

COMPLEJO HIDROELÉCTRICO YACYRETÁ

OBRAS DE PROTECCIÓN DE LA CUENCA DEL ARROYO AGUAPEY



Por Ing. Horacio G. Corbière (*)

INTRODUCCIÓN

Accediendo a una invitación del Consejo Profesional de Ingeniería Civil a la Cámara Argentina de Consultores de Ingeniería, para que sus asociados dieran a conocer las obras y servicios que están prestando, decidí escribir estas líneas para dar a conocer los proyectos de Aguapey I y II en los cuales estamos interviniendo junto a otras firmas, contratados por la Entidad Binacional Yacyretá.

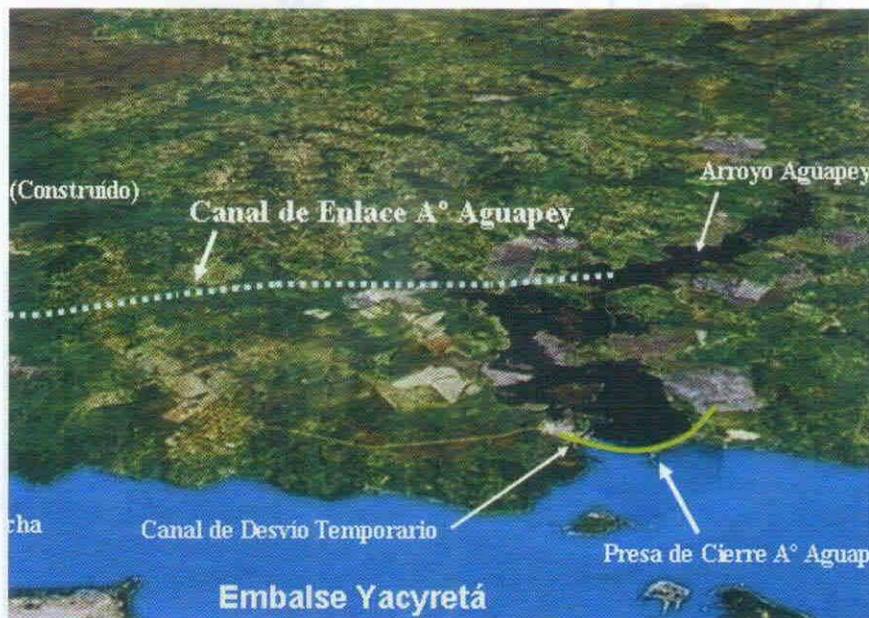
La Protección de la cuenca del Arroyo Aguapey es una de las principales obras del Plan de Terminación de Yacyretá que es de fundamental importancia para la finalización del proyecto del Embalse de Yacyretá, ya que su concreción impedirá el anegamiento de extensos territorios de la República del Paraguay ante el crecimiento de la cota del Embalse a su valor definitivo de 83 msnm.

Las obras principales del aprovechamiento están compuestas por 64,5 km de presas de tierra que comienzan en la margen izquierda del río en Rincón de Santa María, cruzan el Brazo Principal donde tienen su mayor altura 43 m, luego de recorrer parte de la Isla Yacyretá cruzan el Brazo Aña Cuá, continuando luego por la margen derecha en una extensión de aproximadamente 25 km, para finalizar en la ciudad paraguaya de San Cosme y Damián.

En las cercanías de esta última ciudad, se encuentra el Arroyo Aguapey, tributario del Paraná que descarga un caudal medio de $25 \text{ m}^3/\text{s}$ sobre el embalse a un nivel aproximado de 78 msnm.

La elevación del embalse a su cota definitiva de 83 msnm inundaría en contracorriente el valle del Arroyo Aguapey, generando un subembalse de más de 450 km^2 , de los cuales 360 km^2 corresponden a tierras firmes y humedales, y dentro de estas últimas, 200 km^2 se corresponden a tierras productivas.

TENIENDO EN CUENTA EL ESTADO DE PROFUNDA ALTERACIÓN DE LAS ROCAS Y ARENISCAS PRESENTES Y PRESTIGIANDO LA INTEGRIDAD DE LA OBRA EN SU EXTENSA VIDA ÚTIL ESPERADA, SE DECIDIERON PENDIENTES DE TALUDES QUE NO REQUIRIERAN ANCLAJES INYECTADOS COMO MEDIO DE SOSTENIMIENTO.



