEDERO EN CANAL**  
 Características Hidráulicas  
 para Predimensionamiento



NOTAS:

1. FORMULAS BASICAS:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1+8F_1^2} - 1); F = \frac{v_1}{\sqrt{gy_1}}; v_1 = 0,9 \sqrt{2g\Delta z}$$

SIENDO:

$y_2$  o  $y_1$  = ALTURAS CONJUGADAS DEL RESALTO EN METROS

$F_1$  = NÚMERO DE FROUDE EN LA SECCION ①

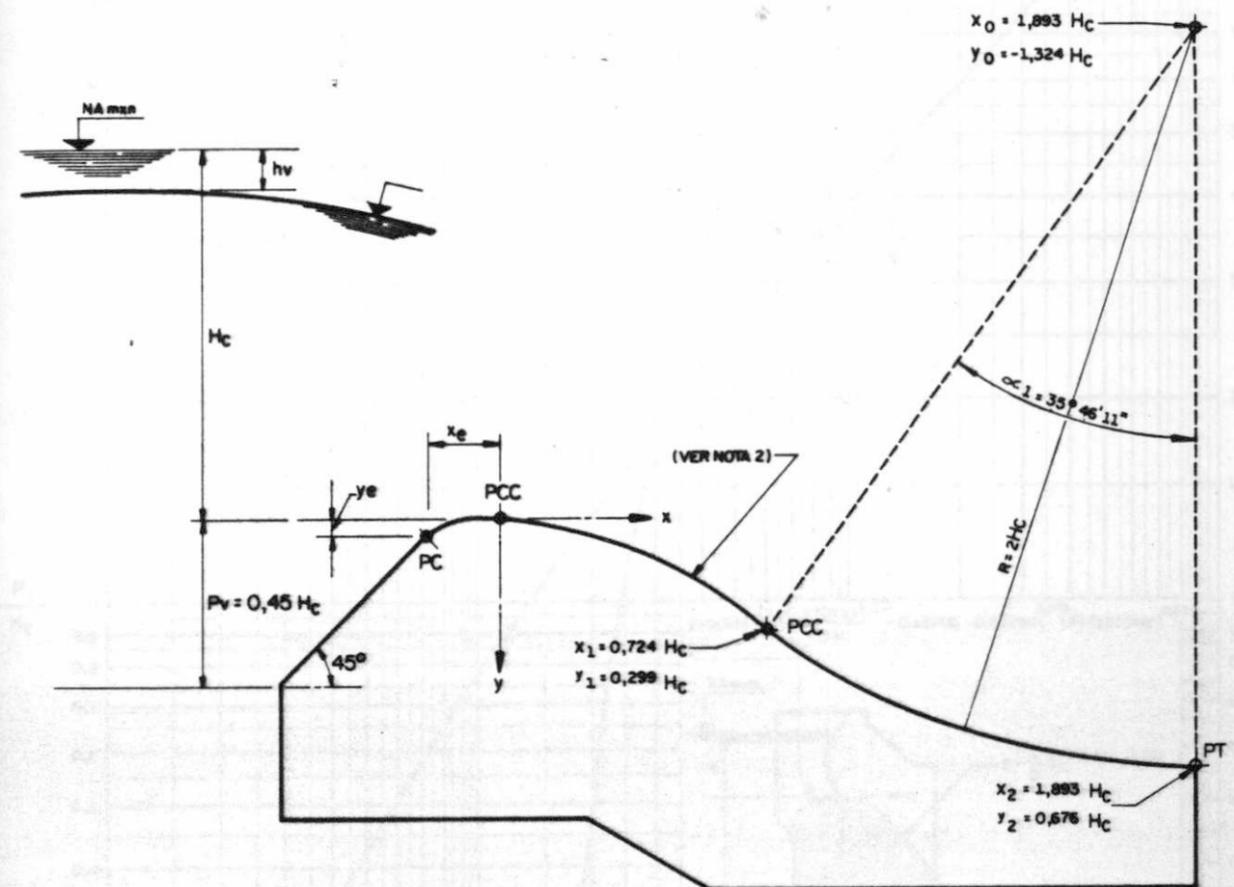
$g$  = ACELERACION DE LA GRAVEDAD EN  $m/s^2$

$C_b$  = LONGITUD DEL POZO EN METROS

$\Delta z$  = DIFERENCIA DE COTA ENTRE  $NA_{min}$  Y EL POZO EN METROS

2. TOMADO DE HYDRAULIC DESIGN OF STILLING BASINS AND ENERGY DISSIPATORS - BUREAU OF RECLAMATION

**VERTEDERO CON POZO DE DISIPACION**  
Características Hidráulicas para Predimensionamiento



NOTAS:

1. COORDENADAS DEL PC DEL CUADRANTE AGUAS ARRIBA:

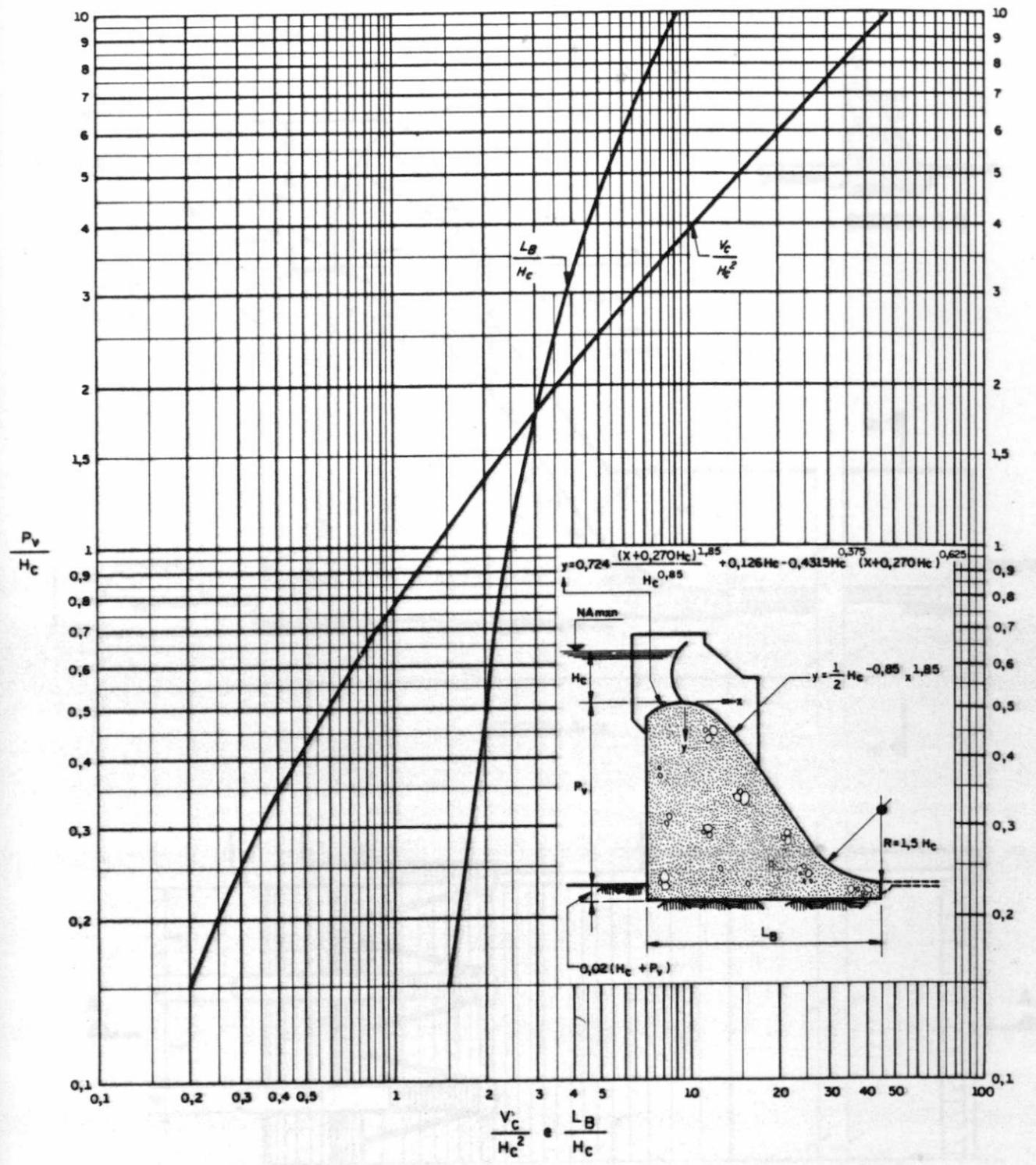
$\frac{h_v}{H_c}$	$\frac{x_e}{H_c}$	$\frac{y_e}{H_c}$
0,00	0,200	0,045
0,04	0,198	0,044
0,08	0,195	0,042
0,12	0,190	0,038

2. ECUACIONES DE LA CURVA DE AGUAS ABAJO:

$h_v \geq 0 : x^{1,78} = 1,852 H_c^{0,78} y$   
 $h_v = 0,08 : x^{1,75} = 1,869 H_c^{0,75} y$   
 $h_v = 0,12 : x^{1,747} = 1,905 H_c^{0,747} y$

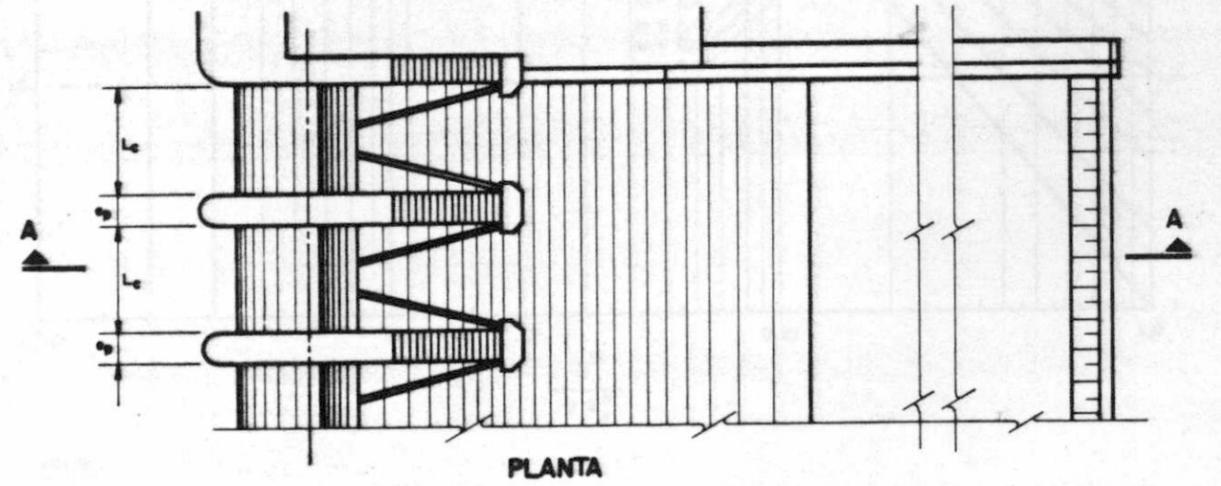
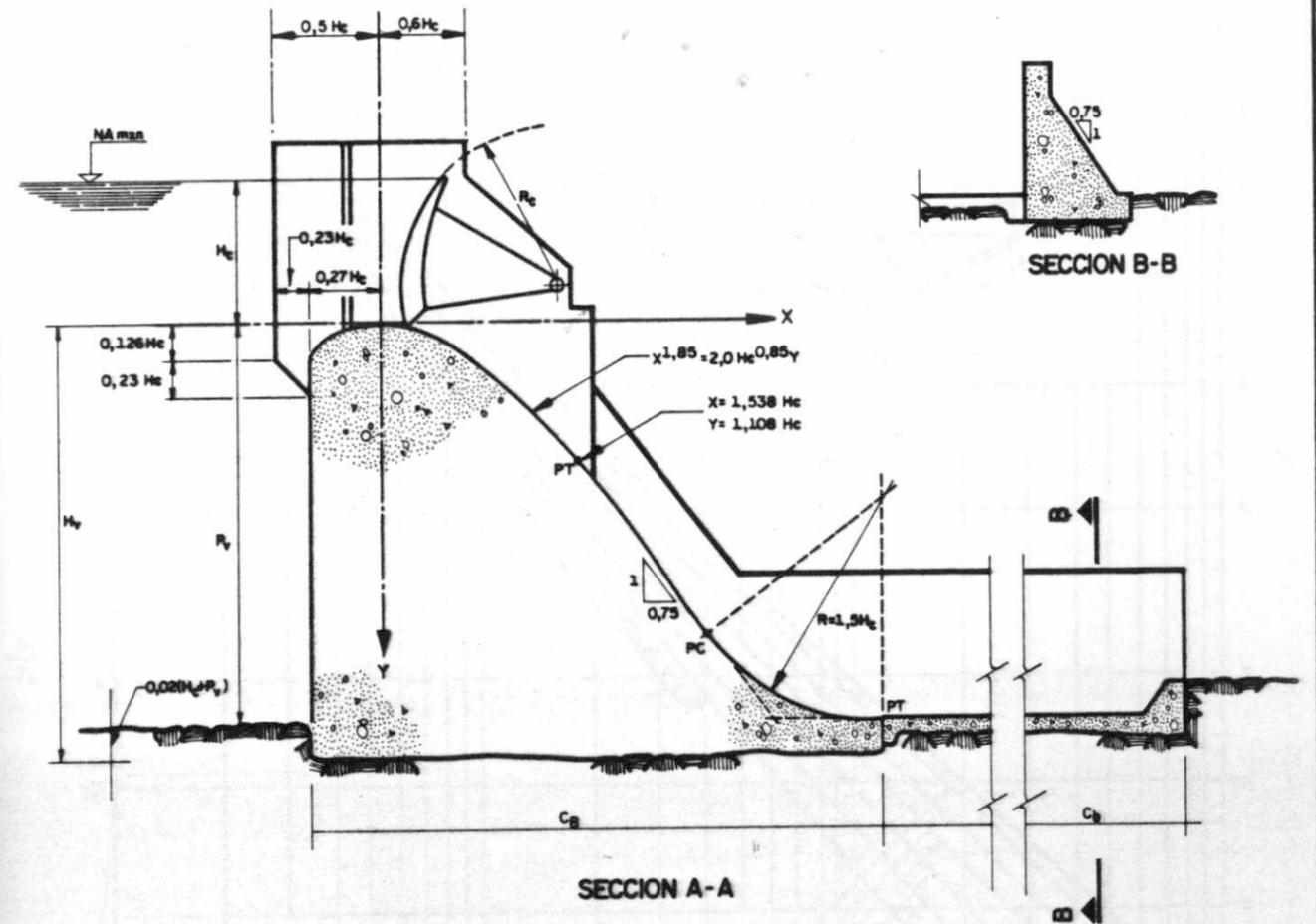
3. TOMADO DE U.S. CORPS OF ENGINEERS:  
 "HYDRAULIC DESIGN OF SPILLWAYS" - MARCH 1965

