

74-16.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

PROYECTO ALTO ANCHICAYA

INFORME DE FACTIBILIDAD Y ESTIMATIVO

DE COSTOS PARA LA ESTRUCTURA

CAPTACION LA RIQUEZA

OCTUBRE 1974

PROYECTO ALTO ANCHICAYA  
INFORME DE FACTIBILIDAD Y ESTIMATIVO  
DE COSTOS PARA LA ESTRUCTURA  
CAPTACION LA RIQUEZA  
INFORME No. 74-16

Cali, Octubre 24 de 1974



## MEMORANDO (INTERNO)

Para : Henry J. Eder C. Archivo : 150CC.65  
De : Vicente Aragón A. *HAJ* C-21652  
Fecha : Octubre 24 de 1974  
Asunto : Captación La Riqueza.

Adjunto el Informe CVC No. 74-16 y los planos del Proyecto para la referida captación, con los siguientes comentarios:

### 1. ANTECEDENTES

En 1972 los Consultores Acres International Ltd., para el Alto Anchicayá estudiaron la posibilidad de inyectar al túnel de carga el agua de La Riqueza mediante una estación de bombeo vecina al portal de la ventana del mismo nombre y ubicada a la elevación 549. Dicho estudio demostró que no era rentable la solución por bombeo y en consecuencia fué aplazada indefinidamente. Sin embargo, el doctor Henry J. Eder C., Director Ejecutivo de la CVC, insistió en que se hiciera un nuevo estudio basado en captación por gravedad, eliminándose así el sistema de bombeo que implicaba vencer una cabeza de agua del orden de 75 metros.

El presente Informe y los dibujos anexos contienen el resultado del nuevo estudio de captación por gravedad preparado por los Ingenieros Paul J. Folberth y Pedro Sierra en lo referente a Ingeniería y presupuesto de costo, el cual se resume así:

..... / .....

2. SINTESIS DEL PROYECTO Y PRESUPUESTO DE COSTO.

Las aguas de la Riqueza se captan a la elevación 680 y mediante obras de Ingeniería Civil descritas en detalle en el citado Informe, se conducen hasta el túnel de carga principal.

Según el memorando DAG-H-159-74 del Departamento de Aguas, el caudal medio estimado a la elevación de captación es de 0.65 M3/seg., con lo cual la generación media anual, asumiendo que se aproveche sólo un 90% del tiempo será:

$$0.65 \times 3.600 \times 8.760 \times 0.9 = 18.448.600 \text{ KWh.}$$

El costo directo estimado, incluye los items más representativos cuyos precios unitarios han sido calculados en base a los precios de la última licitación del Proyecto Chingaza, facilitados por ICA, y los otros con precios actualizados del Proyecto Alto Anchicayá. El costo directo se calcula en 25.962.000 pesos, a lo cual deberá aumentarse un 20% por concepto de Ingeniería e imprevistos para un total de costo de construcción de 30.200.000 pesos.

3. RELACION BENEFICIO COSTO

A precios de 1974 y a precio de 13.5 centavos por KWh de ISA el costo anual alternativo será de:

$$18.448.600 \times 0.135 = 2.490.560 \text{ pesos.}$$

Valor presente del costo anual alternativo al 8% en 50 años será:

$$2.490.560 \times 12.23 = 30.459.550 \text{ pesos}$$

Y el valor presente de operación y mantenimiento será:

$$80.000 \times 12.23 = 980.000 \text{ pesos.}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{30.460}{30.200 + 980} = 0.98$$

En el supuesto de que ISA no llegare a tener cómo atender la demanda y la energía de La Riqueza se venda a \$0.235 se tendrá:

Ingresos:	4.335.400	
Costos :		
a) Recuperación de la inversión (8% de interés)	30.200.000 x 0.08174 =	2.469.000
b) Operación y mantenimiento =		<u>80.000</u>
		2.549.000

$$\frac{B}{C} = \frac{4.350}{2.550} = 1.7$$

Rentabilidad de la Inversión:

$$43.354 - 25.490 / 30.200 = 0.0591 \approx 6\%$$

No obstante esta última consideración no estimo, por ahora, atractivo este Proyecto.

VAA/aideq.