Para evitar esta situación, se desarrollaron las obras de protección del Arroyo Aguapey consistente en una presa de tierra en la desembocadura del arroyo para evitar el anegamiento cuando se llene el embalse por sobre la cota actual de descarga - parte de la obra denominada Aguapey II - y, aislado el arroyo y el embalse, un canal de 12,5 km de longitud que permita el escurrimiento del arroyo aguas abajo hasta conectar con el canal de colección existente a pie de presa hasta alcanzar el Brazo Aña Cuá, parte de la obra denominada Aguapey I.

En este artículo me referiré a Aguapey I – Canal de Descarga del Arroyo Aguapey.

Aguapey I – Canal de Descarga del Arroyo Aguapey

La primera etapa de las obras consistió en la construcción de un canal de enlace desde la posición de toma en el Arroyo Aguapey hasta la progresiva aproximada 12+500 en la cual se realiza el empalme con el canal de pie de presa existente derivando así las aguas del Arroyo hasta su descarga en el Brazo Aña Cuá. La construcción comenzó en el segundo semestre del año 2005.

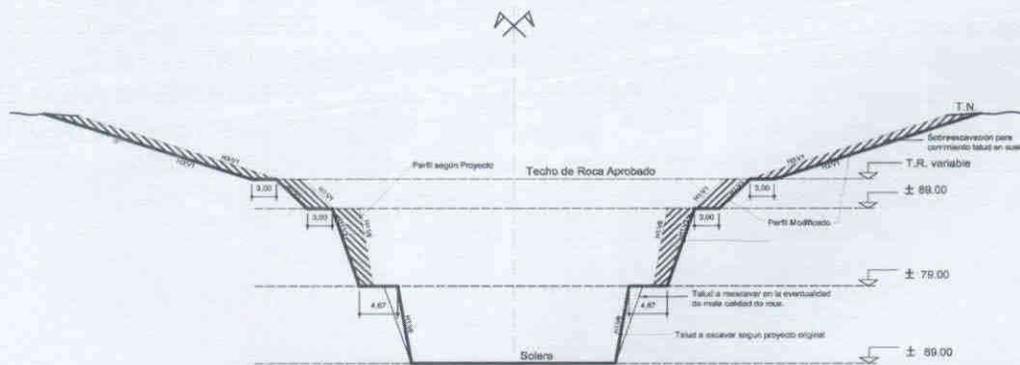
El recorrido de la traza se desarrollaba en su mayoría sobre suelos arcillosos, debiendo atravesar un importante manto basáltico y de areniscas y rocas alteradas entre las progresivas 8+000 y 10+275.

Las primeras excavaciones en estas progresivas permitieron vislumbrar el estado de yacencia de los mantos rocosos, con importantes alteraciones que requirieron un exigente y heterogéneo proyecto de taludes, para atender la integridad del personal y equipamiento a emplear durante el proceso de excavación y a la estabilidad del canal en el mediano y largo plazo.

A tal efecto se analizaron el grado de alteración, el diaclasamiento y el RQD del manto rocoso en toda su extensión, diseñándose las distintas secciones que aseguraran una estabilidad de taludes adecuada.

La alteración de los macizos rocosos obligó a ajustar los métodos de voladura en cuanto a posicionado, separación, profundidad y carga de las perforaciones a los efectos de darle eficiencia a dichos trabajos.

A continuación, se muestra una sección transversal en la zona de cruce del macizo rocoso en la cual se observa la variación de los taludes a medida que los estratos superiores presentan menos estabilidad, comenzando en un manto rocoso de relativa buena calidad, pasando por areniscas y rocas alteradas, hasta terminar en suelos arcillosos.



CORTE DEL CANAL PROG. 9+750 A 10+050

Teniendo en cuenta el estado de profunda alteración de las rocas y areniscas presentes y prestigiando la integridad de la obra en su extensa vida útil esperada, se decidieron pendientes de taludes que no requirieran anclajes inyectados como medio de sostenimiento. En algunos casos de profunda alteración se realizaron revestimientos de protección con shotcrete.



