

# COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

## DESARROLLO DEL PROYECTO OLMOS-TINAJONES (PERU)

Pastor Esmid Espinoza Chilón<sup>1</sup>

*RESUMEN: El Proyecto Especial Olmos-Tinajones es uno de los proyectos hidráulicos más importantes del Perú, ya que constituye un trasvase de agua desde el río Huancabamba (vertiente Atlántica) hacia la cuenca del río Olmos (vertiente Pacífica), mediante un túnel hidráulico que cruza los Andes. El aprovechamiento se completa con el sistema Tinajones que es, actualmente, el más importante de la región norteña de Lambayeque.*

### 1. PRESENTACION

El Perú es un país con amplia tradición agrícola, la misma que ha quedado registrada a través de los vestigios arqueológicos existentes en todo el territorio nacional y que dan testimonio de haber alcanzado un importante desarrollo.

En lo referente a la región de Lambayeque en Perú, puede decirse que esta región político-administrativa comprende, desde el punto de vista de su relieve, diversos valles fluviales entre los que se destacan los correspondientes a los ríos Chancay – Lambayeque, La Leche, Motupe, Olmos y Cascajal (entre otros). Precisamente, en todos estos ríos se están elaborando actualmente importantes proyectos (que impulsa el Gobierno Peruano para incrementar el desarrollo de la región). Uno de ellos (Proyecto Olmos-Tinajones) se trata de

---

<sup>1</sup> Ingeniero del Proyecto Especial Olmos-Tinajones. Chiclayo (Lambayeque, Perú).

describir en este artículo (en estas mismas Jornadas se incluye otro artículo que hace referencia al río de La Leche).

## **2. EL SISTEMA HIDRAULICO TINAJONES**

Este sistema fue construido en su Primera Etapa entre los años 1954 y 1977 para regular el riego de 68,000 ha; actualmente este sistema beneficia a unas de 95,000 ha.

Las obras de esta Primera Etapa están valoradas en más de \$ 400 Millones de Dólares (€ 250 Millones de Euros) y están divididas en 4 componentes: trasvase, regulación, distribución y drenaje, permitiendo el aprovechamiento de un volumen de agua de 1,100 Hm<sup>3</sup>/año, de los cuales, 250 Hm<sup>3</sup> provienen del trasvase de la vertiente del Atlántico hacia la vertiente del Pacífico a través de la cordillera de los Andes; una de las principales estructuras es el Embalse de Tinajones, embalse lateral de 320 Hm<sup>3</sup> de capacidad y 20 Km<sup>2</sup> de espejo de agua, una red de canales de conducción de 120 Km de longitud y una red de drenaje superficial, de 392 Km

Como característica general, los sistemas de riego en este valle son por gravedad (96 % de la superficie) y el predominio de cultivos de alto consumo de agua (arroz y caña de azúcar), que representan el 74 % de la superficie sembrada, son los que consumen casi la totalidad del agua disponible, a lo que se suma el problema de salinización de los suelos, que afecta en diferentes grados a cerca de 25,000 ha y el proceso de sedimentación en las estructuras.

Asimismo, la eficiencia de facturación es baja, alcanza un 67 % del volumen de agua entregado, a un precio unitario de \$ 0.006 USD/m<sup>3</sup> (€ 0.0037 /m<sup>3</sup>).

Por otra parte, el río La Leche, con una aportación media anual de 160 Hm<sup>3</sup>, sin regulación, permitirá el aprovechamiento de 11,000 ha adicionales con sistemas de riego por gravedad y, de manera similar, ocurre con las cuencas de los ríos Salas (30 Hm<sup>3</sup>/año), Motupe (120 Hm<sup>3</sup>/año, Olmos (70 Hm<sup>3</sup>/año) y Cascajal (80 Hm<sup>3</sup>/año) que en conjunto benefician a otras 12,000 ha.

Los suelos de estos valles son de alta calidad agrícola, sin embargo, la capacidad de los sistemas de riego es muy limitada, limitación que se acentúa por la carencia de sistemas de regulación en todos estos valles a excepción del valle Chancay – Lambayeque. La propuesta de desarrollo agrícola apunta hacia la integración de estos valles, complementando con sistemas de regulación y con el desarrollo de sistemas de regadío de alta eficiencia en el aprovechamiento del agua (riego presurizado), interconectando el valle Chancay con La Leche y Salas y, por el otro extremo, el Cascajal con los valles de Olmos y Motupe, planteando trasvases “laterales” y afianzando los trasvases transversales que existen a través de la cordillera.