VERTEDERO EN CANAL  
 Geometría de la Solera

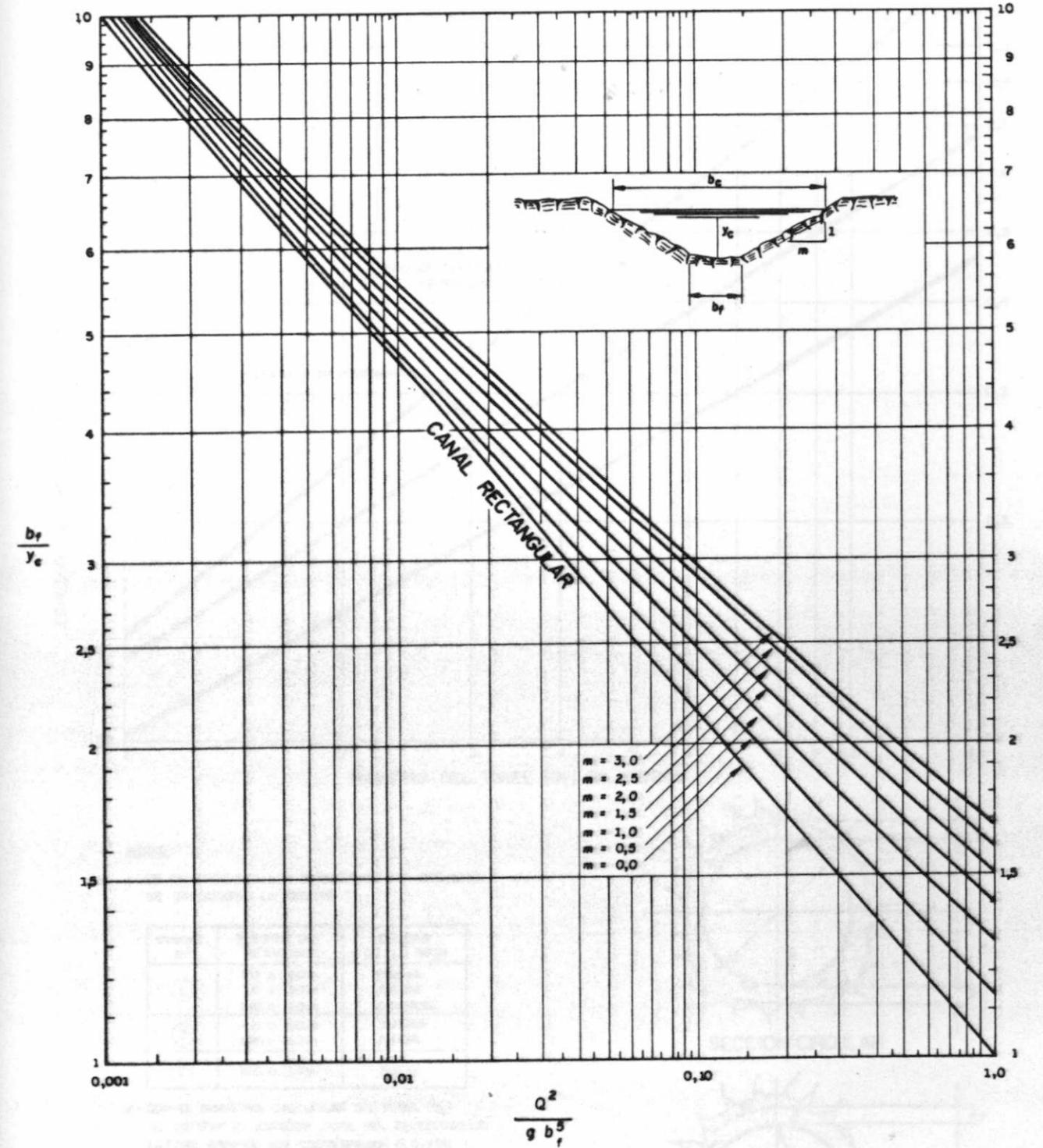


- NOTAS:
1.  $H_c$  = ALTURA DE LA COMPUERTA, EN m CONSIDERADA EQUIVALENTE A LA CARGA HIDRÁULICA DEL VERTEDERO
  2.  $V_c$  = VOLUMEN UNITARIO DEL VERTEDERO EN  $m^3$  POR m
  3.  $L_B$  = LONGITUD DE LA BASE
  4.  $P_v$  = ALTURA DE LA SOLERA SOBRE EL PISO DEL CANAL EN METROS

VERTEDERO EN PRESA DE CONCRETO  
Volumen Unitario y Longitud de la Base



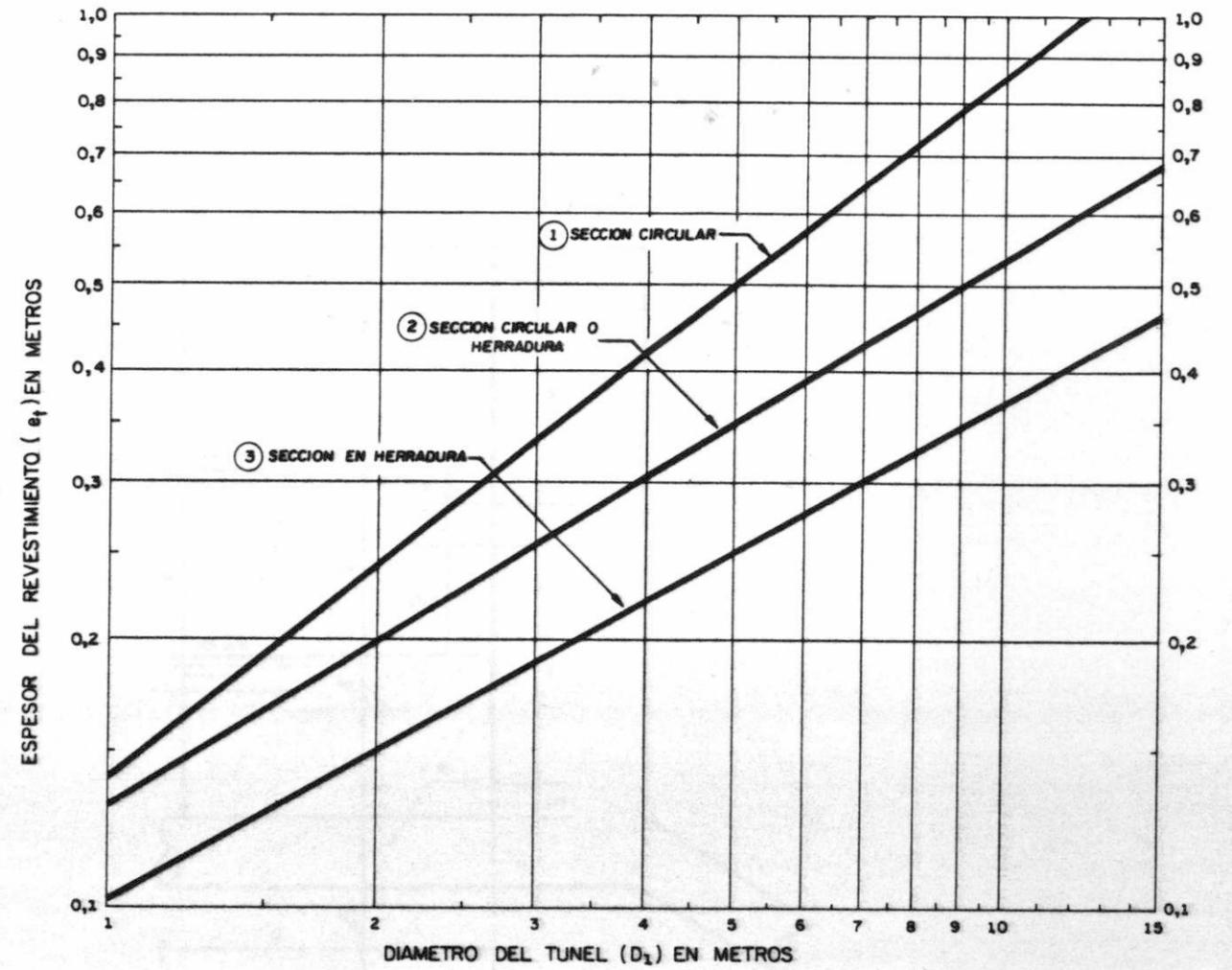
VERTEDERO SUPERFICIAL EN PRESA DE CONCRETO



**NOTAS :**

- Q = CAUDAL EN m<sup>3</sup>/S
- g = ACELERACION DE LA GRAVEDAD EN m/S<sup>2</sup>
- b<sub>f</sub> = ANCHO DE LA BASE EN METROS
- y<sub>c</sub> = PROFUNDIDAD CRITICA EN METROS
- m = PARAMETRO INDICATIVO DE INCLINACION DEL TALUD DEL CANAL (m H : 1 V ).

**CANALES RECTANGULARES Y TRAPEZOIDALES**  
 DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD CRITICA

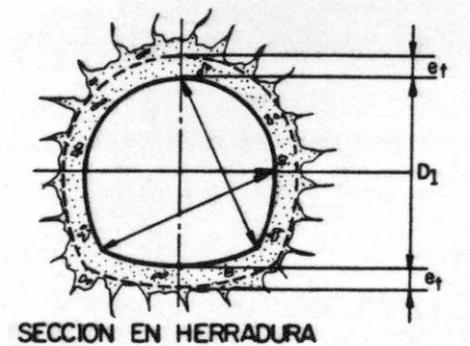
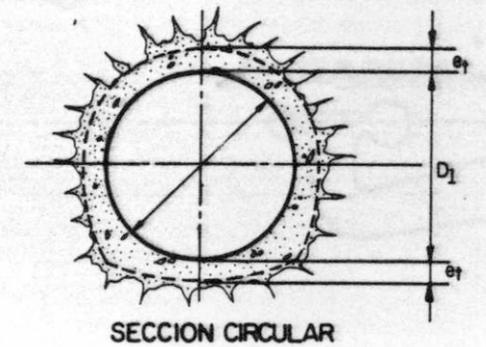


**NOTAS:**

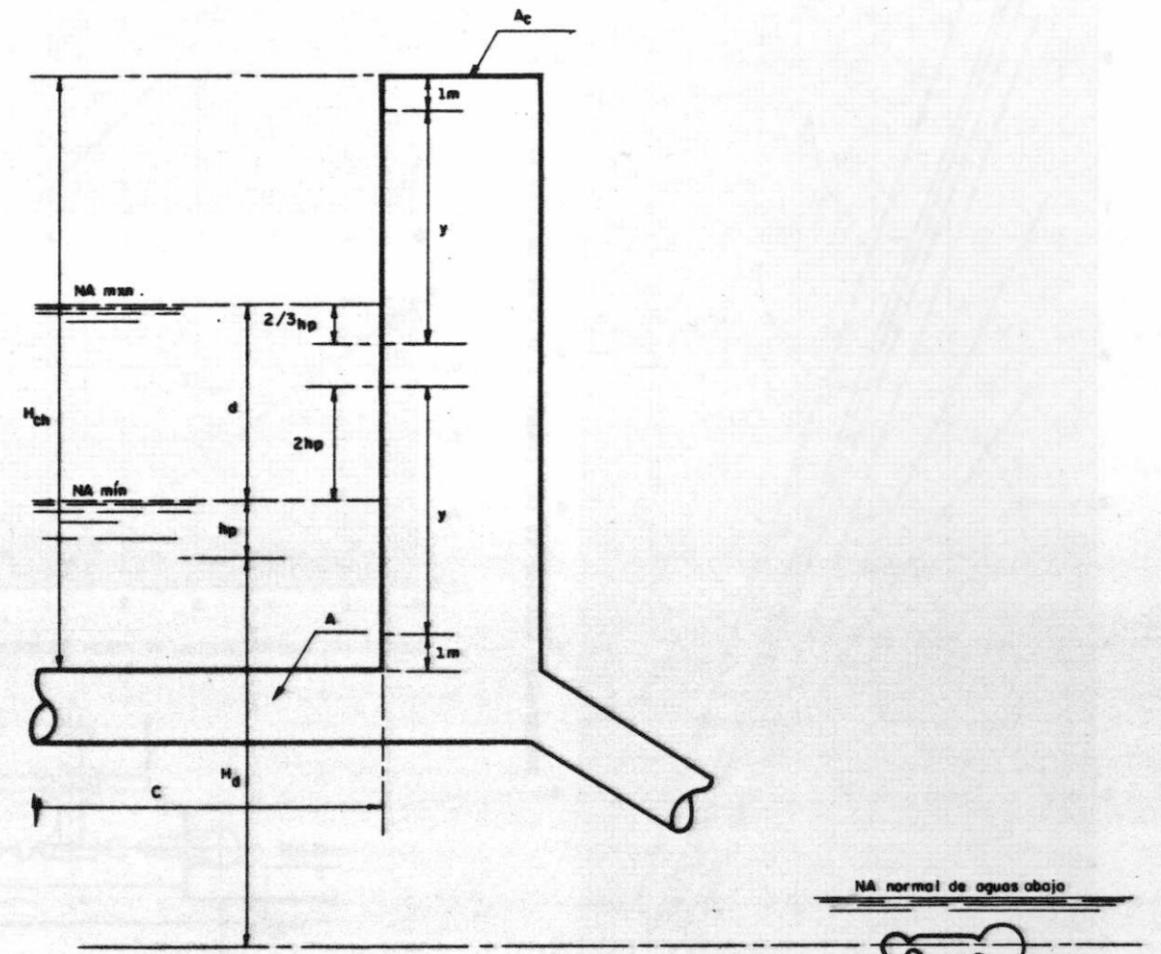
1- DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES DEL PROYECTO SE SELECCIONA LA SECCION :

CURVA N°	PRESION DE SERVICIO	CALIDAD DE LA ROCA
1	50 a 80m 10 a 30m INF. a 10m	BUENA MEDIA INCIERTA
2	10 a 30m INF. a 10m	BUENA MEDIA
3	INF. a 10m	BUENA

- 2- CON EL DIAMETRO CALCULADO DEL TUNEL (D<sub>1</sub>) SE OBTIENE EL ESPESOR FINAL DEL REVESTIMIENTO (e<sub>1</sub>) DEL GRAFICO QUE CORRESPONDE A D<sub>1</sub>/20
- 3- EL VOLUMEN DE EXCAVACION ES DETERMINADO CON EL DIAMETRO TEORICO D<sub>t</sub> = 1,1D<sub>1</sub>
- 4- EL VOLUMEN DE CONCRETO ES DETERMINADO A PARTIR DEL ESPESOR FINAL DEL REVESTIMIENTO (e<sub>1</sub>)
- 5- CONFORME ELECTRICIDAD DE FRANCIA (1960)
- 6- AREA :  
SECCION CIRCULAR = 0,7854 D<sub>1</sub><sup>2</sup>  
SECCION EN HERRADURA = 0,8293 D<sub>1</sub><sup>2</sup>