ZONA DE ROCAS BÁSALTICAS



ZONA DE ROCAS ALTERADAS

Las zonas compuestas exclusivamente por suelos se encontraron con algunos pequeños afloramientos de rocas hasta la progresiva 8+000 y hacia el final de la traza del canal.

En casi la totalidad de las secciones los suelos encontrados fueron arcillas y se diseñaron secciones de taludes más tendidos 3H:1V.

En estas secciones, las excavaciones fueron realizadas con equipo convencional de alta performance empleando métodos tradicionales y una dedicación intensiva.

Las protecciones de taludes fueron realizadas con roca de mediana graduación hasta la berma que, con una alta probabilidad, puede entrar en contacto con el flujo de agua y mediante una protección vegetal y drenajes de estabilización en las zonas superiores que presentaban posibilidad de desmoronamiento.



ZONA DE SUELOS ARCILLOSOS



PROTECCIÓN VEGETAL CON DRENAJES DE ESTABILIZACIÓN

LOS PRINCIPALES DATOS DEL CANAL EN CUANTO A DIMENSIONES SON LOS SIGUIENTES:

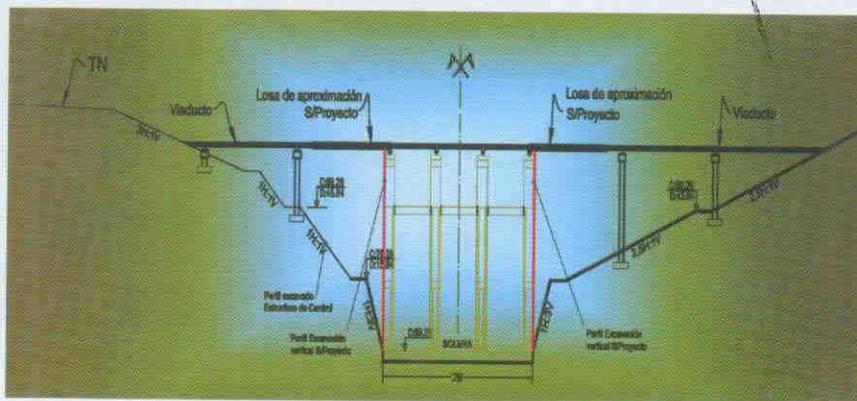
Longitud del Canal: 12.5 km.
 Crecida de Diseño: 700 m³/seg
 Volum. Excavación Común: 8.640.079 m³
 Volum. de Excavación Roca: 1.863.895 m³

Volum. Total de Excavación: 10.504.000 m³
 Profundidad Máxima del Canal: 39.0 m
 Profundidad Mínima del Canal: 8.0 m
 Cota de la Solera del Canal: 9.00 msnm

El canal es atravesado por varias obras singulares que completaron el proyecto.

La primera de ellas es el cruce de la Ruta 5B en la progresiva aproximada 9+400. Esta ruta debió ser relocalizada y re proyectada y su cruce requirió de un viaducto para salvar los desniveles provocados por las pendientes del canal.

En la propia intersección de la ruta con el canal se construyó una estructura para el control de flujo.



VIADUCTO Y ESTRUCTURA DE CONTROL

El viaducto fue diseñado con vigas premoldeadas de hormigón que fueron montadas mediante el empleo de vigas de lanzamiento.

LAS OBRAS PRINCIPALES DEL APROVECHAMIENTO ESTÁN COMPUESTAS POR 64,5 KM DE PRESAS DE TIERRA QUE COMIENZAN EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO EN RINCÓN DE SANTA MARÍA, CRUZAN EL BRAZO PRINCIPAL DONDE TIENEN SU MAYOR ALTURA, LUEGO DE RECORRER PARTE DE LA ISLA YACYRETÁ CRUZAN EL BRAZO AÑA CUÁ, CONTINUANDO LUEGO POR LA MARGEN DERECHA EN UNA EXTENSIÓN DE APROXIMADAMENTE 25 KM, PARA FINALIZAR EN LA CIUDAD PARAGUAYA DE SAN COSME Y DAMIÁN.