## **3. EL PROYECTO OLMOS**

Con la finalidad de impulsar el desarrollo agrícola de la región de Lambayeque, las inversiones se están orientando inicialmente hacia áreas nuevas, que se encuentran libres de los sistemas tradicionales de tenencia y de explotación en

términos de cultivos y de eficiencia de riego. Es, precisamente, en este contexto en el que se formuló y diseñó el Proyecto Olmos, el mismo que se orienta además, a la generación de un polo de desarrollo económico con objetivos regionales y transnacionales y de mejoras en la calidad de vida para los habitantes de la zona y sobre la base de las siguientes líneas de acción:

- El aprovechamiento energético de los recursos hídricos trasvasados.
- El desarrollo agrícola orientado a la exportación en base a la irrigación de áreas nuevas y al mejoramiento del riego en las áreas existentes.

El esquema de obras del Proyecto Olmos, en su Pleno Desarrollo apunta al trasvase de 2,180 Hm<sup>3</sup>/año de los ríos Huancabamba, Tabaconas, Manchara y Chotano (de la vertiente del Atlántico), hacia la cuenca del río Olmos (de la vertiente del Pacífico), para la irrigación de 112,000 ha y para la generación hidroenergética a través de 3 centrales hidroeléctricas con un total de 625 MW de potencia instalada.

Debido a la magnitud de las obras y a las inversiones requeridas, se optó por dividir el proyecto en dos etapas, la primera de las cuales, consta de **3 fases : Trasvase, Hidroenergía e Irrigación**. La Primera Fase o Fase Inicial (obras de trasvase) se encuentra en plena ejecución desde Marzo del 2006 y se espera concluir en el 2010.



**FIGURA 1: ESQUEMA GENERAL DE LAS OBRAS DE LA PRIMERA ETAPA**

#### **4. LA FASE INICIAL DEL PROYECTO OLMOS**

Estas comprenden la captación y trasvase de 406 Hm<sup>3</sup> a través de la Primera Etapa del Embalse Limón y del Túnel Trasandino, y que viene siendo ejecutado vía Contrato de Concesión con la firma Odebrecht desde Marzo del 2006, denominada Consorcio de Trasvase Olmos – CTO.

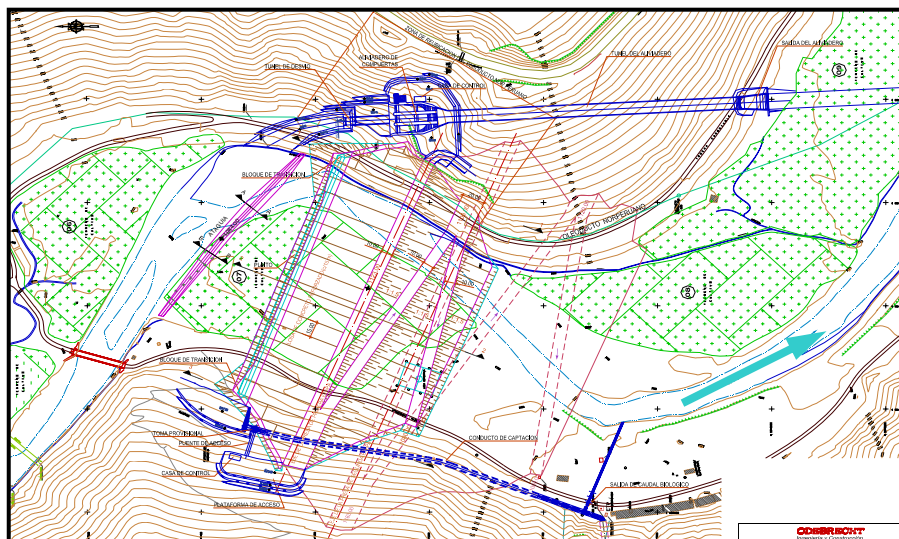
**Obras en el Frente Oriente:** Comprende la construcción de la Bocatoma de Captación, la Presa Limón, las obras del Sistema de desvío (Aliviadero, Estructura de Purga y Túnel de desvío).