**TUNELES REVESTIDOS  
SECCIONES TIPICAS  
ESPESOR DE CONCRETO ESTRUCTURAL**

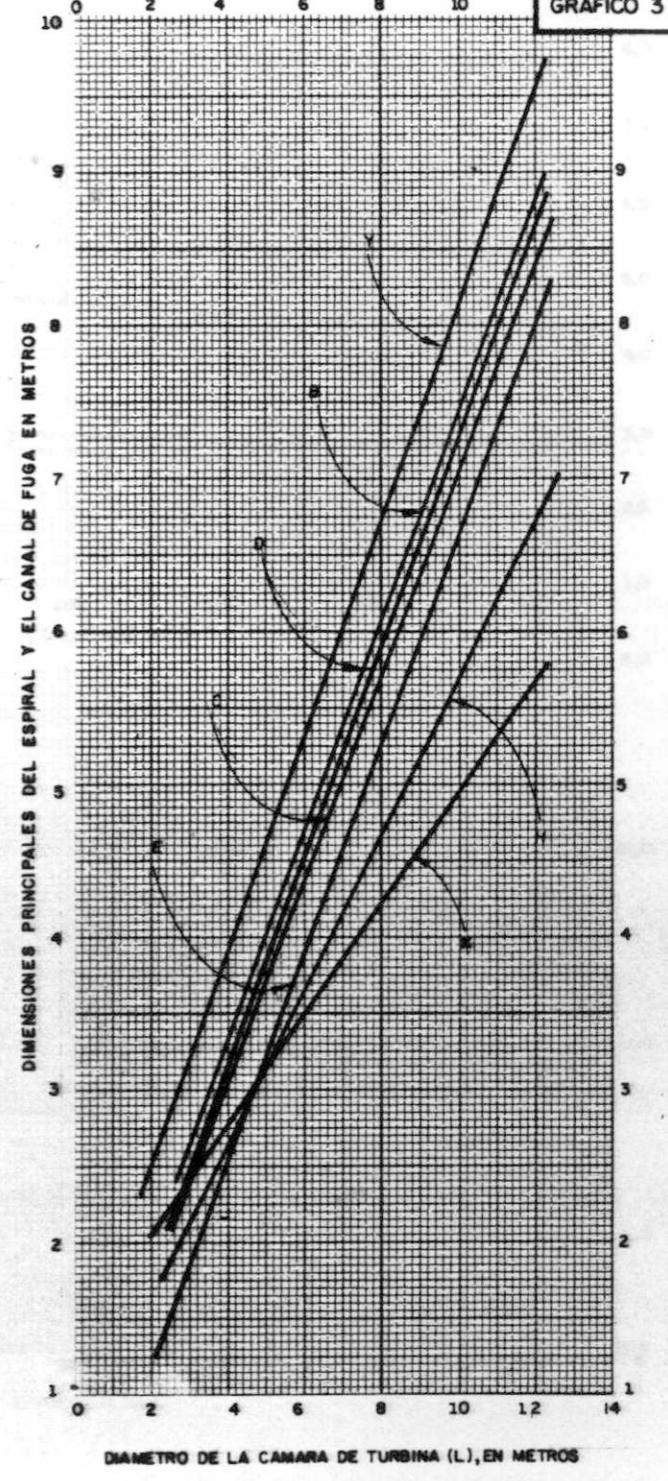
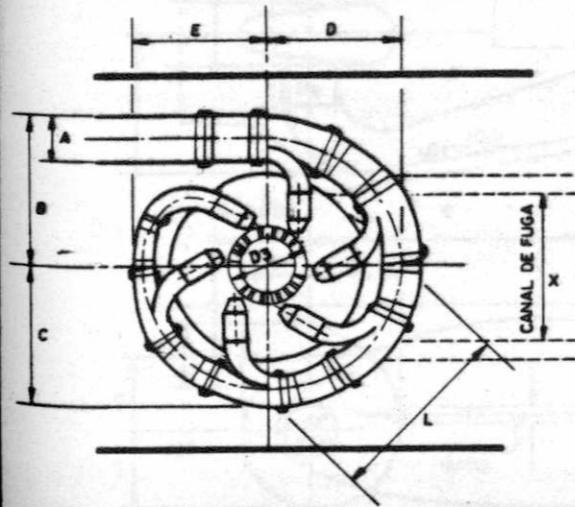
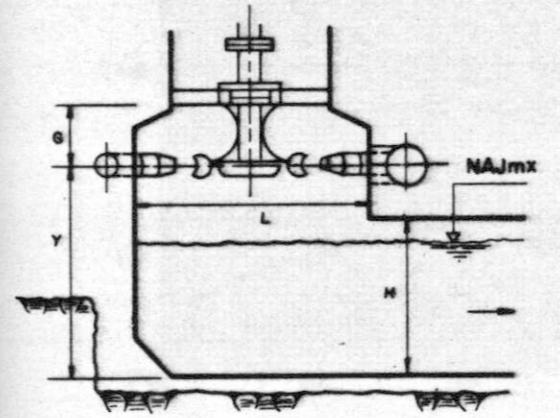
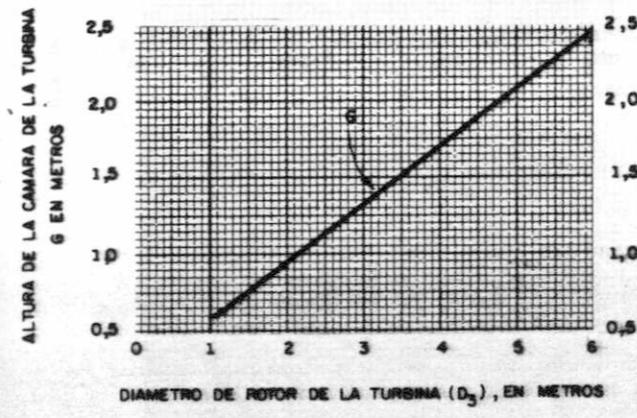
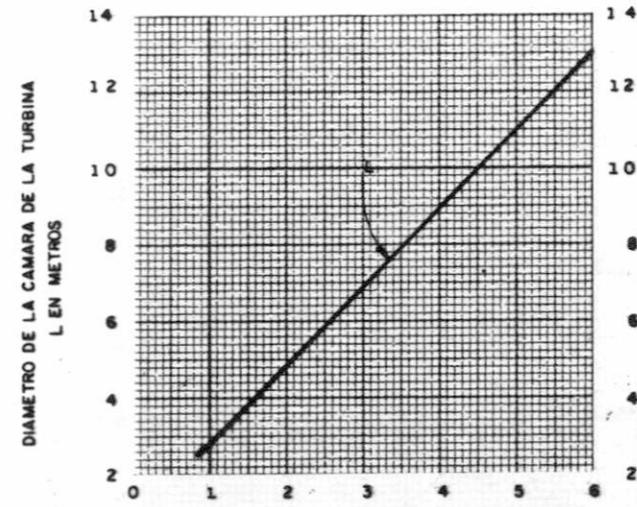


**CONVENCIONES**

- C = LONGITUD DEL CONDUCTO ADUCTOR
- A = AREA DEL CONDUCTO ADUCTOR (SECCION)
- $h_p$  = PERDIDA DE CARGA (TOTAL)
- d = DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL EMBALSE
- $H_d$  = ALTURA ESTATICA MINIMA MENOS  $h_p$
- $A_c$  = AREA DE LA ALMENARA (SECCION)
- y = OSCILACION DE LA ALMENARA
- $H_{ch}$  = ALTURA DE LA ALMENARA

**ALMENARA DE EQUILIBRIO**

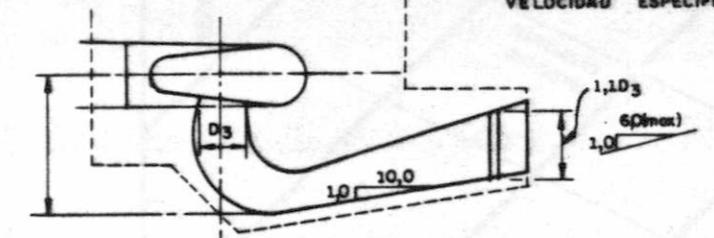
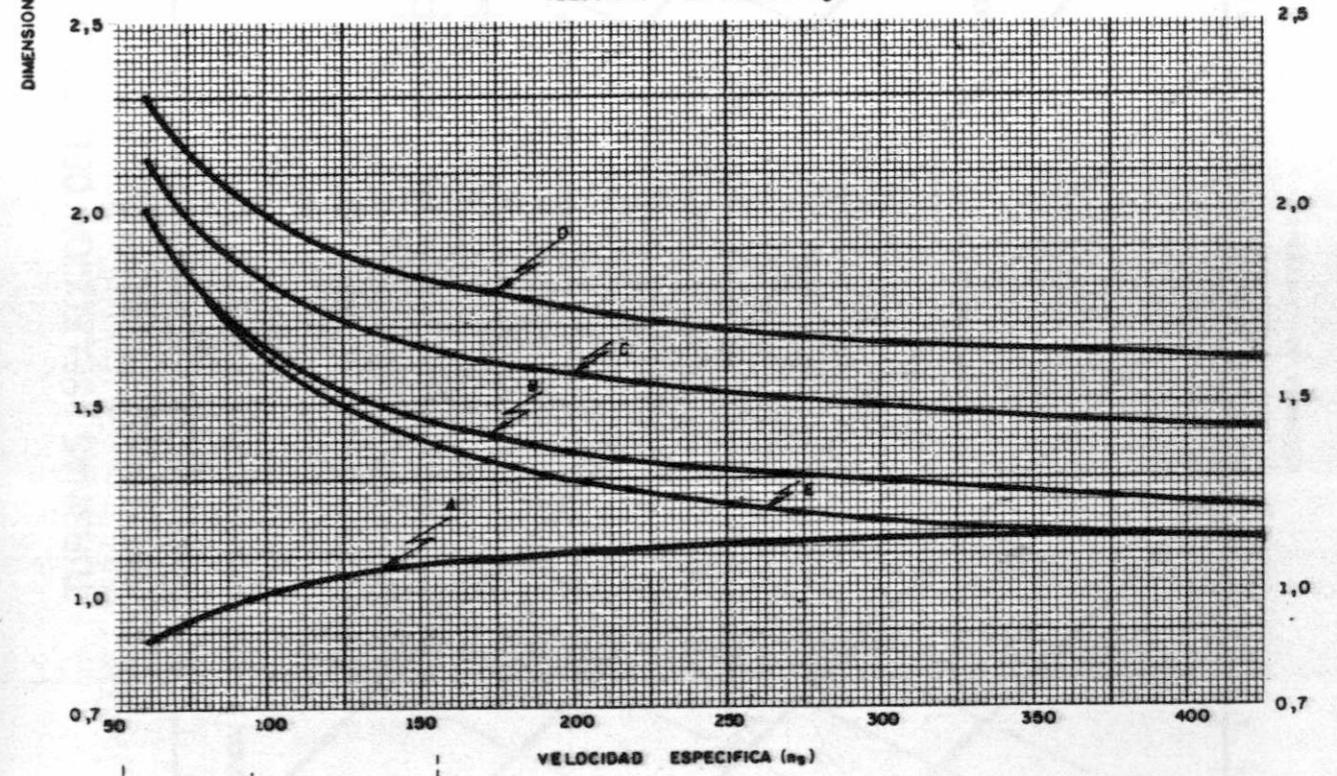
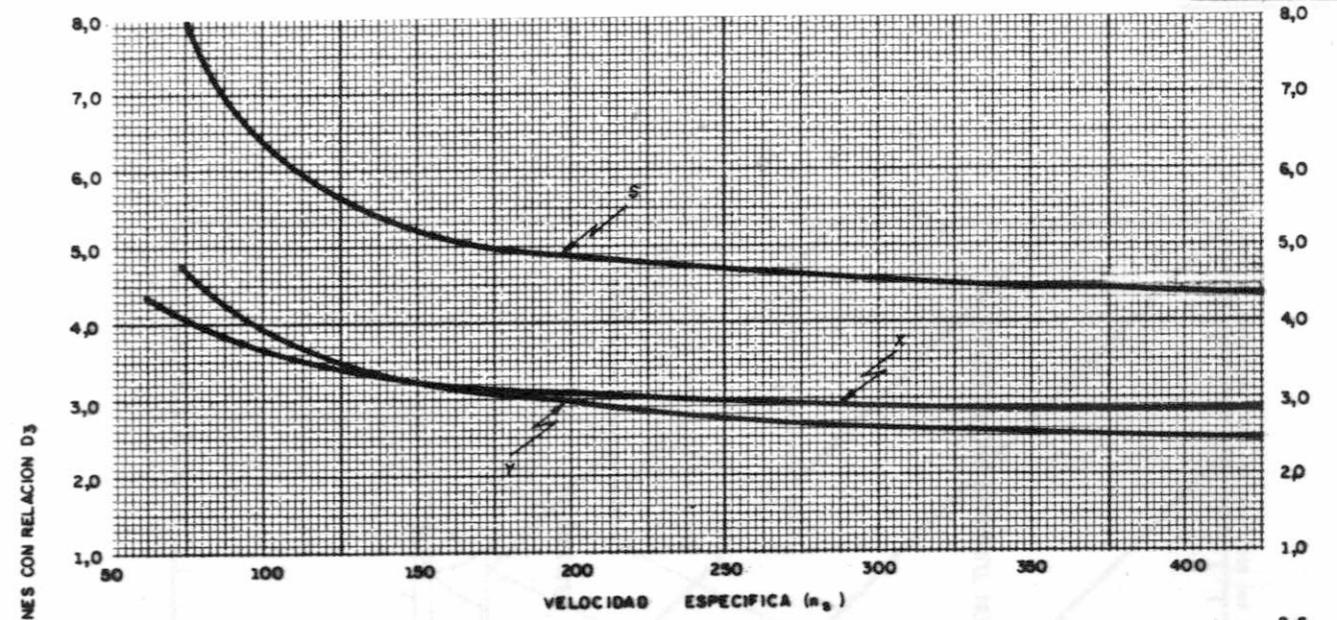
AREA DE MAQUINAS ELECTRICAS CON  
 SERVICIOS PELTON  
 OPERACIONES CENTRALES DE LA CARRERA DE MAQUINAS  
 Y DEL CANAL DE PISA



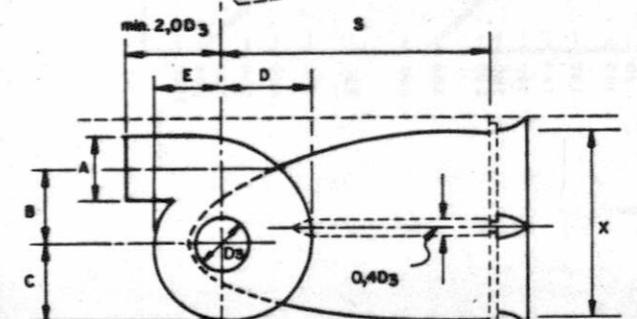
- NOTAS:
- 1- VELOCIDAD EN LA SECCION DE ENTRADA  
 $V_A = 0,82 + 0,358 \sqrt{H_1}$
  - 2- DATOS BASICOS SEGUN DE SERVO Y LUGARES! (1978)

**CASA DE MAQUINAS EQUIPADA CON TURBINAS PELTON**

DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA CAMARA DE INYECTORES Y DEL CANAL DE FUGA

