



**ProlInversión**

Más inversión, más trabajo

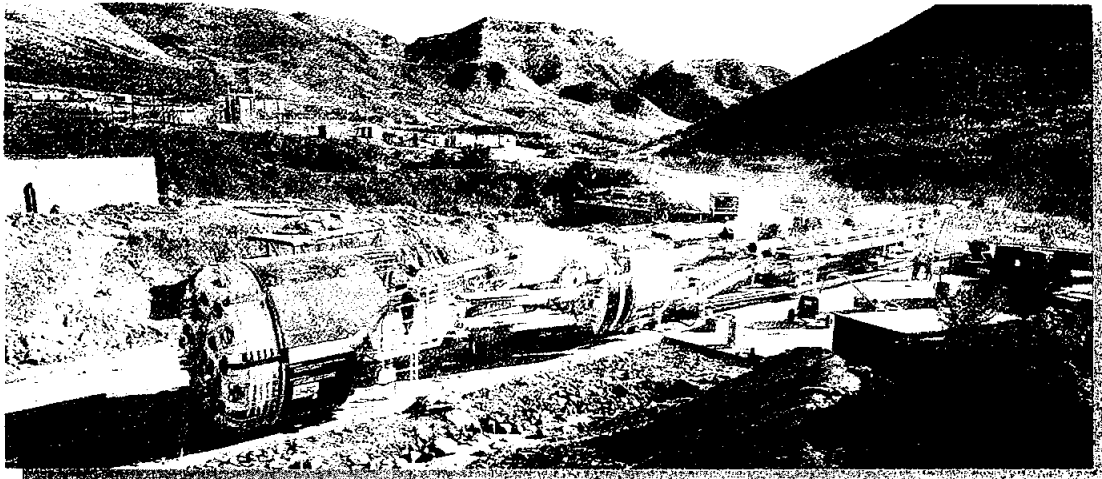
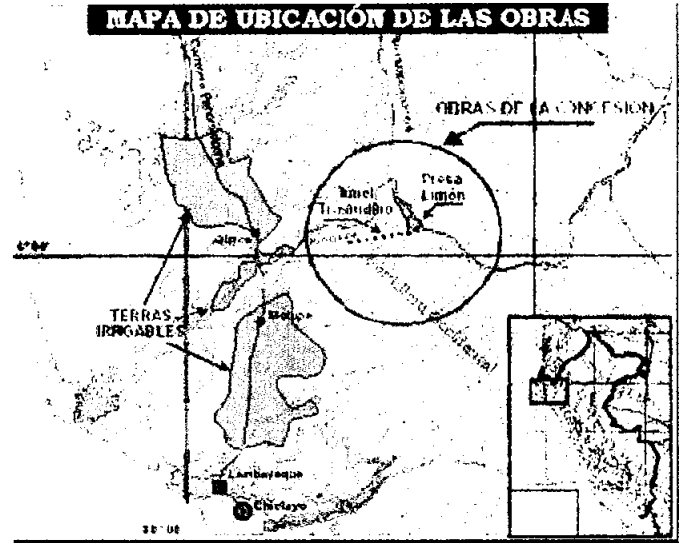
3144  
GOBIERNO REGIONAL  
DEL DEPARTAMENTO DE  
LAMBAYEQUE

## ANEXO 4

### Propuesta Técnica

Corresponde al Sobre N° 2 (Propuesta Técnica), que comprende del Folio 0001 hasta el Folio 0299 del referido sobre, así como la documentación que se deriva de la Circular N° 032-2004.

**CONCURSO DE PROYECTOS INTEGRALES PARA LA CONCESION  
 DE LA CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS  
 OBRAS DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS**



**SOBRE N° 2**

DOCUMENTOS SEGÚN NUMERALES 7.1.1 y 7.1.3 y  
**PROPUESTA TECNICA**  
 SEGÚN NUMERALES 7.1.4 y 7.1.5

**ODEBRECHT**

Constructora Norberto Odebrecht S.A.