## TABLA DE CONTENIDO

1. ALCANCE DEL INFORME.
2. INTRODUCCION.
3. LOCALIZACION.
4. CRITERIOS DE DISEÑO
5. DESCRIPCION DEL ESQUEMA ADOPTADO.
  - 5.1 Disposición General
  - 5.2 Bocatoma-Vertedero
  - 5.3 Pozo Vertical, cámara de desaireación y túnel de conducción.
  - 5.4 Compuertas
  - 5.5 Desviación durante la construcción.
6. DISEÑO ESTRUCTURAL.
7. ESTIMATIVO DE COSTO.
8. DIBUJOS DE FACTIBILIDAD.

1. ALCANCE DEL INFORME

El objetivo del presente Informe sobre el conjunto de estructuras que integran la Captación Quebrada La Riqueza, es presentar los factores más significativos que influyen en el diseño de esta estructura y con base en éstos, presentar también la disposición general de la misma.

2. INTRODUCCION

La Quebrada La Riqueza es un tributario sobre la margen izquierda del río Anchicayá en el sitio del puente de acceso sobre el mismo río a las obras del Proyecto de desarrollo hidroeléctrico del Alto Anchicayá, en la localidad del Danubio.

Su caudal promedio en el Sitio de la estructura de toma a la elevación 680.00 ha sido estimado por la Sección de Hidrología del Departamento de Aguas en unos 0.65 m<sup>3</sup>/seg. (Ref. Memorandum DAG-H-159-74 de octubre 15 de 1974 dirigido al doctor Vicente Aragón A., por el Ing. William Ospina).

Se ha contemplado la posibilidad de colectar este caudal y conducirlo al Túnel de Carga, mediante la construcción de una bocatoma-vertedero y un túnel con sus estructuras complementarias, que utiliza como estructura terminal de entrega el actual túnel de Acceso La Riqueza, con el objeto de minimizar las interferencias con la operación de la planta durante el proceso de construcción y conexión propiamente dicha de las estructuras propuestas.

### 3. LOCALIZACION

La localización adoptada para la estructura, tuvo como factor de más importancia las condiciones topográficas que se presentan a lo largo de los posibles sitios de ubicación de la captación aguas arriba de un punto ubicado a unos 500 metros del Portal del Túnel de Acceso La Riqueza.

En el área descrita la quebrada corre completamente encañonada presentando una serie de pequeñas cascadas y pozos que si bien de una parte dan una aparente

ventaja para la ubicación de la estructura, por otra parte presentan inconvenientes por la pronunciada estrechez del cañón, que no admite las estructuras necesarias sin un volúmen considerable de excavación de una parte y sin dejar de presentar inconvenientes considerables para la desviación durante la construcción, inconvenientes que son factibles de superación mediante costos adicionales como sería la construcción de un canal elevado tipo "flume", que arrancaría precisamente en uno de los pozos de la configuración descrita.

Las razones anteriores inducen a elegir como sitio ideal para la localización de la estructura de toma un pequeño Valle sobre la quebrada, aguas arriba de 3 de las cascadas que se presentan y ubicado sobre la quebrada, aproximadamente en la elevación 672.00, a unos 800 metros aguas arriba del portal del Túnel de Acceso La Riqueza.

Las elevaciones propias de esta localización, con una elevación de la cresta de la bocatoma-vertedero a la

elevación 681.00, y elevación de la cresta de la presa a la elevación 685.00, garantiza que no habrá flujo desde el túnel de carga hacia la estructura, sino tal vez en aquellos casos que ésta funcione como una pequeña almenara.

Por el contrario, en condiciones normales de funcionamiento, siempre se garantizará el aporte de La Quebrada La Riqueza al Túnel de Carga con el consecuente ahorro del embalse principal.

#### 4. CRITERIOS DE DISEÑO

En la actualidad no existen registros de caudales en el sitio propuesto de la estructura, y sólo hay disponibles algunos datos de aforos efectuados en la estación limnimétrica instalada en el puente sobre la misma quebrada en la carretera que conduce a Yatacué, en donde el área tributaria es de 5.58 Km<sup>2</sup>., esta serie de 13 aforos, realizados entre Octubre de 1972 y Diciembre del mismo año arrojan un caudal promedio de 1.37 m<sup>3</sup>/seg. (Referencia memorandum DAG-H-

167-72 de Diciembre 14 de 1972 expedido por el Ing. Alberto Patiño).