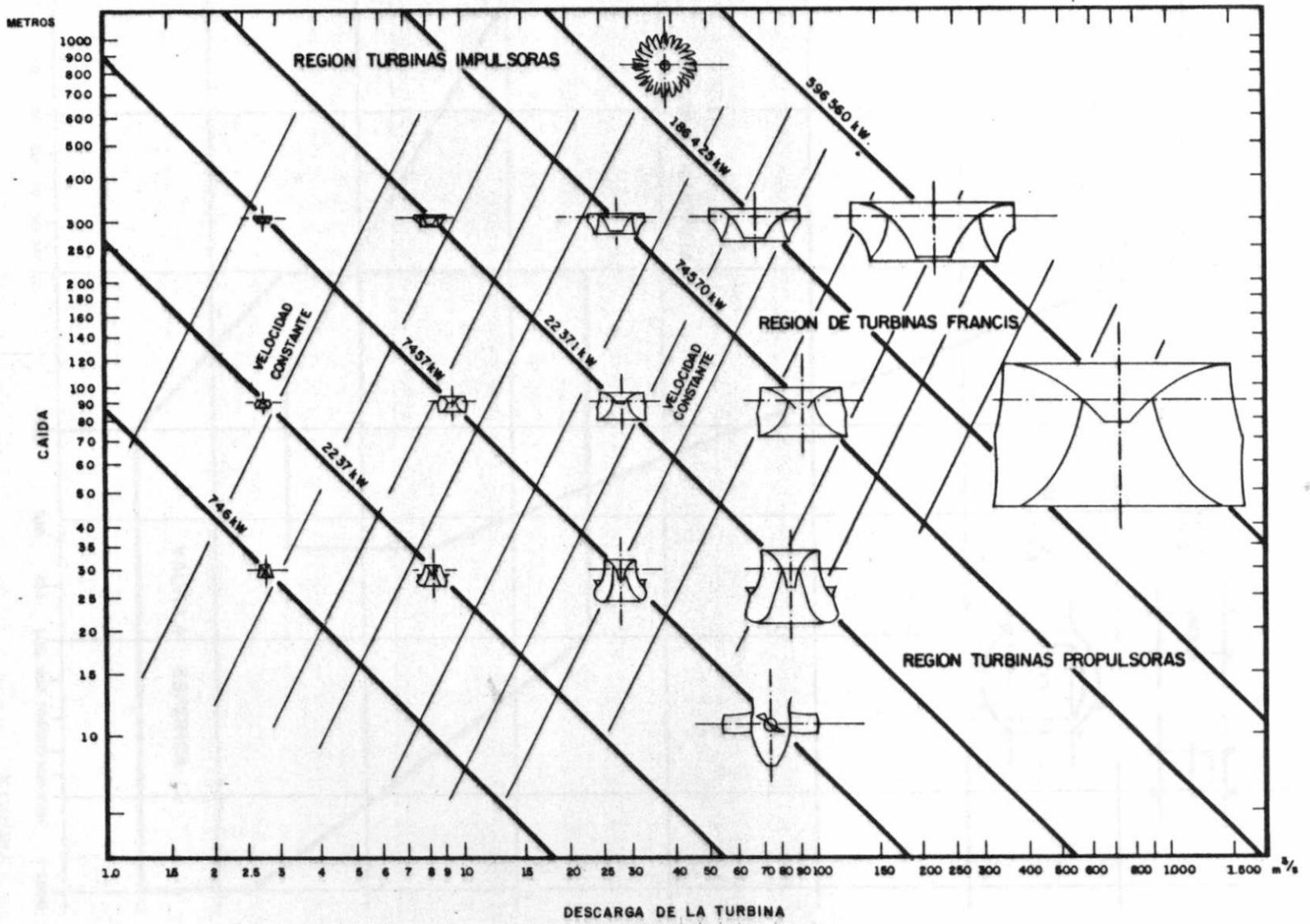


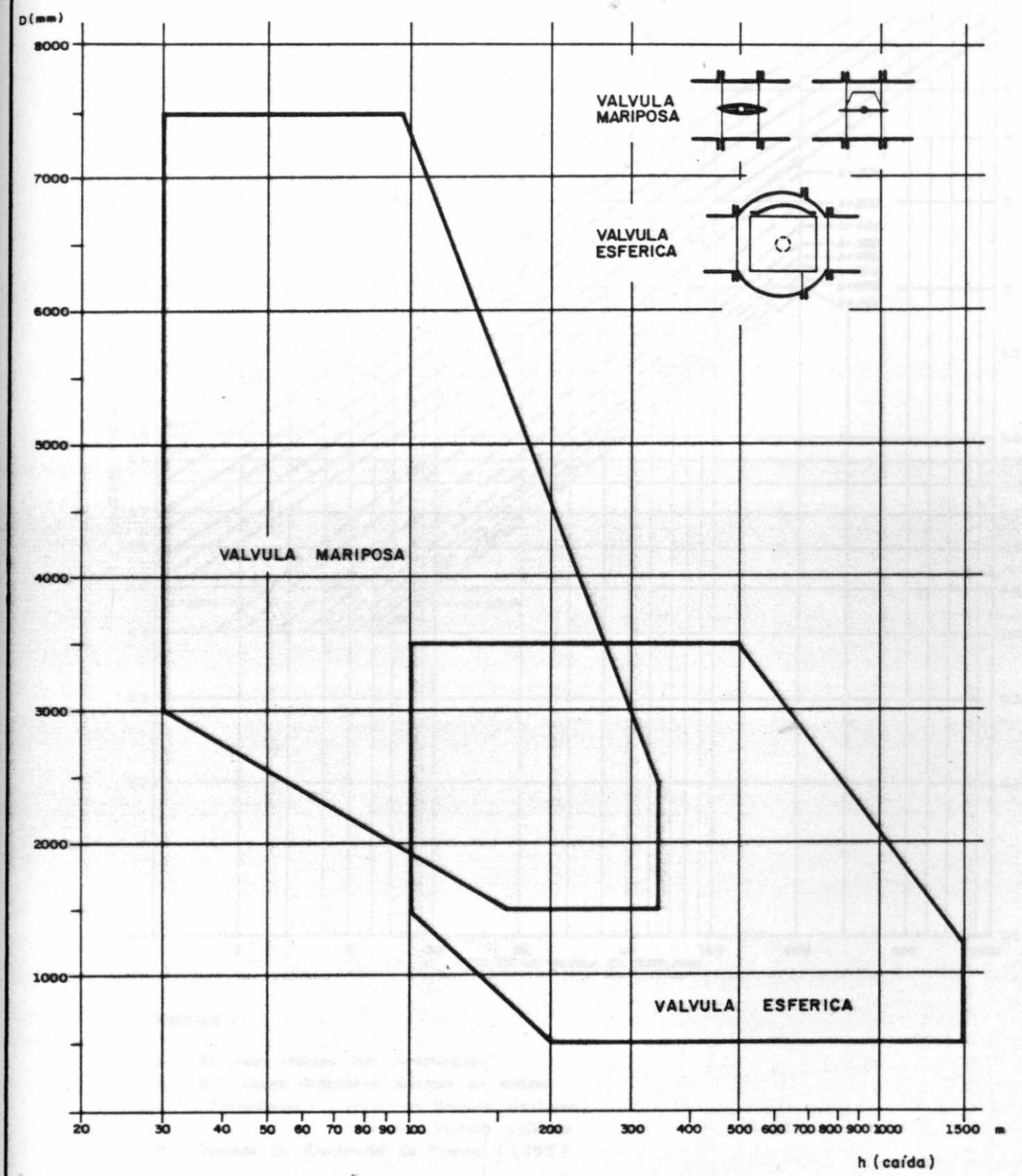
- NOTAS:
- 1- DATOS BASICOS SEGUN DESIERTO Y LEVA
  - 2-  $n_s$  = VELOCIDAD ESPECIFICA EN UNIDADES METRICAS
  - 3-  $D_3$  = DIAMETRO DE DESCARGA.



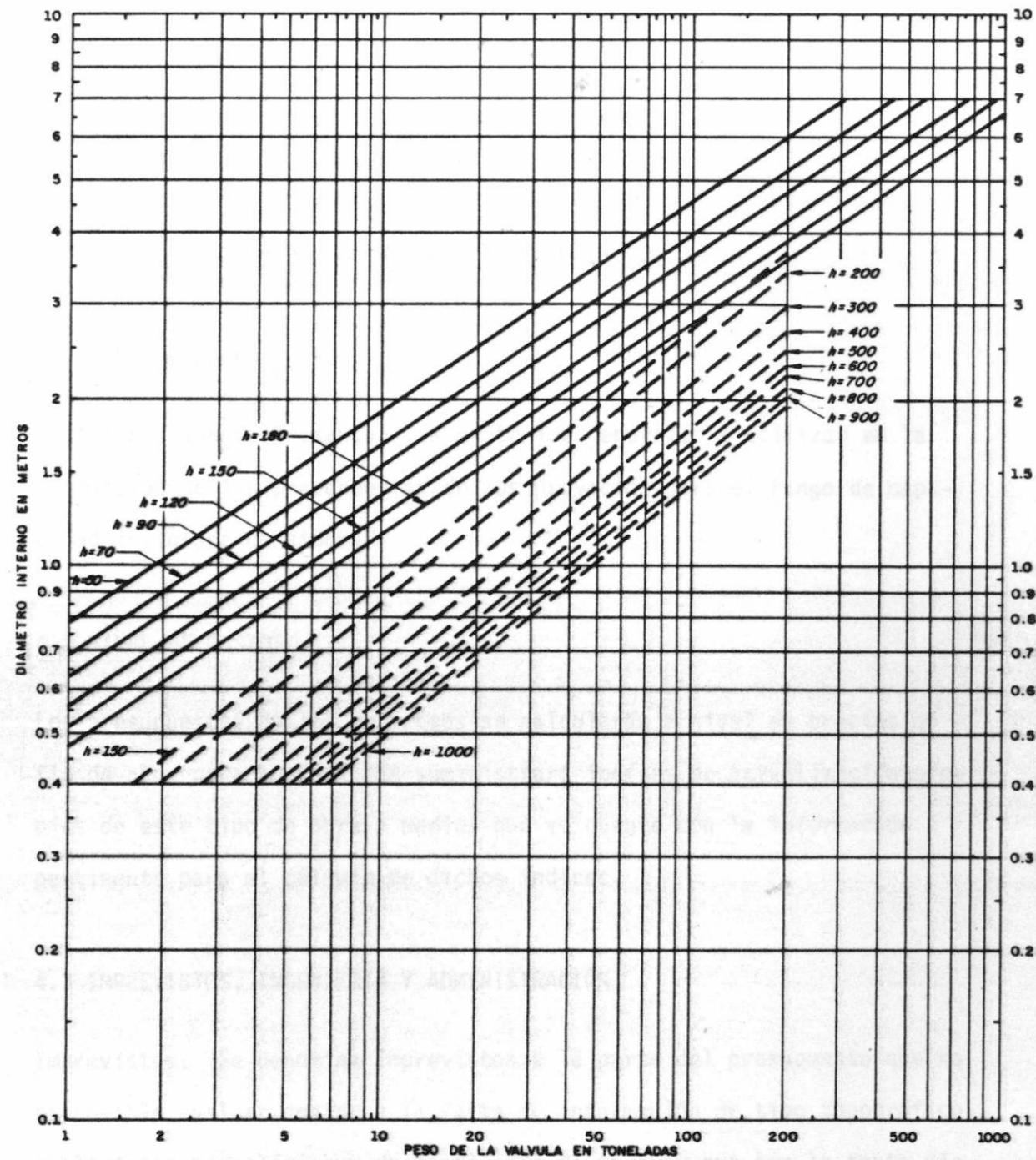
**CASA DE MAQUINAS EQUIPADA CON TURBINAS FRANCIS**  
 DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA CAMARA ESPIRAL Y DEL TUBO DE SUCCION

### TURBINAS - SELECCION DEL TIPO





VALVULAS  
Selección del Tipo



**NOTAS :**

1. El peso incluye los servomotores
2. h = Carga hidráulica máxima en metros
3. Convenciones : ——— Válvula mariposa  
 - - - Válvula esférica
4. Tomado de Electricité de France (1955)

**VALVULAS MARIPOSA Y ESFERICA**  
 Peso propio total

## 4. ESTIMATIVO DE COSTOS

### 4.1 GENERALIDADES

A continuación se presentan los criterios generales a utilizar en la evaluación de los presupuestos de los proyectos para el rango de capacidad instalada considerado.

### 4.2 NIVEL DE COSTOS

Los presupuestos de los proyectos se calcularán a nivel de precios de fin de año, para lo cual ISA suministrará índices de actualización propios de este tipo de obra a medida que se cuente con la información pertinente para el cálculo de dichos índices.

### 4.3 IMPREVISTOS, INGENIERIA Y ADMINISTRACION

Imprevistos. Se denomina imprevistos a la parte del presupuesto que no es posible evaluar debido a la falta de información de tipo topográfico, geológico o hidrológico y de cantidades de obra, y que por lo tanto disminuye a medida que aumenta el grado de conocimiento que en estos aspectos se tiene del proyecto a evaluar.

Ingeniería y Administración. Es la parte del presupuesto de un proyecto que se dedica para llevar a cabo todas las labores de estudio, diseño y control de su ejecución.

Los porcentajes de Ingeniería y Administración son mayores para la obra civil de un proyecto pues ésta es la componente sometida a mayor incertidumbre y a la que se deben dedicar más estudios.

Se adoptarán los siguientes porcentajes de acuerdo con este nivel de estudio.

NIVEL DE ESTUDIO	% DE IMPREVISTOS	
	OBRA CIVIL	EQUIPO
Reconocimiento	25	15

El porcentaje de Imprevistos se calcula sobre el costo directo, el porcentaje de Ingeniería y Administración a utilizar es constante e igual al 10% para obra civil y 8% para Equipo. La Ingeniería y Administración se calcula sobre el total de Costo Directo más Imprevistos.

#### 4.4 SISTEMA DE COSTOS

La presentación resumida del costo del proyecto deberá presentarse en la siguiente forma:

- . Predios, servidumbres y relocalizaciones
- . Infraestructura
- . Obras Civiles Principales
- . Equipos
- . Líneas y Subestaciones

- . Imprevistos
- . Ingeniería y Administración.

ISA suministrará la desagregación de ítemes para efectos de la elaboración presupuestal del proyecto.

#### 4.5 COMPONENTES EN MONEDA NACIONAL Y EXTRANJERA

La composición de moneda nacional y extranjera de los proyectos depende de la posibilidad que tenga el país de aportar materiales de construcción, mano de obra y equipos para la construcción de un proyecto en un momento dado por lo tanto los porcentajes variarán a mediano plazo y los iniciales serán los siguientes:

CONCEPTO DE COSTO	% MONEDA LOCAL	% MONEDA EXTRANJERA
. Predios, servidumbres y relocalizaciones.	100	0
. Infraestructura	100-95	0-5
. Obras Civiles Principales	50	50
. Equipos	30	70
. Líneas y Subestaciones	50	50
. Ingeniería y Administración	95	5

#### 4.6 DISTRIBUCION DE LAS INVERSIONES

El flujo anual de inversiones necesario para la ejecución del proyecto se determinará de la siguiente manera:

##### DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS INVERSIONES

AÑO EN EL CUAL SE HACE LA INVERSION	AÑOS NECESARIOS PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO					
	2	3	4	5	6	7
1	50	25	15	10	10	5
2	50	50	35	15	15	15
3		25	35	30	25	20
4			15	30	25	25
5				15	15	15
6					10	15
7						5

#### 4.7 COSTOS INCLUIDOS EN LOS PRESUPUESTOS

Los presupuestos presentados por el inventario incluirán los costos de todas las obras necesarias para la realización del proyecto excluyendo los costos de los módulos de las subestaciones y las líneas de conexión a la red principal del sistema interconectado o a los sistemas de transmisión propios de las empresas socias de ISA.

#### 4.8 METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE COSTOS DIRECTOS

En preparación.

## 5. PRESENTACION DE RESULTADOS - INFORME FINAL

El informe de esta fase es un documento en el cual deben ser presentados los resultados finales de los estudios del Inventario Hidroeléctrico con sus respectivas conclusiones y recomendaciones.

Este documento estará compuesto por un resumen general y varios apéndices los cuales deben contener la descripción detallada de los trabajos realizados y dependiendo de su extensión pueden ser presentados en un solo volumen o en volúmenes separados.