**Obras en el Frente Occidente:** Comprende la perforación del Túnel Trasandino y el Túnel de la Quebrada Lajas.

##### **4.1. OBRAS EN EL FRENTA ORIENTE**

**Bocatoma de Captación:** Ubicada aguas arriba de la Presa Limón, en la Quebrada Los Burros, entrará en funcionamiento cuando la Presa Limón se eleve hasta su altura final de diseño (85 m). Consiste en la excavación de un túnel de 1.12 km y una sección de 5.3 m; para la presente Fase I se ha previsto la construcción de una **Bocatoma Provisional**, ubicada al pie de la Presa Limón, la cual cuenta con dos compuertas de 42 m<sup>3</sup>/s cada una y un conducto blindado de 320 m de longitud y 3.50 m de diámetro, que permite la interconexión con el Túnel Trasandino.

**Presa Limón:** En esta Fase I permitirá crear un embalse con una capacidad total de 44 Hm<sup>3</sup>. Consiste en una presa de escollera con protección de pantalla de hormigón en el talud aguas arriba y una cortina subterránea impermeabilizante; el volumen de relleno es de 1,000,000 m<sup>3</sup> de agregados de diversa granulometría, una altura de 43 m y 350 m de longitud de coronación.



## FIGURA 2: PLANTA GENERAL DE LA PRESA LIMON – FASE I

### Sistema de Desvío:

**Aliviadero:** Estructura de hormigón con un conjunto de compuertas radiales con capacidad para evacuar 1,700 m<sup>3</sup>/s.

**Estructura de Purga:** Estructura con una capacidad de 350 m<sup>3</sup>/s, que permitirá evacuar el embalse durante el tránsito de avenidas.

**Túnel de Desvío:** Con una longitud de 210 m y una sección de 145 m<sup>2</sup>, permite la derivación de las aguas del río Huancabamba para la construcción de la Presa Limón, posteriormente se integrará como parte de la operación del Aliviadero y del Sistema de Purga (en una misma estructura).

### 4.2. OBRAS EN EL FRENTE OCCIDENTE

**Túnel de Quebrada Lajas:** Es una prolongación lateral del Túnel Trasandino con 525 m de longitud y una sección circular de 5.30 m. Ha sido excavado y revestido para permitir la evacuación de las aguas trasvasadas hacia la Quebrada Lajas.

**Túnel Trasandino:** Tendrá una longitud de 19.3 km, de los cuales 14 Km están en proceso de excavación. La sección de perforación es de 5.33 m y se han obtenido coberturas superiores a los 2 km Su excavación está siendo realizada mediante el uso de un TBM - Tunnel Boring Machine, especialmente diseñada para esta obra, que tiene un cabezal de corte con un escudo de 5.33 m de diámetro. El peso total es de 1,000 tn y una longitud de 320 m.

## 5. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y DE DISEÑO

### 5.1. HIDROLOGÍA DEL PROYECTO

Los caudales del río Huancabamba son registrados en la estación hidrométrica Limón, situada en la zona de eje de presa, a 1,090 m.s.n.m. El periodo de registro utilizado fue de 1964 a 1998. Esta estación comprende una cuenca (área de drenaje) de 2,651 Km<sup>2</sup>. El caudal promedio del registro es de 25,30 m<sup>3</sup>/s que representa una masa promedio anual de 798 Hm<sup>3</sup>.

Las demandas agrícolas han sido garantizadas incluyendo las pérdidas por evaporación y filtración con la regulación a través del embalse Limón.

DEMANDA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total
MAXIMA	30.38	43.54	44.66	41.09	41.55	56.24	40.28	41.63	29.05	24.72	28.54	24.61	446.29
MINIMA	24.86	35.36	36.54	33.62	34.00	46.02	32.96	34.06	23.77	20.23	23.35	20.14	364.91
DISEÑO	30.38	43.54	44.66	41.09	41.55	46.02	37.21	34.06	23.77	20.23	23.35	20.14	406.00

El caudal biológico, aguas abajo de la presa Limón es de 1,3 m<sup>3</sup>/s

## 5.2. SEDIMENTOS

En el caso del Estudio Definitivo, el periodo de registro ha sido sólo de 5 años, Según los resultados de este análisis, se prevé una cantidad de 2,300 t/año de material en suspensión y 250 t/año del material de fondo (total 2,550 t/año), sin embargo este parámetro será objeto de un nuevo análisis en la etapa de operación del proyecto.