Posteriormente la Sección de Hidrología estimó con base en la correlación de las áreas de las cuencas de la Quebrada Murrupal y de La Riqueza, que el caudal de aporte de la Quebrada La Riqueza a la elevación 680 era de 0.65 m<sup>3</sup>/seg. El área de la cuenca de La Riqueza a la elevación 680.00 fué medida para establecer la correlación anterior en base a una restitución en escala 1:10.000 con curvas a intervalos 20 en 20 metros, llevada a cabo por Fotogrametría Aérea Colombiana S.A.

Este valor de 0.65 m<sup>3</sup>/seg. para el caudal promedio parece un poco bajo y sería conveniente establecer una estación de aforos en el sitio propuesto para la estructura de toma, con el objeto de corroborar las estimaciones de la Sección de Hidrología.

El caudal de diseño para la estructura de bocatoma vertedero de Captación La Riqueza, fué tomado en ba

se al caudal de la máxima creciente adoptado para la Captación Murrupal que fué de 300 m<sup>3</sup>/seg. (Referencia "Design Transmittal - Murrupal Intake" de Junio de 1969 por Acres International Limited), pero proporcionado de acuerdo a la relación de sus caudales promedios de las 2 cuencas, para lo cual se tomó como caudal promedio de Quebrada La Riqueza 1.37 m<sup>3</sup>/sg. equivalente al promedio de la serie de aforos mencionada anteriormente, que son válidos en el sitio del puente sobre La Riqueza en la carretera que conduce a Yatacué con un área tributaria de 5.58 Km<sup>2</sup>. Con la suposición anterior la creciente máxima adoptada para la Toma-Vertedero de la Quebrada La Riqueza es equivalente a 210 m<sup>3</sup>/seg.

En caso de que el caudal promedio estimado por la Sección de Hidrología sea verificado con base a aforos que se lleven a cabo en el sitio mismo de la estructura de toma-vertedero, las dimensiones de la estructura propuesta podrán ajustarse de acuerdo a las nuevas condiciones que se establezcan.

## 5. DESCRIPCION DEL ESQUEMA ADOPTADO

Las diferentes partes integrantes del esquema adoptado están mostradas en los dibujos de factibilidad:

Y-67-2021 "Captación La Riqueza-Disposición General - Túnel de Conducción".

Y-67-2022 "Captación La Riqueza-Bocatoma y Cámara Espiral".

Y-67-2023 "Captación La Riqueza - Estructuras temporales durante la construcción".

### 5.1 Disposición General

La estructura de Captación propiamente dicha consiste en una presa de gravedad con una longitud total de 32.00 metros de los cuales 16.00 metros corresponden a Sección de toma-vertedero, con cresta a la elevación 681.00 y el resto corresponde a estribos a la elevación 685.00. A su vez el estribo izquierdo alberga una cámara espiral dentro del mismo cuerpo de la presa, que está conectada por un pozo de 2.70 metros de diámetro interior y unos 100 metros de

profundidad a una cámara de desaireación que constituye el arranque del túnel de conducción a la elevación 574.45.

La longitud del túnel de conducción que pasa por encima del túnel de carga a la elevación 564.85, es de unos 580 metros hasta el sitio donde entrega al túnel de Acceso La Riqueza existente.

Como estructura complementaria deberá construirse un tapón en el área vecina al empalme del túnel de conducción con el túnel de acceso La Riqueza, de las mismas características del tapón existente y provisto de su correspondiente puerta y tubería de drenaje para desagüe del túnel.

## 5.2 Bocatoma-Vertedero

La Bocatoma-Vertedero consiste en una cresta de flujo libre de 16 metros de longitud, a través de la cual el agua pasa por una serie de

rejillas a un conducto a la elevación 677.50, y de allí por una transición a la cámara espiral.

Los bordes superiores del conducto mencionado apoyan las rejillas en un plano ligeramente inclinado hacia aguas abajo, lo que permite autolimpieza de las mismas.