### 5.1 RESUMEN GENERAL

Debe comenzar con una carta de presentación y un prefacio que por regla general debe ser breve en el cual se describan las características principales del trabajo en términos de los resultados obtenidos y de los medios utilizados en su realización; normalmente, en el prefacio se da crédito a las personas y organizaciones que, no participando directamente en el trabajo, hayan contribuido significativamente para su realización. En forma breve se hará referencia a la organización, coordinación y metodologías empleadas.

Los siguientes capítulos de este resumen general incluirán un catálogo de los proyectos inventariados, indicando la identificación del proyecto,

su estado en relación con estudios, diseños u operación y sus principales características técnicas incluyendo tipo, nivel de costo y período de ejecución. Acompañando esta información se incluirá un mapa de Colombia a escala 1:1'500.000 con la localización de todos los proyectos inventariados.

Para cada cuenca se presentará su localización en la región correspondiente y se hará su caracterización en cuanto a fisiografía, organización político-administrativa, ocupación humana y actividad económica, actual y potencial. Para las alternativas adoptadas se hará una breve descripción de sus características y se presentarán en planta en planos 1:25.000 y en perfil a una escala adecuada acompañados con un cuadro en el cual se resumen las principales características hidrológicas, de obras civiles, de equipos y energéticas que distingan cada proyecto.

## 5.2 ANEXO 1 - PRESENTACION DE PROYECTOS

En este anexo se presentará para cada proyecto inventariado su identificación y su clasificación en cuanto a tipo de proyecto; además, los principales datos hidrológicos que se utilizaron para dimensionarlo, la geología que distingue al proyecto, las características de las obras civiles y electromecánicas, los accesos al proyecto, las obras de infraestructura necesarias para llevarlo a cabo, el período de ejecución tanto para los estudios como para la construcción, sus características energéticas y por último, el presupuesto. La descripción de cada proyecto estará acompañada con planos de detalle en los cuales se presentará el esquema básico seleccionado, el sitio de presa escogido, las

obras de infraestructura existentes, y las características técnicas más notables. Así mismo, se presentarán los planos generales de hidrología con las estaciones existentes y proyectadas, tanto hidrométricas como pluviométricas y un plano de geología regional de la cuenca en relación con las zonas que afectan los proyectos.

### 5.3 ANEXO 2 - HIDROLOGIA

En este anexo se presentarán para cada región la localización y características generales desde el punto de vista hidrológico y climático del área en estudio, la información hidrometeorológica básica y su análisis, la metodología adoptada para la realización del estudio hidrológico, los resultados obtenidos en relación con los parámetros hidrológicos calculados para cada sitio y las recomendaciones en cuanto a la necesidad de instalar nuevas estaciones o mejorar y ampliar las existentes. El estudio hidrológico de cada región estará acompañado de cuadros, figuras y mapas, entre los cuales se destacarán los mapas de localización de estaciones hidrométricas y pluviométricas utilizadas para el estudio, los mapas de isohietas de precipitación media multi-anual, los mapas de isohietas de evapotranspiración media anual, los mapas de isohietas de rendimiento multianual, además se incluirá un plano en el cual se ubiquen las estaciones que el estudio recomienda instalar en cada región en adición a las existentes.

#### 5.4 ANEXO 3 - GEOLOGIA

En este anexo se presentará una descripción general de los aspectos geológicos más importantes. Para cada proyecto se explicará la geología con el detalle obtenido en la visita de campo correspondiente; además, deberá darse información en relación con la presa, los materiales de construcción, el área del embalse, el túnel de conducción, tuberías de presión y central, junto con las recomendaciones para los proyectos más importantes, que se deberían considerar en cada sitio para posteriores estudios. Todo lo anterior se podrá anexar con el resumen técnico del proyecto y para cada zona se adjuntará un plano de la geología regional y una sección transversal esquemática de cada sitio, con la indicación de las principales características litológicas y estratigráficas identificadas.

#### 5.5 ANEXO 4 - CARTOGRAFIA

En este anexo, se presentará el cubrimiento cartográfico existente a diferentes escalas, de diversas entidades y calidades, para cada región, zona y proyecto en particular. Se describirán los reconocimientos aéreos y terrestres, los trabajos de topografía y otros levantamientos (barométricos, batimétricos, etc) realizados para la determinación de cotas, perfiles y secciones.

El informe final se debe concluir con una relación de los datos relativos a la organización operacional y ejecución de los trabajos de inventario mostrando el organigrama operacional del grupo de trabajo, citando los equipos y materiales utilizados en el apoyo logístico además de los

trabajos contratados con empresas particulares o consultores independientes. Finalmente se deben incluir los costos que los estudios del inventario acarrearán.

A continuación se incluye el formato de la tabla resumen que se debe incluir en el Anexo 1 de estos informes.





## APENDICE 1

### INFORMACION CARTOGRAFICA, HIDROLOGICA Y GEOLOGICA DISPONIBLE

Para la realización del Inventario de los Recursos Hidroeléctrico es necesario disponer de informaciones que permitan analizar adecuadamente las alternativas posibles para el aprovechamiento hidroeléctrico de cada zona y deducir, con la precisión adecuada para un reconocimiento, los parámetros básicos para el diseño a este nivel de los proyectos con los cuales se aprovechará el potencial hidroeléctrico de esa zona.

En relación con lo anterior, la información de la cual es necesario disponer se refiere a cartografía, hidrología y geología básicamente.

#### CARTOGRAFIA

En el país las tareas que permitan el levantamiento de cartas a diferentes escalas han sido adelantadas por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC), antes llamado Instituto Militar y Catastral, el cual desde 1935 desarrolla labores tendientes a la obtención de esta información.

## HIDROLOGIA

La instalación y operación de estaciones de medida relacionadas con la obtención de información hidrológica se desarrolla en el país mediante la actividad del Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de tierras (HIMAT), anteriormente denominado Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología (SCMH). En esta entidad se centralizaron tales actividades, las cuales se desarrollaban por iniciativa de las distintas empresas de energía eléctrica que funcionan en el país y el Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico (ELECTRAGUAS).

## GEOLOGIA

El cubrimiento nacional de las investigaciones geológicas se adelanta mediante la actividad desarrollada por el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (INGEOMINAS), antes denominado Servicio Geológico Nacional.

Las tres entidades mencionadas anteriormente han realizado una gran labor en relación con la obtención de información básica, la cual permitirá realizar el Inventario Nacional de Recursos Hidroeléctricos en proyectos con capacidad instalada entre 10 y 100 MW.

En la actualidad no existe cubrimiento total y homogéneo en ninguno de los tres campos mencionados, pero para cada zona analizada siempre se contará con alguna clase de información así: en cartografía se dispondrá al menos de imágenes de radar que serán complementadas con visitas

de campo; en hidrología, en zonas sin ninguna clase de estación registradora, se dispondrá al menos de datos de evapotranspiración potencial o de evaporación desde la superficie del agua con los cuales se deducirán, los caudales medios de los ríos; finalmente en relación con la información geológica se dispondrá al menos de planos generales que serán complementados con fotografías aéreas, imágenes de radar y visitas de campo.

#### A1-1 INFORMACION CARTOGRAFICA DISPONIBLE

En el país el levantamiento de cartas a diferentes escalas ha sido adelantado principalmente por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" IGAC y en forma menos directa por otras entidades que producen información de carácter aproximado como el Servicio Geodésico Interamericano (SGI) y el DANE, o sea, la cartografía producida por el IGAC constituye generalmente la información de mayor confiabilidad y los mapas existentes abarcan escalas desde 1:10.000 hasta 1:1'500.000 y la mayoría de ellos disponen de curvas de nivel.

##### 1. Cartas Generales en Escala 1:10.000

El propósito de esta cartografía es de tipo catastral, con énfasis en la precisión planimétrica. Por esta razón, las últimas publicaciones no incluyen altimetría. En las cartas con topografía el intervalo de curvas de nivel es de 25 m para áreas planas y de 50 m para áreas montañosas, definidas éstas como aquellas que se hallan por encima de la cota 600 m sobre el nivel del mar. En

La restitución de esta cartografía se han empleado fotografías en escala de 1:20.000 y 1:30.000, correspondientes a vuelos realizados por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".

El cubrimiento del territorio del país con mapas del IGAC en escala 1:10.000, indicado en la Figura No. A1-01 es de un 6% aproximadamente.

## 2. Cartas Generales en Escala 1:25.000

Estos mapas son muy importantes en los estudios de inventario. Las cartas correspondientes son obtenidas normalmente de fotografías cuya escala varía entre 1:50.000 y 1:60.000. El intervalo de curvas de nivel en estos planos es igual al de las cartas en escala 1:10.000.

El cubrimiento de la superficie del país con mapas del IGAC en escala 1:25.000 es mucho más amplio que en el caso de los mapas a escala 1:10.000, correspondiendo a un 47% del área total, según se indica en la Figura No. A1-02.

## 3. Cartas Generales en Escala 1:50.000

Estos mapas son elaborados en su mayoría con base en las cartas topográficas generales a escala 1:25.000. Un tercio de ellos aproximadamente fueron obtenidos con base en fotografías aéreas en escalas que varían desde 1:40.000 hasta 1:50.000. Más del 90% de los mismos disponen de curvas de nivel transferidas de los mapas a escala 1:25.000.

El cubrimiento logrado con los mapas del IGAC a escala 1:50.000, indicado en la Figura No. A1-03 alcanza un 29% del territorio total del país. Las áreas descritas en estos mapas están comprendidas en las contenidas en los mapas a escala 1:25.000 pues los primeros son derivados de los segundos.

#### 4. Cartas Generales en Escala 1:100.000

La mayoría de estos mapas se han obtenido al reducir cartas a escala 1:25.000. Aproximadamente la mitad de ellos, además de la información general, contienen información complementaria, como cubrimiento con bosques, zonas pantanosas, etc.

El cubrimiento del territorio nacional con mapas del IGAC en escala 1:100.000 es del 35% y está indicado en la Figura No. A1-04.

#### 5. Mapas Generales en Escalas Pequeñas

En esta cartografía se incluyen los mapas del IGAC en escalas 1:200.000, 1:500.000 y 1:1'500.000. La información de estos mapas es general, aproximada y normalmente de poco detalle. La mayor parte de ellos proviene de reducciones de mapas en escala 1:25.000; por carecer de restituciones, en grandes áreas, la información ha sido complementada en forma aproximada con base en imágenes de radar y exploraciones de campo. En consecuencia, los errores pertinentes son generalmente grandes y difíciles de cuantificar.

El cubrimiento territorial con mapas del IGAC en escalas 1:200.000 y 1:500.000 se indica en las Figuras No. A1-05 y A1-06. Ellos alcanzan un 42% y un 96% del área total del país, respectivamente. El mapa en escala 1:1'500.000, que presenta en una sola hoja todo el territorio del país, contiene curvas de nivel y constituye prácticamente el único mapa disponible para hacer análisis globales y para sintetizar resultados a escala nacional.

#### 6. Mapas de Entidades Distintas al IGAC

Los mapas de mayor importancia para el inventario que han sido publicados por entidades diferentes al IGAC son los del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), en escala 1:100.000, y los del SGI (Servicio Geodésico Interamericano) en escala 1:1'000.000, así como las cartas de navegación aérea en la misma escala.

Según se indica en la Figura No. A1-07, los mapas del DANE en el año 1978 cubrían el 60% del territorio total del país. Estas cartas contienen aproximaciones y aunque incluyan curvas de nivel con intervalos de 50 m su información es poco confiable. La mayor parte de estos mapas ha sido obtenida a partir de fotografías aéreas sin control topográfico de campo complementadas solamente con trabajos de exploración.

Los mapas editados por el DANE en los últimos años, han sido elaborados con base en información más reciente y de cierta confianza, principalmente a partir de imágenes de radar y fotografías aéreas recientes, pero no disponen de curvas de nivel.

Durante el inventario se utilizarán los mapas del DANE en escala 1:100.000 solamente para las áreas donde falten parcial o totalmente los mapas del IGAC. En tales casos la información del DANE se utilizará con carácter orientativo como base para la interpretación de imágenes de radar o de fotografías aéreas y para la elaboración de mapas aproximados en escala 1:100.000 destinados exclusivamente a usos específicos del inventario.

Las publicaciones del SGI (Servicio Geodésico Interamericano) y los mapas de navegación aérea serán de interés para el inventario por cubrir todo el territorio de Colombia y, además, por disponer de curvas de nivel. Su carácter informativo es aproximado, sobre todo en lo referente a la altimetría, pero constituye prácticamente los únicos mapas generales de cierta utilidad en todas aquellas regiones en donde faltan cartas del IGAC en escalas mayores.

#### 7. Otra Información Cartográfica

Además de los mapas mencionados, se dispone de fotografías aéreas y de imágenes de radar y de satélites. Entre estas la información de mayor importancia para el inventario está constituida por las fotografías aéreas y las imágenes de radar.

- Fotografías aéreas: en escalas desde 1:5000 hasta 1:60.000, cubren el 81% del territorio de Colombia como se muestra en la Figura No. A1-08 y constituyen información útil especialmente para los estudios específicos de las áreas de presas, embalse y demás obras que conforman los proyectos hidroeléctricos del inventario.

- Imágenes de radar: utilizadas para la elaboración de mapas, se dan generalmente en escala 1:100.000 constituyen información útil sobre todo para aquellas áreas carentes de mapas del IGAC en escalas convenientes. Este material es básico para la elaboración de mapas aproximados que se utilizarán en las labores del inventario. El cubrimiento de la superficie del país con imágenes de radar, indicado en la Figura No. A1-09, es de aproximadamente un 52%.

#### A1-2 INFORMACION HIDROLOGICA DISPONIBLE

Para la determinación de los parámetros hidrológicos en los estudios del inventario debe ser punto de partida la información recogida y procesada por el Estudio del Sector de Energía Eléctrica - ESEE - la cual está consignada en varios anexos de hidrología (4 tomos) y clasificada según las distintas zonas colombianas así:

Anexo 2 - Tomo 1	Región I	Magdalena - Cauca
Anexo 2 - Tomo 2	Región II	Orinoquía - Catatumbo
Anexo 2 - Tomo 3	Región III	Sierra Nevada - Guajira
	Región IV	Atrato - Sinú
Anexo 2 - Tomo 4	Región V	Vertiente Pacífico
	Región VI	Amazonía

Esta información debe ser utilizada previa su actualización a la luz de la mayor información existente cuando esto sea posible.

Existen además otros estudios hidrológicos elaborados por compañías consultoras colombianas o extranjeras para proyectos específicos de aprovechamientos hidroeléctricos en cuencas hidrográficas de los ríos: Bogotá, Anchicayá, Calima, Prado, Nare, Nechí, Samaná, Batá, Guavio, Cauca, Magdalena, Sogamoso, Fonce, Suárez, Cabrera, Hoyas del Mira y Alto Arauca, Patía, San Juan, Sinú, San Jorge, Atrato y otros.

La información hidrológica general más reciente, es la contenida en el Anuario Hidrológico 1983 producida por el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y adecuación de tierras - HIMAT - en el cual se incluye información procesada de caudales de 464 estaciones, niveles de 101 cuerpos de aguas, sedimentos medidos en 123 sitios y análisis físico-químicos de agua de 75 estaciones. Se publican en este anuario por primera vez, volúmenes y niveles de embalse operados por HIMAT, ISA, CAR, EPM, CVC, EAAB. En un anexo de este anuario se incluyen 10 cartas hidrográficas con la ubicación de las estaciones que funcionaron en 1983.