**ORIGINAL**

**CONCESION DE LA CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS  
OBRAS DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS**

**SOBRE N° 2**

**INDICE**

*Señor el Sr. Norberto Odebrecht  
Gerente General  
CORPORATIVO ODEBRECHT S.A.*

ITEM	DESCRIPCION	Página
7.1.1	Declaración Jurada de vigencia de la Información y de no participación directa o indirecta en otro postor calificado. ( Formulario 4 del anexo 5 )	0001
7.1.2	CONTRATO	0002
	Presentación de cinco (05) ejemplares de la versión final del Contrato, debidamente firmados por el Representante Legal del Postor Calificado. <b>SE PRESENTA EN VOLUMEN APARTE</b>	
7.1.3	Garantía de validez, vigencia y seriedad de la Oferta Económica (US\$ 2'000,000.00).	0003
7.1.4 y 7.1.5	<b>PROPUESTA TECNICA</b>	
ME.01:	INTRODUCCION	0004-0007
ME.02:	CONDICIONES DE DISEÑO	0008
ME.02.01:	Datos Básicos	0008
ME02.01.01:	Topografía	0008-0011
ME02.01.02:	Geología y geotecnia	0012-0013
ME02.01.03:	Sismología	0014-0015
ME02.01.04:	Hidrología ( contiene Programa Mensualizado de Entregas de Agua Trasvasada )	0016-0019
ME02.01.05:	Sedimentología	0020-0021
ME.02.02:	Criterios de Diseño	0022-0026
ME.02.03:	Canteras de préstamo	0027-0028
ME.02.04:	Botaderos	0029
ME.02.05:	Caminos de acceso	0030
ME.03:	SELECCIÓN DE VARIANTE ÓPTIMA	0031-0037
ME.04:	INFORME TECNICO VARIANTE ÓPTIMA ( Solución Técnica Definitiva )	0038-0048
ME.05:	MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTACION	0049-0060
ME.06:	PRUEBAS TECNOLÓGICAS	0061-0062
ME.07:	VERSION PRELIMINAR DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	0063-0072
ME.08:	APENDICES	0073
ME08.01:	Cálculo de Estabilidad de Taludes de la Presa Limón	0073-0075
ME08.02:	Cálculos Hidráulicos de capacidad del Túnel Trasandino	0076-0078
ME.09:	PLANOS	0079-0107

Postor :

**CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT S.A.**

**CONCESION DE LA CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS  
 OBRAS DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS**

# SOBRE N° 2

## INDICE

*Julio A. Murillo Caceres*  
 NOTARIO PUBLICO DE LIMA

ITEM	DESCRIPCION	Página
7.1.4 y 7.1.5	<b>PROPUESTA TECNICA</b>	
ME.10:	ESPECIFICACIONES TECNICAS	0108-0204
ME.11:	METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN (PROCESOS CONSTRUCTIVOS)	0205-0264
ME.11.01:	Cronograma de Actividades Preparatorias, Construcción y Equipamiento	0265-0271
ME.11.02	Recursos de construcción (materiales, equipo, mano de obra)	0272-0275
ME.12	METRADOS DE OBRA	0276-0294
ME.13:	PRESUPUESTOS DEFINITIVOS DE OBRAS	0295-0298
ME.14:	CALENDARIO DE INVERSIONES EN PORCENTAJES	0299

**SE INCLUYE 01 CD**

Postor :

**CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT S.A.**

**CONCESION DE LA CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS  
OBRAS DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS**

---

*Jaime A. Murillo Cobos*  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA

**7.1.1 Declaración Jurada de vigencia de la Información y de no  
participación directa o indirecta en otro postor calificado  
( Formulario 4 del anexo 5 )**

Postor :

**CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT S.A.**

**Construtora Norberto Odebrecht S.A.****ANEXO N° 5****Formulario 4**

0001

**VIGENCIA DE LA INFORMACIÓN**

Referencia: Punto 7.1.1. de las Bases de la Concurso

**DECLARACIÓN JURADA**

*Jorge Enrique Caceres*  
 NOTARIO PUBLICO DE LIMA

Por medio de la presente declaramos bajo juramento lo siguiente:

1. Que la información, declaraciones, certificación y, en general, todos los documentos presentados en el Sobre N°1 permanecen vigentes a la fecha y permanecerán de la misma manera hasta la Fecha de Cierre.
2. Que no poseemos participación directa o indirecta en ningún otro Postor Calificado o Integrante del mismo.

Lugar y fecha: Lima, 19 de Marzo de 2004.

Entidad: **CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT S.A.**  
 Postor

Nombre: **JORGE HENRIQUE SIMOES BARATA**  
 Representante Legal del Postor  
 C.E. N° N-96904

Firma:   
 Representante Legal del Postor



Nombre: **RAYMUNDO NONATO TRINDADE SERRA**  
 Representante Legal del Postor  
 C.E. N° 110354

Firma:   
 Representante Legal del Postor

**SAO PAULO - BRASIL**

Av. das Nações Unidas 4777  
 Sao Paulo / SP  
 05477 - 000  
 Teléf. : 005511 3443 9000  
 Fax : 005511 3443 9017

**LIMA - PERU**

Av. La Floresta 497 Of. 102  
 Chacarilla del Estanque  
 San Borja, Lima  
 Teléf. : 00511 217.2800  
 Fax : 00511 372.7434

**CONCESION DE LA CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS  
OBRAS DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS**



Jaime A. Sánchez Cervera  
NOTARIO PÚBLICO DE LIMA

**7.1.2 CONTRATO**

Presentación de cinco (05) ejemplares de la versión final del Contrato, debidamente firmados por el Representante Legal del Postor Calificado.