## 5.3 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y DE DISEÑO DEL EMBALSE LIMÓN

El cauce del río Huancabamba en la zona del proyecto es de unos 200 m de ancho y está constituido por un depósito aluvial de espesor aproximado de 38 m. La terraza de inundación del valle está constituida por un manto de arcilla arenosa de 1 a 2 m de espesor, con coeficiente de filtración de 30 m/día (permeabilidad elevada, de  $3.5 \cdot 10^{-2}$  cm/s). Los depósitos subyacentes corresponden a cantos, gravas y guijarros de gran densidad.

Las laderas altas y abruptas colindantes, están constituidas de andesitas y dacitas de gran dureza.

Para el proyecto de la presa, se seleccionó la alternativa de presa de escollera con pantalla de hormigón, solución que permite el mejor uso del material local, se ajusta bien a las condiciones geológicas y geotécnicas en la zona de la presa y garantiza una adecuada seguridad de la infraestructura ante la ocurrencia de eventos sísmicos fuertes. Como resultado final, su costo de construcción y de la operación es el mas bajo de todas las variantes analizadas, no sólo para la presente primera etapa sino también para la segunda etapa del proyecto.

De acuerdo con los Estudios Definitivos del Proyecto Olmos, la presa Limón, cuando alcance su máxima cota de coronación de 1,162 m.s.n.m. creará un embalse con una capacidad total de 191 Hm<sup>3</sup> (capacidad útil de 111 Hm<sup>3</sup> y volumen muerto de 80 Hm<sup>3</sup>). Como parte del mismo estudio se ha definido el nivel máximo del embalse a la cota 1,160 m.s.n.m., mientras que el nivel mínimo de operación (asociado al volumen muerto) estará en la cota 1,132 m.s.n.m. La longitud del embalse en su fase final será de 12 Km. y la profundidad máxima de agua al pie de la presa de 78 m.

Para la primera fase del desarrollo del proyecto se han establecido los siguientes parámetros básicos:

- a) Volumen de embalse
  - Volumen útil 30 Hm<sup>3</sup>

- Volumen muerto 14 Hm<sup>3</sup> ( Total : 44 Hm<sup>3</sup>)

b) Niveles de agua

- Nivel mínimo 1,080 m.s.n.m.
- Nivel normal 1,120 m.s.n.m.
- Nivel máximo extremo 1,122.5 m.s.n.m.
- Nivel de coronación de la represa 1,123.9 m.s.n.m.

Área total del embalse: 2,5 Km<sup>2</sup> (aprox)

Este diseño ha sido verificado aplicando métodos de modelación numérica y modelación física en el laboratorio de hidráulica de la UDEP, Piura.

#### 5.4. CUERPO DE PRESA

Las siguientes pendientes de taludes, y éstos para la altura definitiva de la presa H = 85 m: talud aguas arriba 1.50H:1V; aguas abajo: 1,65H:1V.

El cuerpo de la presa se ejecuta por compactación utilizando materiales de esollera (cantos) y grava natural, con tamaño máximo de guijarros hasta 40 cm y el porcentaje de finos ( $d \leq 0.074\text{mm}$ ) menor del 5%, con sus respectivos filtros de grava y piedra de granulometría predefinida.

La protección del talud de aguas abajo se ejecuta con roca de cantera, de diámetro entre 15 y 50 cm. En relación al talud mojado, se ejecuta un revestimiento con pantalla de hormigón, que se apoya en la losa de hormigón armado ("zócalo"). El espesor de la pantalla disminuye gradualmente, del máximo en la zona del entronque con el "zócalo" (55 cm), a un valor mínimo (42 cm) en la coronación de la presa, en esta 1ª fase.

La estanqueidad del cimiento (desde el "zócalo" descrito) se logra mediante una pantalla de hormigón plástico en la zona del cauce, la misma que desciende hasta profundizar en el complejo rocoso 2 m aproximadamente. En los estribos se viene ejecutando una cortina de inyecciones de una fila, por el sistema "split".

#### 5.5. TÚNEL DE DESVÍO

Ha sido diseñado para derivar las aguas del río Huancabamba durante la construcción de la presa. Se localiza en la margen izquierda, con una longitud de 335 m. En los cálculos hidráulicos de la operación del túnel de desvío se tuvo en cuenta su futura modificación y uso como parte del aliviadero principal, funcionando como conducto para el transporte de aguas de avenidas controladas por parte del aliviadero, según el criterio de transporte

del caudal de diseño (380 m<sup>3</sup>/s, PR : 20 años) y altura de la ataguía de 14 m. La velocidad máxima de agua en esta parte del túnel de desvío es de 8 m/s.