En ISA se encontrará disponible un listado de computador con información de la totalidad de las estaciones que tiene el HIMAT instaladas en el país.

#### A1-3 INFORMACION GEOLOGICA DISPONIBLE

La documentación existente para la realización del inventario se divide en tres grupos principales:

- Mapas geológicos generales
- Informes y publicaciones geológicas
- Fotografías aéreas.

A continuación se presenta sintéticamente la situación en cuanto a la disponibilidad de esta documentación para los fines del inventario.

#### 1. Mapas Geológicos Generales

Los mapas de esta cartografía se dividen, según sus escalas, en dos grupos:

- . Mapa geológico de Colombia, Geot, 1976, Escala 1:1'000.000
- . Mapa geológico de Colombia, Ingeominas, 1976, Escala 1:1'500.000

En este primer grupo de mapas se presenta la geología general del país con datos muy aproximados sobre la litología, la edad de las formaciones geológicas y su estructura, con indicaciones sobre las fallas principales, la presencia de los anticlinales y sinclinales. Estos mapas serán de mucha utilidad para establecer las características geológicas más globales del país.

Mapas en Escalas 1:250.000 a 1:100.000

Los mapas de este segundo grupo son más detallados, pero solamente cubren un territorio muy reducido del país, según se indica en la Figura No. A1-10.

A escala 1:250.000 existen en la actualidad dos mapas que cubren el 2.2% del territorio total del país. El primero de éstos es el mapa fotogeológico y mineralógico de Caldas, Risaralda y Quindío, publicado en el año de 1972, y el segundo es el mapa geológico generalizado del departamento del Tolima, publicado en el año de 1974.

A escala 1:200.000 existen 18 mapas que cubren el 8% del territorio nacional y el mapa regional de la Sierra Nevada de Santa Marta según se indica en la siguiente lista:

Indicativo	Nombre	Año
L-9	Girardot	1956
K-9	Armero	1957
M-8	Ataco	1957
N-8 (7-9)	Neiva	1959
K-10	Villeta	1961
A-14 (15-16)	Guajira (B-14-15)	1963
L-11	Villavicencio	1965
L-12	Medina	1965
H-11	Barrancabermeja; San Andrés, Providencia y Santa Catalina	1967 1960
G-13	Cúcuta	1967
F-13	Tibú	1967
I-11	Cimitarra	1966
I-8	Medellín	1965
	Mapa Regional Sierra Nevada	

A escala 1:100.000 existe la siguiente información:

Indicativo	Nombre	Año
H-12 K-11	Zipaquirá	1969
	Sierra Nevada de Santa Marta	1969
H-12	Bucaramanga	1969
H-13	Pamplona	1970
I-9 H-9(10) J-9(10)	Oriente de Antioquia (2a. parte).	1970
H-8 (7)	Yarumal	1970
	Mapa geológico península de la Guajira	1972
K-12	Guateque	1975
K-9 y parte sur del I-9	Armero y Dorada	1976
	Mapa geológico "Sonsón"	1980
	Mapa geológico "Salamina"	1980
	Mapa geológico "Abrego"	1981
	Mapa geológico "Cáchira"	1981
	Mapa geológico "Miraflores"	1976
	Mapa geológico "Ocaña"	1976
	Mapa geológico "Duitama"	1967
	Mapa geológico "Tunja"	1967
	Mapa geológico "Tauramena"	1980
	Mapa geológico "Monterrey"	1980

Existen además las siguientes planchas y mapas escalas: 1:100.000:

Plancha	130	Santa Fé
Plancha	135	San Gil
Plancha	136	Málaga
Plancha	137	Cocuy
Plancha	146	Medellín - Occ.
Plancha	151	Charalá
Plancha	153	Chita
Plancha	166	Jericó
Plancha	170	Vélez
Plancha	186	Riosucio
Plancha	223	El Cairo
Plancha	224	Pereira
Plancha	243	Armenia
Plancha	244	Ibagué
Plancha	261	Tuluá
Plancha	262	Génova
Plancha	263	Ortega
Plancha	278	B. Buenaventura
Plancha	279	Dagua
Plancha	280	Palmira
Plancha	281	Río Blanco
Plancha	299	Jamundí
Plancha	300	Cali

En estos mapas se hace referencia a:

- . La edad de las formaciones geológicas, a veces en forma detallada; y
- . Las estructuras generales y regionales, a veces detalladamente; además, cada mapa tiene algunas explicaciones sobre los datos tratados.

La información anterior permitirá establecer características geológicas regionales así como también deducir los mapas geológicos que a nivel de cuenca acompañan la presentación de los proyectos inventariados.

## 2. Informes y Publicaciones Geológicas

### Informes Geológicos

Además de la información existente en forma de mapas y producida por el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, durante las labores del inventario se utilizará toda la información geológica que consta en los informes de los estudios de prefactibilidad y factibilidad elaborados para todos los proyectos que actualmente están en operación o tienen estudios realizados por otras entidades anteriormente a las labores del Inventario de los Recursos Hidroeléctricos.

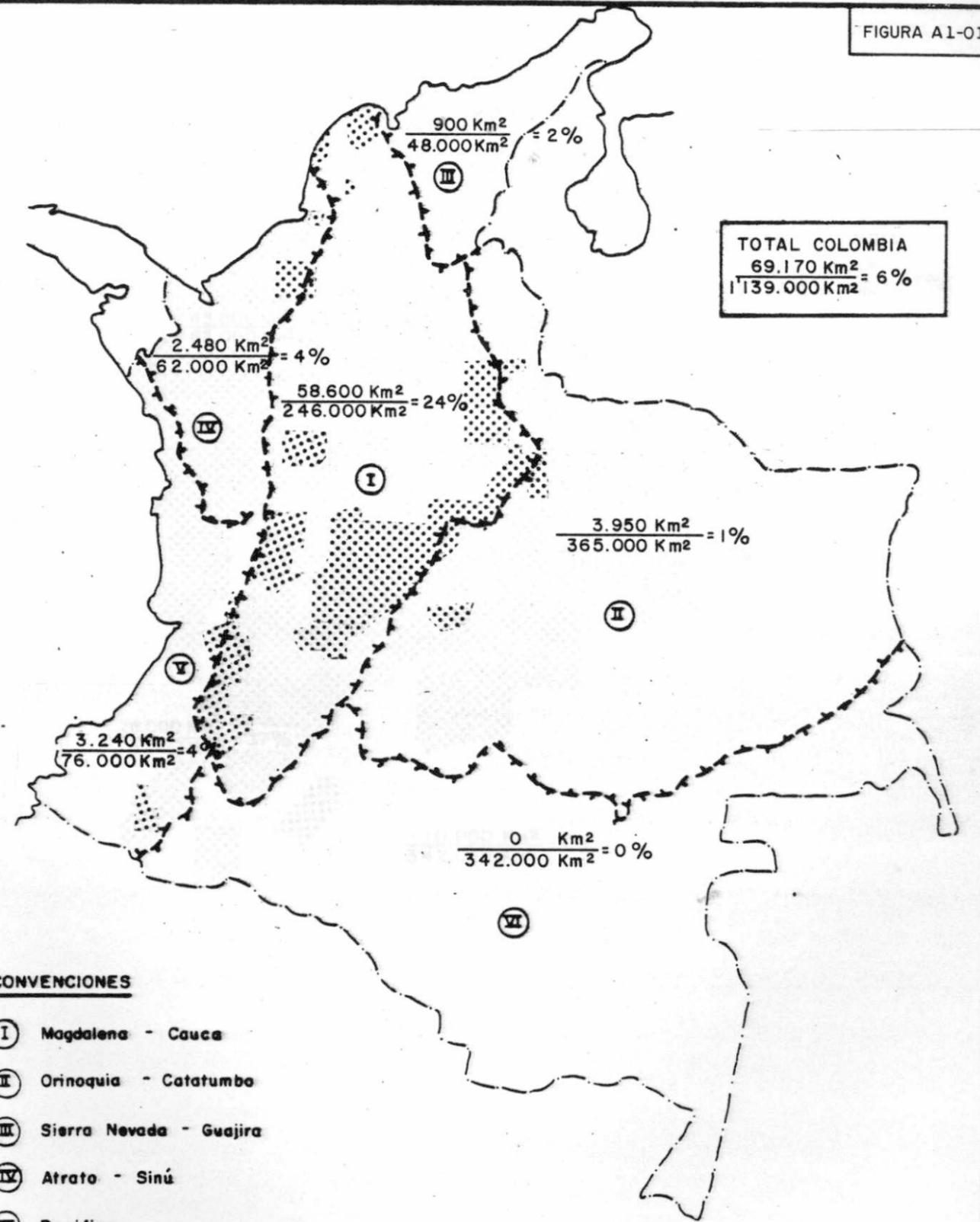
Esta documentación contiene informes detallados sobre la geología local de los proyectos hidroeléctricos; en ellos se encuentran datos geológicos descritos de acuerdo con la fase del proyecto

respectivo, es decir, de reconocimiento, prefactibilidad, diseño, construcción u operación. Tal información, detallada y específica, será de gran utilidad para completar características geológicas regionales.

#### Publicaciones Geológicas

Entre las publicaciones geológicas existentes en el país, será de interés práctico para el Inventario de Recursos Hidroeléctricos la "Historia de los terremotos en Colombia", de Jesús Emilio Ramírez, S.J., editada por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" en el año de 1975. Esta publicación tiene un catálogo de todos los terremotos registrados en Colombia desde el año de 1566, indicando los lugares donde se han producido y las fechas correspondientes. En ella se describen, además, las características de los fenómenos y se indica la localización de éstos en un mapa general del país. Este mapa, en el que se ha dividido el país en zonas de macrosismicidad en la escala Richter, puede ser utilizado como base para tener en cuenta la influencia de la sismicidad en los diseños.

En la Figura No. A1-10 se muestra el cubrimiento de la cartografía geológica en diferentes escalas discriminadas según los listados anteriores.

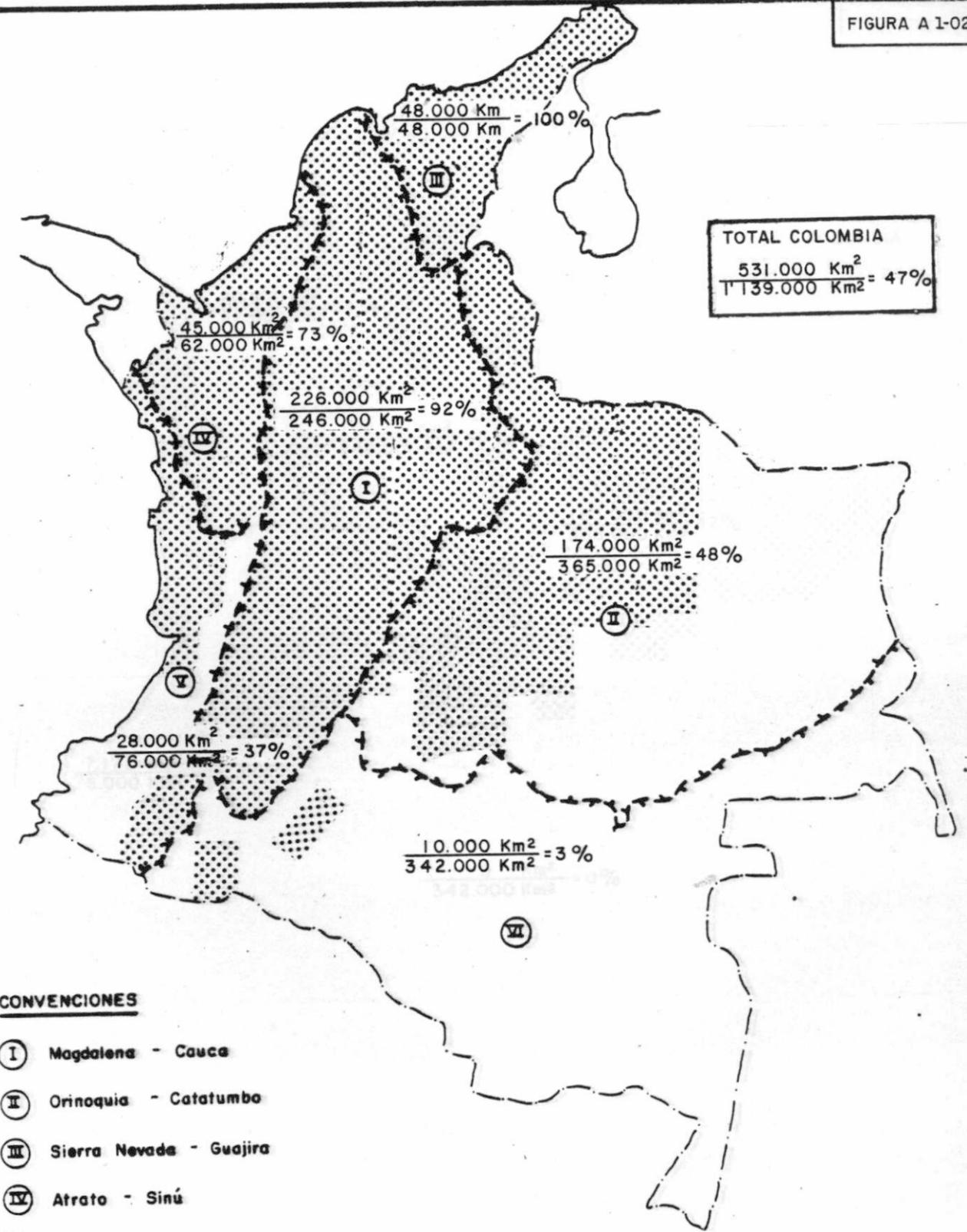


TOTAL COLOMBIA  
 $\frac{69.170 \text{ Km}^2}{1.139.000 \text{ Km}^2} = 6\%$

**CONVENCIONES**

- I Magdalena - Cauca
- II Orinoquia - Catatumbo
- III Sierra Nevada - Guajira
- IV Atrato - Sinú
- V Pacifico
- VI Amazonia
-  Area cubierta con cartografía a escala 1:10.000 - IGAC