Postor :

**CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT S.A.**

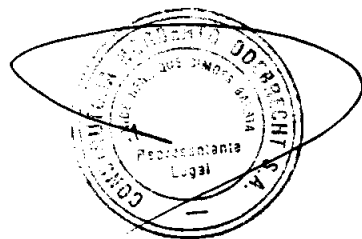
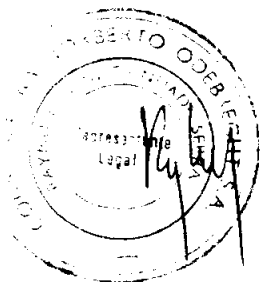
**CONCESION DE LA CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS  
OBRAS DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS**

0002

*[Handwritten Signature]*  
Notario Público de Lima

**7.1.2 CONTRATO**

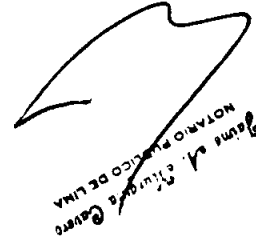
**Los cinco (05) ejemplares de la versión final del Contrato, en Original, debidamente firmados por el Representante Legal SE PRESENTAN EN VOLUMEN APARTE**





**CONCESION DE LA CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS  
OBRAS DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS**

---



Notario Público de Lima  
Lima, 11 de Julio de 2009

**7.1.3 Garantía de validez, vigencia y seriedad de la  
Oferta Económica (US\$ 2'000,000.00).**

Postor :

**CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT S.A.**

Standard Chartered



**CARTA FIANZA DE VALIDEZ, VIGENCIA Y SERIEDAD DE LA OFERTA ECONOMICA**  
**REFERENCIA: PUNTO 7.1.3. DE LAS BASES DEL CONCURSO**

Lima, 16 de marzo de 2004

**CARTA FIANZA NUM. CFR861003543**

**Vencimiento: 30 de Agosto de 2004**

Señores  
**AGENCIA DE PROMOCION DE LA INVERSION - PROINVERSION**  
Presente.

De nuestra consideración:

Por la presente y a la solicitud de nuestros clientes señores **CONSTRUCTORA NORBERTO ODEBRECHT S.A.**, constituimos esta fianza solidaria irrevocable, incondicional y de realización automática, sin beneficio de excusión, ni división, hasta por la suma de **Dos Millones y 00/100 Dólares Americanos (USD2'000,000.00)** a favor de **PROINVERSION**, para garantizar la validez, vigencia y seriedad de la oferta económica presentada por nuestro cliente de acuerdo a los términos y condiciones establecidas en la bases del Concurso de **Proyectos Integrales para la Entrega en Concesión de las Obras de Tránsito del Proyecto Omos**.

Asimismo, dejamos constancia que la presente garantía se hará efectiva en el caso que nuestro cliente sea declarado adjudicatario por el comité y no cumpla con sus obligaciones en la fecha de cierre del concurso antes mencionado.

El pago se hará en efectivo al solo requerimiento escrito del Director Ejecutivo de **PROINVERSION**, o de quien haga sus veces, en nuestras oficinas ubicadas en **Av. Canaval y Moreyra 452, San Isidro**.

Para honrar la presente fianza a favor de ustedes bastará requerimiento por conducto notarial del Director Ejecutivo de **PROINVERSION**, y toda demora de nuestra parte devengará un interés equivalente a la tasa máxima Libor mas un margen (Spread) de **3%**. La tasa Libor será la establecida por el cable Reuter diario que se recibe en Lima a horas **11:00 a.m.**, debiendo devengarse los intereses a partir de la fecha en que se ha exigido su cumplimiento y hasta la fecha efectiva de pago.

Nuestras obligaciones bajo la presente fianza no se verán afectadas por cualquier disputa entre ustedes y nuestros clientes.

El plazo de vigencia de esta fianza se iniciará en la fecha de presentación de la oferta económica y hasta el día **30 de Agosto del año 2004**.

Los términos utilizados en esta fianza tienen el mismo significado que los términos definidos en las bases del Concurso.