### 5.3 Pozo Vertical-Cámara de desaireación y túnel de Conducción

La cámara espiral con una disposición similar a la prevista para la Captación Murrupal, pero dentro del mismo cuerpo de la presa, tiene el propósito de conducir el agua a través del pozo vertical con un mínimo de aire atrapado.

La cámara espiral remata en el costado aguas abajo en un vertedero de 7 metros de longitud que descarga en la ladera de la montaña.

Esta cámara está conectada a la cámara de de saireación por un pozo vertical de 2.70 metros de diámetro interior, revestido en concreto y

de unos 100 metros de longitud como se citó anteriormente. La cámara de desaireación es es / tá provista de una serie de tabiques en forma de segmentos circulares y de agujeros en el cénit de estos tabiques, que tienen como fin a yudar a la desaireación del agua a través de un tubo de ventilación que extendiéndose a lo largo del pozo respira a nivel de la cámara es piral.

A partir de la cámara espiral se extiende el túnel de conducción, cuyas dimensiones se han escogido con base en la mínima sección factible de construir con los equipos disponibles, presentando pendientes diferentes en dos tramos; un tramo inicial de 377 metros con pendiente del 2.5% que termina en la intercepción de este tú nel con el túnel de carga, por encima del mismo, y a la elevación 564.83 con un recubrimiento sobre la corona de la sección excavada del tú nel de carga equivalente a 1.5 veces el diáme-

tro de la misma sección; y un segundo tramo de 204.00 metros con pendiente de 7.32% que empalma a la parte superior del túnel existente de Acceso La Riqueza.

Debido a los niveles del embalse principal este último tramo del túnel de conducción, durante la operación de todo el conjunto incluyendo la Captación La Riqueza permanecerá lleno, circunstancia por la cual no se presentarán grandes velocidades que puedan erosionar el túnel en este tramo.

El túnel de conducción se considera en general revestido sólo en el piso, para efectos de disminuir pérdidas de fricción, y sólo aquellas áreas donde sea necesario colocar soportes para estabilidad de la roca se revestirán por completo.

#### 5.4 Compuertas

Dentro del conjunto de estructuras de la Capta

ción La Riqueza se han considerado tres compuertas, dos de las cuales son de tipo deslizante y están previstas en la estructura de toma.

Una de estas compuertas deslizantes con umbral a la elevación 677.50 tiene por objeto controlar el paso del agua a través del conducto de la toma-vertedero vía cámara espiral, y deberá cerrarse durante los períodos de inspección y mantenimiento del túnel de carga y/o túnel de conducción.

La segunda compuerta deslizante con umbral a la elevación 674.50 tiene por objeto desaguar el pequeño embalse que se formará, con el objeto de evacuar los cantos y sedimentos que se presume podrían colmatar el embalse.

La evacuación de estos cantos y sedimentos se hará con el equipo adecuado, transportando el material directamente desde el área del embalse hasta aguas abajo de la estructura, circun-

tancia por la cual se ha previsto la prolongación de la carretera en un pequeño tramo que da acceso hasta el embalse mismo.

La tercera compuerta es una compuerta de características similares a la instalada actualmente en el tapón existente, que se deberá instalar en el nuevo tapón y constituirá el acceso para inspección y mantenimiento del túnel de carga y del túnel de conducción.

La compuerta actualmente existente es aconsejable que permanezca en su sitio y será de gran utilidad en caso de que por cualquier circunstancia se requiera reparar o inspeccionar solamente el túnel de conducción de La Riqueza, en cuyo caso se disminuiría notablemente el tiempo de interferencia con la operación de planta cerrando nuevamente esta compuerta, una vez se haya hecho el desagüe total por la compuerta del nuevo tapón.

### 5.5 Desviación durante la construcción

En el dibujo Y-67-2023 se muestra el esquema de desviación durante la construcción, que comprende dos etapas: una primera etapa de desviación por medio de una ataguía de enrocado proveniente del mismo material de excavación, para la construcción de la estructura en la margen izquierda. Y una segunda etapa de desviación por medio de una ataguía combinada de enrocado y tabique de concreto para la construcción del resto de la estructura.