DISPONIBILIDAD DE MAPAS  
 A ESCALA 1:25.000 EN COLOMBIA EN EL AÑO  
 A ESCALA 1:10.000 EN COLOMBIA EN EL AÑO



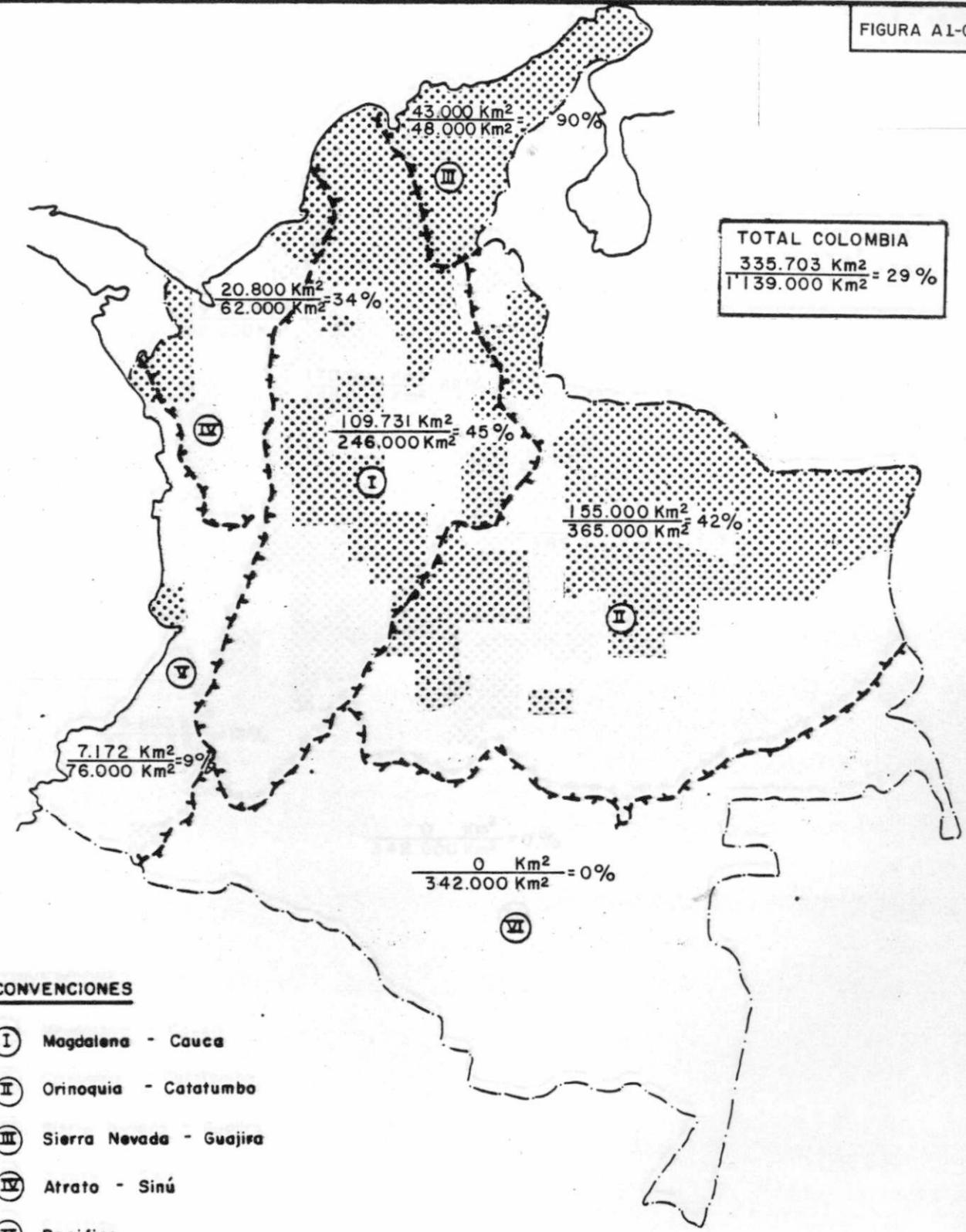
TOTAL COLOMBIA  
 $\frac{531.000 \text{ Km}^2}{1.139.000 \text{ Km}^2} = 47\%$

**CONVENCIONES**

- Ⓘ Magdalena - Cauca
- Ⓜ Orinoquia - Catatumbo
- Ⓢ Sierra Nevada - Guajira
- Ⓙ Atrato - Sinú
- Ⓟ Pacifico
- Ⓜ Amazonia
- ▣ Area cubierta con cartografía a escala 1:25.000 - IGAC

DISPONIBILIDAD DE MAPAS  
 A ESCALA 1:25.000 EN COLOMBIA EN EL AÑO

1982

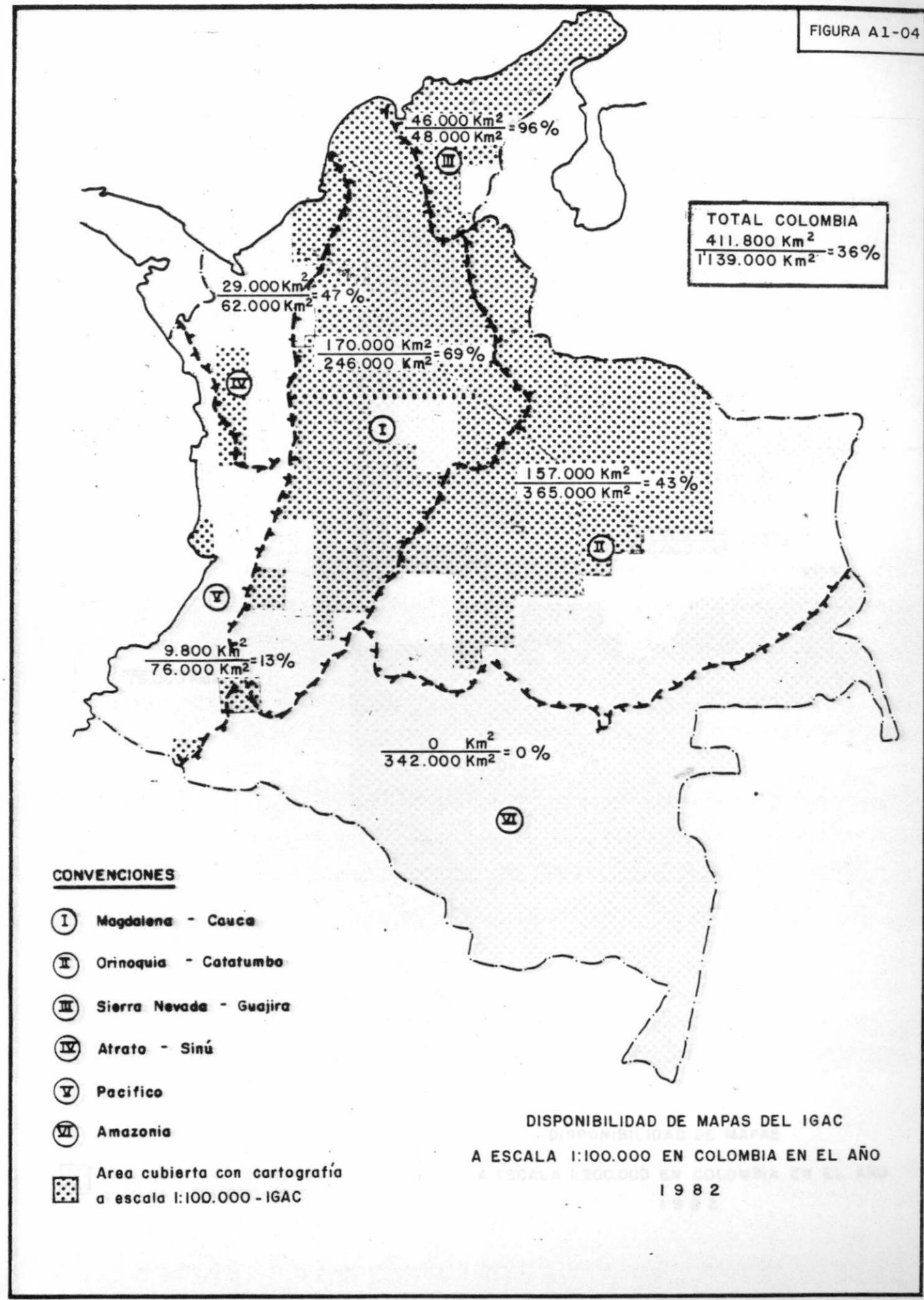


TOTAL COLOMBIA  
 $\frac{335.703 \text{ Km}^2}{1.139.000 \text{ Km}^2} = 29\%$

**CONVENCIONES**

- Ⓢ I Magdalena - Cauca
- Ⓢ II Orinoquia - Catatumbo
- Ⓢ III Sierra Nevada - Guajira
- Ⓢ IV Atrato - Sinú
- Ⓢ V Pacifico
- Ⓢ VI Amazonia
- ▣ Area cubierta con cartografía a escala 1:50.000-IGAC

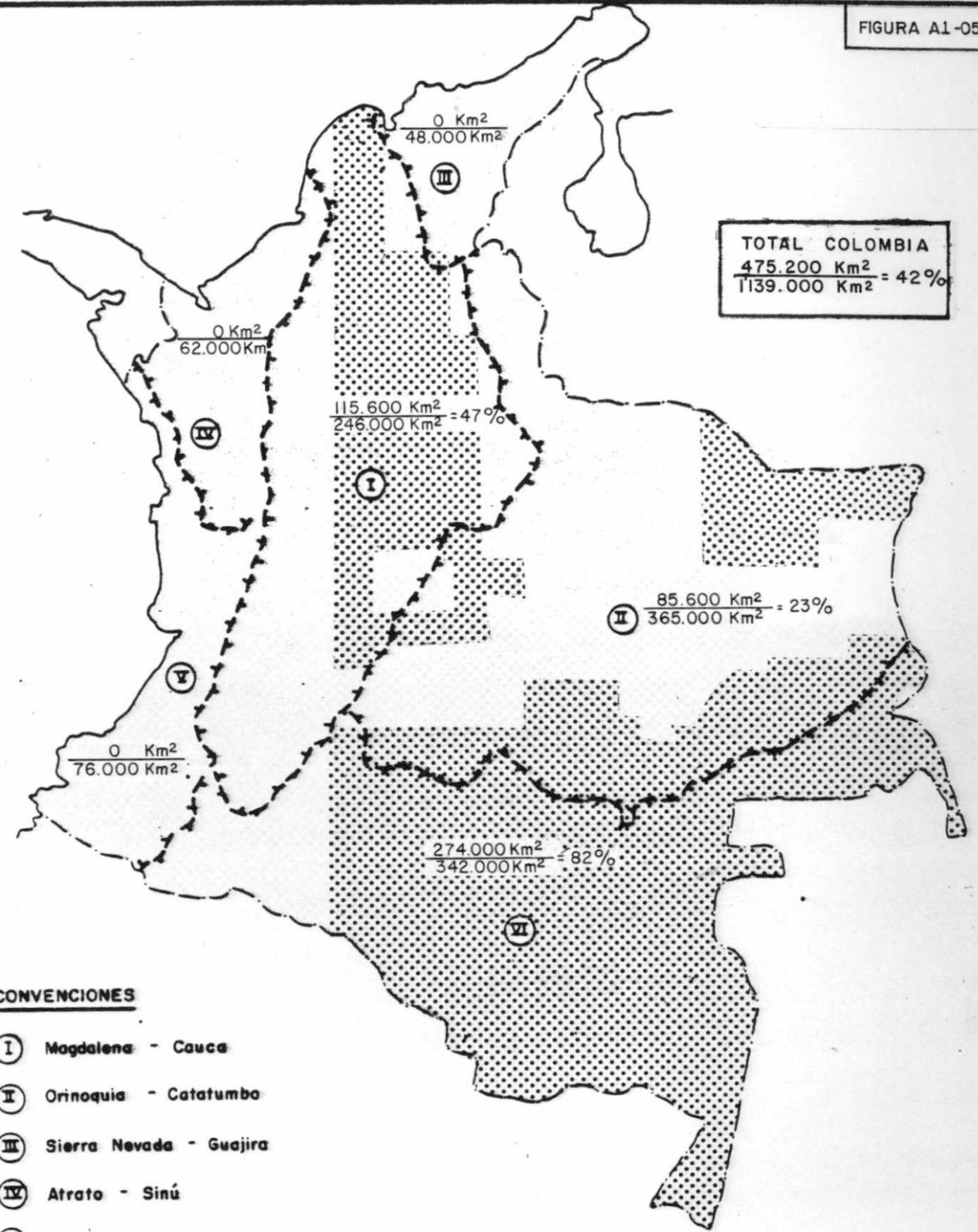
DISPONIBILIDAD DE MAPAS  
 A ESCALA 1:50.000 EN COLOMBIA EN EL AÑO  
 1982



**CONVENCIONES**

- Ⓘ Magdalena - Cauca
- Ⓙ Orinoquia - Catatumbo
- Ⓜ Sierra Nevada - Guajira
- Ⓝ Atrato - Sinú
- Ⓟ Pacifico
- Ⓡ Amazonia
- ▣ Area cubierta con cartografía a escala 1:100.000 - IGAC

DISPONIBILIDAD DE MAPAS DEL IGAC  
 A ESCALA 1:100.000 EN COLOMBIA EN EL AÑO  
 1982



TOTAL COLOMBIA  
 $\frac{475.200 \text{ Km}^2}{1139.000 \text{ Km}^2} = 42\%$

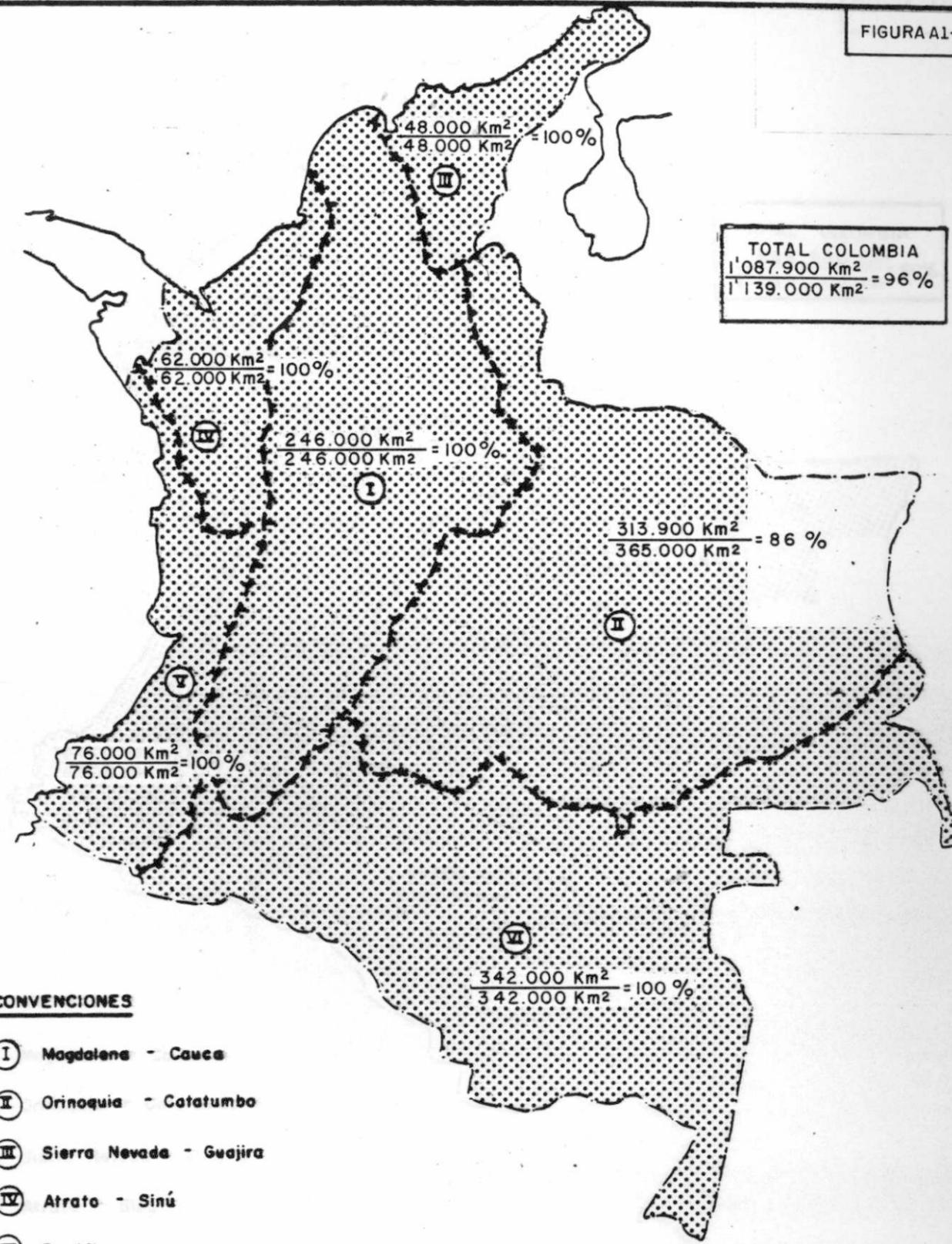
**CONVENCIONES**

- Ⓘ Magdalena - Cauca
- Ⓙ Orinoquia - Catatumbo
- Ⓜ Sierra Nevada - Guajira
- Ⓧ Atrato - Sinú
- Ⓨ Pacífico
- Ⓩ Amazonia