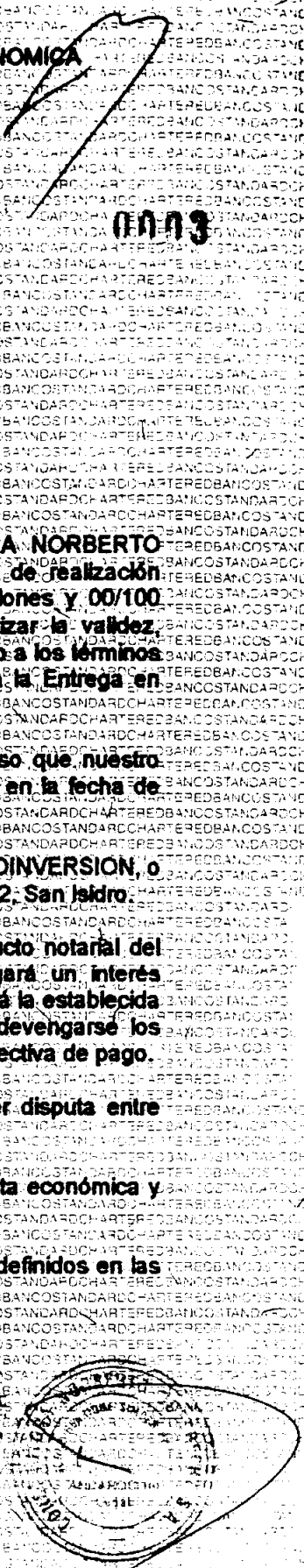
Atentamente,

**BANCO STANDARD CHARTERED**

Norma Vega Dapuetto  
Supervisor

Marisa Villavicencio Z.  
Acc. Processing Supervisor

Av. Canaval y Moreyra Nº 452 - San Isidro, Lima 27 (Perú)  
Telf.: (511) 411-7000 Fax: (511) 411 7027 - Apartado (Box) 140361 - Lima 14 (Perú)



CONCESION DE LA CONSTRUCCION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LAS  
OBRAS DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS

**7.1.4 y 7.1.5**  
**PROPUESTA TECNICA**

**CONCESION DE LA CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS  
OBRAS DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS**

Jaime A. Murguía Castro  
NOTARIO PÚBLICO DE LIMA

**MEMORIA DESCRIPTIVA  
ITEMS ME.01 A ME.09**

Postor :

**CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT S.A.**


**MEMORIA DESCRIPTIVA**

ITEMS: ME.01 a ME.09

**INDICE**

0004

ITEM	DESCRIPCION	Página
ME.01:	INTRODUCCION	1 - 3
ME.02:	CONDICIONES DE DISEÑO	4
ME.02.01:	Datos Básicos	4
ME02.01.01:	Topografía	4 - 7
ME02.01.02:	Geología y geotecnia	8 - 9
ME02.01.03:	Sismología	10 - 11
ME02.01.04:	Hidrología ( contiene Programa Mensualizado de Entregas de Agua Trasvasada )	12 - 15
ME02.01.05:	Sedimentología	16 - 17
ME.02.02:	Criterios de Diseño	18 - 22
ME.02.03:	Canteras de préstamo	23 - 24
ME.02.04:	Botaderos	25
ME.02.05:	Caminos de acceso	26
ME.03:	SELECCIÓN DE VARIANTE ÓPTIMA	27 - 33
ME.04:	INFORME TECNICO VARIANTE ÓPTIMA ( Solución Técnica Definitiva )	34 - 44
ME.05:	MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTACION	45 - 56
ME.06:	PRUEBAS TECNOLÓGICAS	57 - 58
ME.07:	VERSION PRELIMINAR DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	59 - 68
ME.08:	APENDICES	69
ME08.01:	Cálculo de Estabilidad de Taludes de la Presa Limón	69 - 71
ME08.02:	Cálculos Hidráulicos de capacidad del Túnel Trasandino	72 - 74
ME.09:	PLANOS ( 28 LAMINAS )	75

## ME.01: INTRODUCCION

0005

El esquema general de desarrollo del Proyecto Olmos está basado en la captación, regulación y traslase de recursos hídricos del río Huancabamba y de otros ríos de la cuenca amazónica hacia tierras irrigables de la Región Lambayeque. Las obras del proyecto y las áreas beneficiadas se emplazan en el extremo Nor Occidental de la República del Perú, dentro del territorio de las regiones de Cajamarca y Lambayeque.