## 6. DISEÑO ESTRUCTURAL

La Sección de toma-vertedero que constituye la sección más crítica, fué analizada considerando el siguiente conjunto de fuerzas exteriores a la estructura misma.

- a. Presiones hidrostáticas
- b. Presión de lodos
- c. Subpresión
- d. Empuje sísmico.

El análisis anterior arrojó los siguientes resultados:

- Seguridad al volcamiento  $S_v = 1.32$
- Seguridad al deslizamiento  $S_d = 1.45$
- Seguridad a la flotación  $S_f = 1.72$
- $\sigma_{max.} = 2.28 \text{ Kg/cm}^2.$
- $\sigma_{min.} = 0.36 \text{ Kg/cm}^2.$

Con el ánimo de no modificar las dimensiones de la Sección propuesta, y para compensar los factores de seguridad obtenidos, se consideraron una serie de pernos de anclaje de expansión en el lecho de cimentación de la estructura.

#### 7. ESTIMATIVO DE COSTOS

Se anexan al presente Informe un presupuesto estimado del Proyecto que incluye los items más representativos con precios unitarios basados parte en los precios que licitó ICA para el Proyecto de Chingaza, ajustados al Proyecto de Captación La Riqueza, y algunos otros precios tomados con base a los precios actualizados y escalados del Proyecto Alto Anchicayá.

PROYECTO ALTO ANCHICATA

ESTIMATIVO DE COSTO PARA EL PROYECTO DE CAPTACION LA RIQUEZA

PRESENTADO POR: Ing. P. Sierra.

FECHA Octubre 7/74 HOJA 1 DE 4

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD ESTIMADA	PRECIO UNITARIO \$ Pesos	PRECIO UNITARIO \$ U.S.	TOTAL \$ Pesos	TOTAL \$ U.S.	TOTAL EQUIVALENTE \$ Pesos
<u>1- EXCAVACION A TAJO ABIERTO EN ROCA.</u>							
1.1- Excavación Presa.-	M <sup>3</sup>	1.500	21.53	1.34	32.295	2.010	
1.2- Excavación Cámara espiral.-	M <sup>3</sup>	1.300	383.69	31.36	498.797	40.768	
<u>2- EXCAVACION SUBTERRANEA EN ROCA.</u>							
2.1- Excavación Pozo Vertical.-	M <sup>3</sup>	1.100	424.16	34.67	466.576	38.137	
2.2- Excavación Túnel de Conducción.-	M <sup>3</sup>	5.800	122.92	15.05	712.936	87.290	
<u>3- PERFORACIONES E INYECCIONES.</u>							
3.1 Perforaciones para alivio de presión	M.L	80	189.41	19.44	15.153	1.555	
<u>4- PERROS DE ROCA, MALLA Y ANCLAJES.</u>							
4.1- Malla soldada para plantilla túnel de conducción, incluyendo túnel de acceso la Riqueza entre los tajos	M <sup>2</sup>	3.000	16.95	8.89	50.850	26.670	
4.2- Malla eslabonada para excavación a tajo abierto.-	M <sup>2</sup>	500	75.01	12.56	37.505	6.280	
4.3- Malla eslabonada para pozo vertical (50% del pozo.-)	M <sup>2</sup>	700	75.01	12.56	52.507	8.792	
4.4- Anclajes para malla.-	No.	2.400	58.36	2.39	140.064	5.736	

# ESTIMATIVO DE COSTO PARA EL PROYECTO DE CAPTACION A RIQUEZA

PRESENTADO Ing. P. Sierra.