▨ Area cubierta con cartografía a escala 1:200.000 - IGAC

DISPONIBILIDAD DE MAPAS

A ESCALA 1:200.000 EN COLOMBIA EN EL AÑO 1982

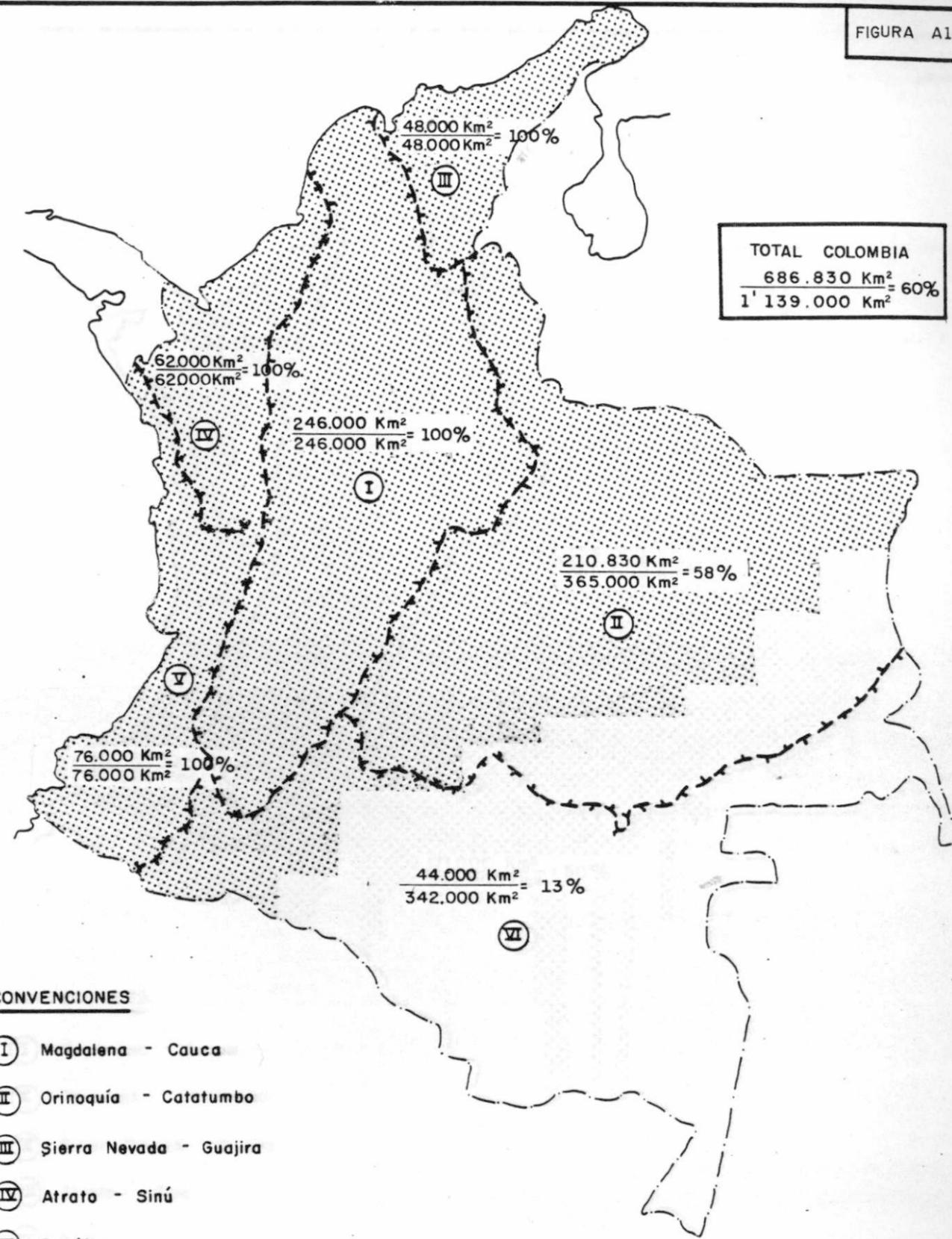


**CONVENCIONES**

- Ⓛ Magdalena - Cauca
- Ⓜ Orinoquia - Catatumbo
- Ⓝ Sierra Nevada - Guajira
- Ⓧ Atrato - Sinú
- Ⓟ Pacífico
- Ⓠ Amazonia

▨ Area cubierta con cartografía a escala 1:500.000 - IGAC

DISPONIBILIDAD DE MAPAS  
A ESCALA 1:500.000 EN COLOMBIA EN EL AÑO  
1982

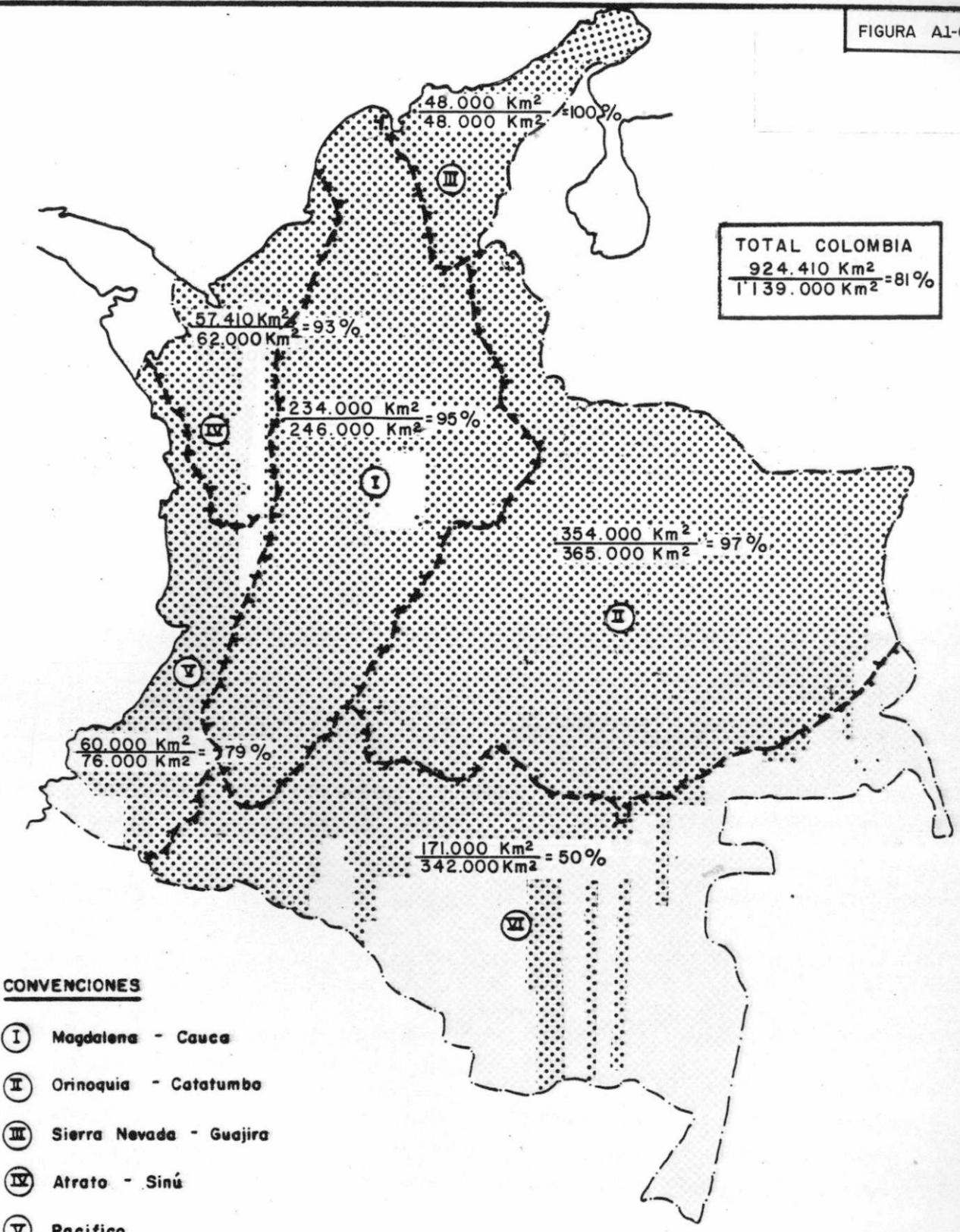


**CONVENCIONES**

- Ⓛ Magdalena - Cauca
- Ⓜ Orinoquía - Catatumbo
- Ⓝ Sierra Nevada - Guajira
- Ⓟ Atrato - Sinú
- Ⓡ Pacífico
- Ⓢ Amazonia

Area cubierta con cartografía a escala 1:100.000 - DANE

DISPONIBILIDAD DE MAPAS DEL DANE A ESCALA 1:100.000 EN COLOMBIA EN EL AÑO 1978



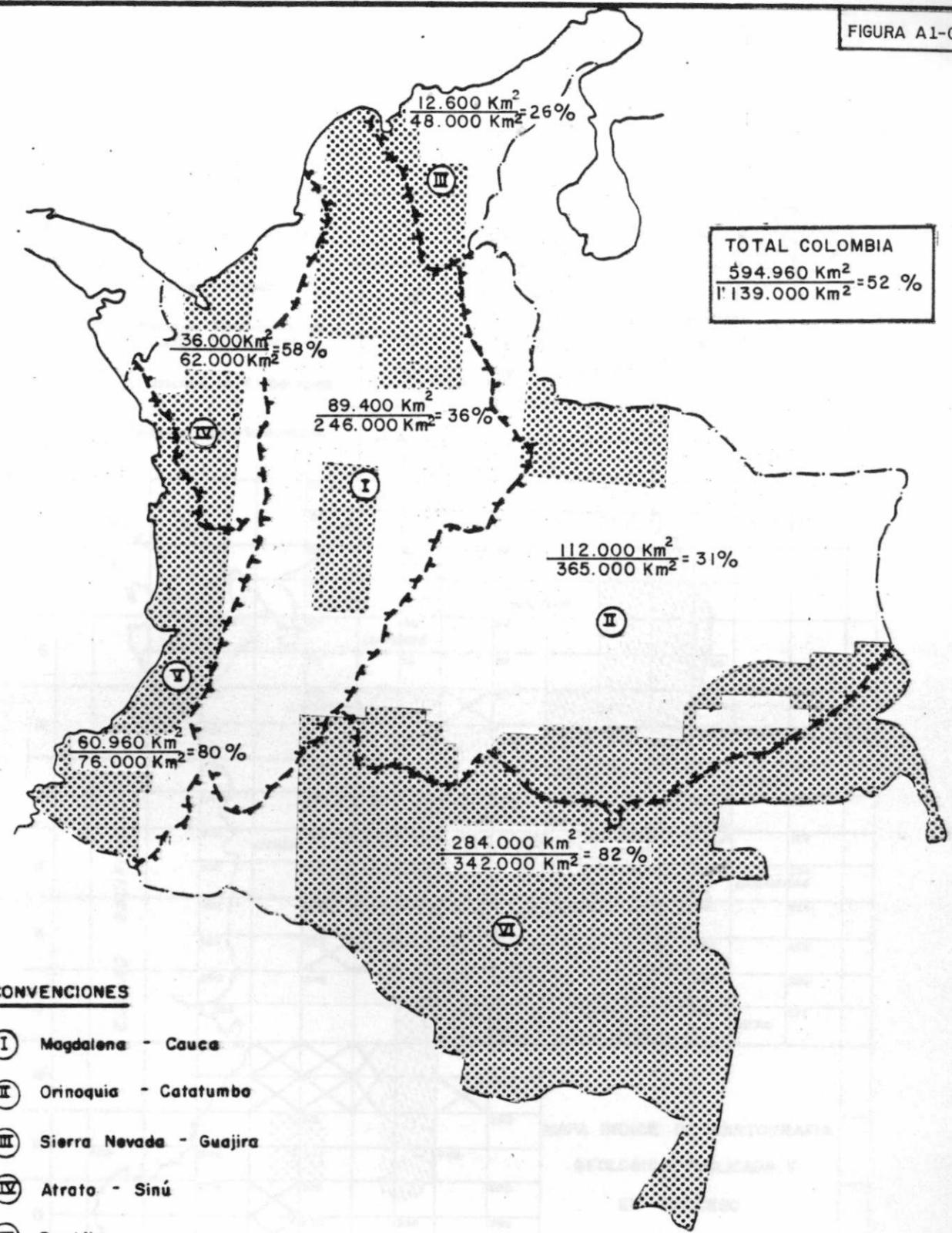
TOTAL COLOMBIA  
 $\frac{924.410 \text{ Km}^2}{1'139.000 \text{ Km}^2} = 81\%$

**CONVENCIONES**

- ⓐ I Magdalena - Cauca
- ⓑ II Orinoquia - Catatumbo
- ⓒ III Sierra Nevada - Guajira
- ⓓ IV Atrato - Sinú
- ⓔ V Pacifico
- ⓕ VI Amazonia
- ▨ Cubrimiento con fotografías aéreas - IGAC

DISPONIBILIDAD DE FOTOGRAFIA AEREA

EN COLOMBIA EN EL AÑO



**CONVENCIONES**

- Ⓛ Magdalena - Cauca
- Ⓜ Orinoquia - Catatumbo
- Ⓝ Sierra Nevada - Guajira
- Ⓧ Atrato - Sinú
- Ⓟ Pacifico
- Ⓠ Amazonia
- ▨ Cubrimiento con imágenes de radar - IGAC

DISPONIBILIDAD DE IMAGENES DE RADAR  
EN COLOMBIA EN EL AÑO

1982



## BIBLIOGRAFIA

- Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas. Rio de Janeiro. Eletrobras, Sept. 1984.
- Estudio del Sector de Energía Eléctrica. Volumen III - Inventario de los recursos hidroeléctricos. Bogotá, ESEE. 1979.
- Organización Latinoamericana de Energía - Metodología y plan de trabajo para la evaluación de recursos hidroenergéticos en América Latina Quito. Julio 1983.
- Organización Latinoamericana de Energía - Banco Interamericano de Desarrollo - II Curso Latinoamericano de diseño de pequeñas centrales hidroeléctricas. Bucaramanga - OLADE-BID. Octubre 1985 (varios volúmenes).
- United States Department of the interior bureau of reclamation. Selecting hydraulic reaction turbines. Monograph No. 20 P. 4 Washington. U.S.B.R. 1976.
- Water Power & Dam Construction, Junio 1982.

333.7932/IS73g (a) 1

Guía para el inventario de proyectos  
hidroeléctricos entre 10 y 100 mwisa,  
Interconexión Eléctrica

333.7932 IS73g Vol. 1 Ej. 1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA PEDIDO	PRESTADO A	FECHA DEVUELTO