El viaducto fue diseñado con vigas premoldeadas de hormigón que fueron montadas mediante el empleo de vigas de lanzamiento. El volumen total de hormigón fue de 750 m³.



MONTAJE CON VIGAS DE LANZAMIENTO



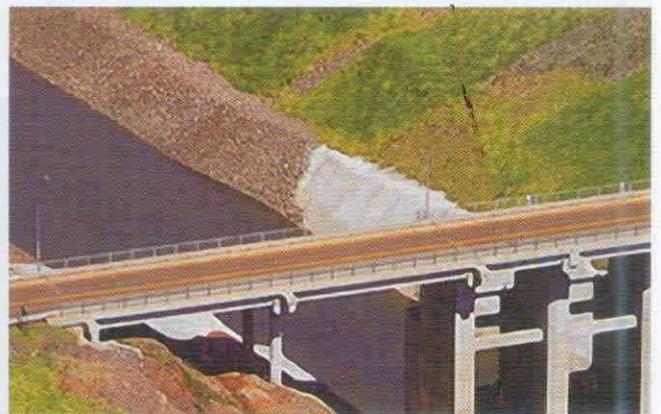
VIADUCTO TERMINADO

El tramo central contiene la Estructura de Control de Flujo del canal, formada por cuatro grandes pilares que alojan tres compuertas planas accionadas por mecanismos hidráulicos.

Estas compuertas permitirán realizar tareas de mantenimiento aguas abajo.



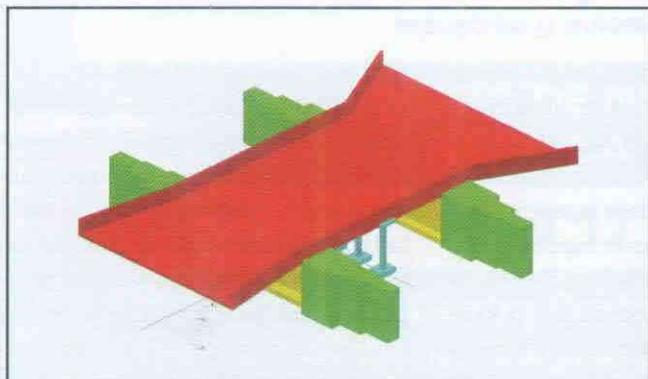
MODELIZACIÓN ESTRUCTURA DE CONTROL



ESTRUCTURA DE CONTROL

En su conjunto, la Estructura de Control implicó la realización de 2.230 m³ de hormigón.

Completan los cruces del Canal, 3 Puentes de Paso de Animales y un Puente Canal de Riego de 108 m³ de capacidad para irrigar tierras cultivables en territorio paraguayo.



MODELIZACION PUENTE CANAL 108 M³



PUENTE DE PASO DE ANIMALES

Las obras del Canal Aguapey se completaron exitosamente y cumpliendo las fechas claves originales en Diciembre de 2007, con excepción del Puente Canal de Riego cuya construcción está a decisión de la Entidad Binacional Yacyretá para un futuro inmediato.

Esta ha sido una abreviada descripción del proyecto Aguapey I, en próximas publicaciones desarrollaremos la presa de Aguapey II. El Proyecto definitivo, la Inspección, la Administración del Contrato y la Dirección de Obra, estuvieron a cargo de la unión transitoria de empresas COINTEC-INCONPAR-GCM-ELEPAR-GEIPEX-GCA UTE, bajo la denominación de Consorcio ENERYA.

COINTEC, de la Cámara Argentina de Consultores de Ingeniería, ofició de empresa líder argentina e INCONPAR, de la Cámara Paraguaya de Consultores, ofició de empresa líder paraguaya.

VARDE y Asociados participó en el asesoramiento en geotecnia y mecánica de rocas.

La construcción estuvo a cargo de la unión transitoria de empresas IECSA-CHEDIACK-CDD-CALCATERRA UTE donde IECSA ofició de empresa líder. ■



PERFIL DEL AUTOR: PRESIDENTE DE COINTEC. CONSULTORA EN INGENIERÍA Y TÉCNICA INDUSTRIAL S.A.