## 5.6. ALIVIADERO

Se ha diseñado un aliviadero con compuertas dimensionado para garantizar el tránsito del caudal de diseño de 1,740 m<sup>3</sup>/s (PR: 10,000 años). El aliviadero consiste en tres secciones de 7 m de ancho, cada una equipada con una compuerta radial de 12 m de altura y 7 m de ancho. La estructura de hormigón ha sido dimensionada según un perfil tipo "Creager", con la coronación en la cota 1108,70 m.s.n.m.

## 5.7. DESAGÜE DE FONDO CON EL TÚNEL DE PURGA

El Desagüe de Fondo ha sido diseñado con el objeto de facilitar la evacuación del material sólido del cauce del río Huancabamba, así como para efectuar la descarga de emergencia desde el embalse Limón, en el caso de la necesidad del vaciado rápido del embalse sin operación del aliviadero principal. Esta estructura contará con blindaje de acero de 10 mm de espesor. Su capacidad final será de 400 m<sup>3</sup>/s, caudal que se logra cuando el nivel de embalse alcanza la cota 1,160 m.s.n.m (en la presente fase, su capacidad es de 350 m<sup>3</sup>/s).

## 5.8. TOMA PROVISIONAL DE AGUA

Es una estructura que permitirá captar las aguas del embalse Limón para ser derivadas hacia el túnel trasandino. La toma de agua se ubica en el estribo derecho y ha sido diseñada según la capacidad máxima del túnel, que en el caso de nivel mínimo de embalse (1,105 m.s.n.m.) alcanza 37 m<sup>3</sup>/s mientras que para el nivel máximo (nivel normal de 1,120 m.s.n.m.) es de 46 m<sup>3</sup>/s. Esta toma provisional consiste en una torre de 18 m de altura, con una sección interior de 5,0 m de diámetro regulada por sistema de compuertas.

## 5.9. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DEL TÚNEL TRASANDINO

### *5.9.1. Condiciones geológicas del túnel*

El trazado del túnel Trasandino está proyectado para atravesar tres bloques bien definidos de roca:

1. Rocas volcánicas tipo Andesitas intruidas por pórfidos granodioríticos (Desde el pk 0+0.12 hasta las inmediaciones del pk 2+000).
2. Complejo metamórfico Paleozoico constituido por esquistos carbonosos arcillosos y cuarzo micáceo (pk 2+000 hasta pk 8+500).



3. Formaciones del Terciario Inferior constituidas por la alternancia de grandes bancos de andesitas, dioritas, tobas ácidas y brechas piroclásticas intruidas por pórfidos cuarzosos (hasta pk 19+309)

La evaluación geotécnica efectuada para los tramos excavados presentan las siguientes características:

<b>Túnel Trasandino:</b>	
Roca I: (Pésima)	No existe
Roca II (Inestable)	8 % de la longitud excavada o menos
Roca III (Semiestable) :	15 % de la longitud excavada o menos
Roca IV (Estable) :	77 % de la longitud o más

Se han detectado asimismo los siguientes accidentes geotécnicos: a) Pequeños afloramientos de agua inferiores a 20 l/s, b) Ocurrencia de estallidos de roca (“rock blasting”) debido a la liberación tensional en la periferia del túnel y c) Incremento de la temperatura en el interior del túnel (hasta más de 38°C).

### **5.9.2. Plan de ejecución**

Los trabajos de perforación, sostenimiento, revestimiento y consolidación del túnel trasandino, se llevan a cabo por un sólo frente. La excavación se viene efectuando con el empleo de una tuneladora TBM (Tunnel Boring Machine), alimentada por un Sistema Eléctrico de 4.5 MW de potencia instalada. Dada la gran cobertura existente y con el fin de evitar el fenómeno del “rock blasting” (estallido de roca) se viene efectuando una protección continua con una capa de hormigón proyectado (“shotcrete”). También se dispone de un sistema de ventilación forzada para controlar las elevadas temperaturas internas



**FOTOGRAFÍA N° 1: Panorámica de la Presa Limón – Fase 1ª, en plena ejecución.**

**SECUENCIA FOTOGRÁFICA**

**DETALLES CONSTRUCTIVOS  
OBRAS DE TRASVASE:  
PRESA, TÚNEL DE DESVÍO,  
Y TÚNEL TRASANDINO.**