FECHA Octubre 7/74 HOJA 2 DE 4

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD ESTIMADA	PRECIO UNITARIO \$ Pesos	PRECIO UNITARIO \$ U. S.	TOTAL \$ Pesos	TOTAL \$ U. S.	TOTAL EQUIVALENTE \$ Pesos
4.5- Pernos de roca tipo A con anclajes de expansión, de 4 mts. instalados a taño abierto e inyecotados.-	No.	150	235.00	60.99	35.250	9.149	
+ 4.6- Pernos de roca Tipo C con anclajes de expansión, de 2.50 Mts. instalados en pozo vertical.-	No.	150	150.54	23.73	22.581	3.560	
5- <u>SOPORTES DE ACERO</u>							
5.1- Suministro, fabricación e instalación asuados para el 20% del túnel de conducción.-	Kg.	27.000	17.55	1.17	473.850	31.590	
5.2- Elementos para instalación.-	Kg.	5.400	18.40	2.28	99.360	12.312	
6- <u>CONCRETO.</u>							
6.1- Concreto reforzado para la presa.-	M <sup>3</sup>	1.500	337.06	22.86	505.590	34.290	
6.2- Concreto reforzado para cámara espiral.-	M <sup>3</sup>	1.000	337.06	22.86	337.060	22.860	
6.3- Revestimiento para pozo vertical incluyendo formaleta	M <sup>3</sup>	700	508.64	27.03	356.048	18.921	
6.4- Plantilla túnel de conducción, incluyendo tramo túnel acceso La Riqueza entre los tajones.-	M <sup>3</sup>	800	333.34	22.01	266.672	17.608	

ESTIMATIVO DE COSTO PARA EL PROYECTO DE CAPTACION LA RIQUEZA

PRESENTADO Ing. P. Sierra.

FECHA Octubre 7/74 HOJA 3 DE 4

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD ESTIMADA	PRECIO UNITARIO \$ Pesos	PRECIO UNITARIO \$ U. S.	TOTAL \$ Pesos	TOTAL \$ U. S.	TOTAL EQUIVALENTE \$ Pesos
6.5- Concreto del Tapón	m <sup>3</sup>	500	312.50	24.75	156.250	12.375	
7- <u>CEMENTO</u>	Ton.	1.800	1452.02	-	2.613.636		
8- <u>ACERO DE REFUERZO</u>							
8.1- Suministro e instalación.-	Kg.	15.000	8.02	0.41	120.300	6.150	
9- <u>FORMALETAS</u>							
9.1- Formaleta plana.-	m <sup>2</sup>	1.000	278.76	2.13	278.760	2.130	
9.2- Formaleta Curva.-	m <sup>2</sup>	400	418.90	2.53	167.560	1.012	
10 - <u>SELLOS</u>							
+ 10.1- Suministro e instalación de sellos tipo B	Ml.	800	258.02	-	206.416		
11- <u>CONCRETO APLICADO NEUMATICAMENTE</u>							
11.1- Suministro y aplicación clase 2da.	Ton.	1.400	566.15	27.72	792.610	38.808	
12- <u>CARRERAS</u>							
+ 12.1 Construcción.-	Km.	0.820	1.468.300	101.220.00	1.224.006	83.000	
13- <u>DESVIACION</u>							
+ 13.1 Desviación durante la construcción.-	Global	-	-	-	440.400	43.000	
14- <u>COMPUERTAS Y ACERO MESCOBIADO</u>							
+ 14.1 Compuerta del tapón, incluyendo blindaje y otros.-	Global	-	-	-	150.000	22.500	

PROYECTO ALTO ANCHICATA

ESTIMATIVO DE COSTO PARA EL PROYECTO DE CAPTACION LA RIQUEZA

PRESENTADO Ing. P. Sierra

FECHA Octubre 7/74 HOJA 4 DE 4

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD ESTIMADA	PRECIO UNITARIO \$ Pesos	PRECIO UNITARIO \$ U. S.	TOTAL \$ Pesos	TOTAL \$ U. S.	TOTAL EQUIVALENTE \$ Pesos
+ 14.2- Tubería y válvula de desagüe	Global	-	-	-	27.900	8.000	
+ 14.3- Suministro e instalación de dos compuertas deslizantes de 78" x 96" y de 42" x 72" tipo Rodney Hunt	Global	-	-	-	-	36.000	
14.4- Suministro e instalación de acero misceláneo (rejillas, embebidos, escaleras etc.)-	Kg	2500	18.40	2.28	46.000	5.700	
TOTALES.....					10.306.932	626.203	25*962.007
<p>Los precios unitarios que aparecen en este estimativo, fueron ajustados y suministrados por ICA con base en los precios licitados por ellos mismos para el proyecto de Chingaza.</p> <p>Se exceptúan aquellos ítems que aparecen con asteriscos, cuyos precios fueron actualizados y escalados, de acuerdo a los costos del proyecto del Alto Anchicaya.</p>							