Según el diseño actual, el proyecto Olmos comprende, como su elemento principal, la construcción de la presa Limón y del túnel trasandino, para regular y derivar aguas desde el río Huancabamba hacia las zonas de riego. El ámbito de la represa Limón es la regulación de las aguas del río Huancabamba (primera fase) y de las aguas de cuencas de captación adyacentes derivadas hacia el río Huancabamba (siguientes fases). El Postor, según lo establecido en los Términos de Referencia, ha analizado solo el uso de las aguas del río Huancabamba, mientras que el uso de las aguas de otras cuencas se analizará durante futuras fases del proyecto. Sin embargo, durante todas las fases de la preparación de la propuesta técnica, el Postor diseñó y presentó obras propuestas de tal manera que la ampliación del Proyecto Olmos y en especial la ampliación de la represa Limón se pueda realizar de manera óptima con costos mínimos, sin que la solución propuesta limite futuros desarrollos del Proyecto Olmos.

El traslase de las aguas reguladas en el embalse de Limón, hacia las zonas de riego, se realizará a través de un túnel Trasandino, de cerca de 20 Km. de longitud y de un diámetro estimado de 4.8 m. Otros elementos del Sistema Olmos, como centrales hidroeléctricas y obras de derivación de aguas de otras cuencas hacia el río Huancabamba, se realizarán durante las siguientes fases del desarrollo del proyecto y no forman parte de la solución técnica presentada.

Según los estudios realizados se prevé que la altura final de la represa Limón podría alcanzar hasta 85 m, con un volumen de embalse de cerca de 180 MMC. Durante la primera fase de construcción, que se analiza en este documento, está previsto construir el túnel de derivación con sus dimensiones definitivas y la represa de Limón con dimensiones de primera fase (una altura de cerca de 45 m), necesarias para suministrar agua de riego para los usuarios agrícolas dentro del Sistema Olmos.

Las obras consideradas en la oferta técnica del Postor, según lo establecido en los Términos de referencia del concurso de concesión de las obras de traslase del Proyecto Olmos son las siguientes:

- a) Culminación de la construcción y equipamiento del Túnel Trasandino, del cual se tiene perforado 1,921 m en su galería de acceso y 4,301 m en su eje principal; quedando por perforar una diferencia de 13,846.70 m.
- b) Elevación parcial de la Presa Limón hasta una altura referencial de 45 m, de modo que sea posible la regulación y derivación garantizada de una masa anual de 406 Hm<sup>3</sup> de agua.
- c) Construcción de una estructura de toma provisional de agua utilizando la galería de acceso existente.

Durante la preparación de su oferta técnica y económica el Postor ha analizado toda la documentación técnica existente, ha realizado varias visitas a la zona del proyecto y ha ejecutado un programa adicional de las investigaciones y trabajos de campo, incluyendo levantamiento topográfico y toma y análisis de algunos parámetros geológicos. Sobre la base de todos los datos obtenidos ha analizado varias opciones de construcción de la represa Limón y sus estructuras adyacentes y después de la comparación técnica y

económica ha seleccionado la variante óptima que ha sido analizada a un nivel de detalle que permite definir costos reales del proyecto y su cronograma de construcción. Una vez determinado el presupuesto real del proyecto y el programa de su realización, el Postor analizó y presentó todos los parámetros técnicos y económicos de la variante seleccionada, según requerimientos del concurso.

El contenido de la Propuesta Técnica ha sido organizada según requerimientos de los Términos de referencia de Bases del Concurso y contiene:

- a) Datos Básicos: En el capítulo M.E.02.01 se presentan todos los datos básicos que el Postor ha usado durante fase de la elaboración de su propuesta técnica y económica, que básicamente consisten de datos encontrados en la documentación existente como también de datos obtenidos como resultados de investigaciones y análisis realizados por parte del equipo técnico del Postor. Para cada grupo de datos, el Postor ha realizado la recopilación y revisión detallada, con el objetivo de definir el alcance y confiabilidad de los datos disponibles. Entre los principales datos básicos empleados nos referimos a los siguientes: topografía, geología y geotecnia, sismología, hidrología y sedimentología.

En el capítulo ME02.01.04 HIDROLOGIA, se sustenta el sistema de trasvase que permite garantizar la derivación de una masa anual de 406 Hm<sup>3</sup>, incluyéndose el respectivo programa mensualizado de entregas de agua trasvasada expresado en Hm<sup>3</sup>.

- b) Criterios de diseño. En el capítulo M.E.02.02. se presentan los criterios de diseño aplicados en el proceso de optimización y diseño de la variante seleccionada. Estos criterios serán ampliados en la fase del Diseño Final, que se ejecutara antes de la construcción del Proyecto Olmos. Uno de los criterios básicos, aplicados durante la selección de la variante óptima y de desarrollo de la variante seleccionada, ha sido garantizar una vida útil de 40 años para el caso de las obras de infraestructura y de 25 años para el caso del equipamiento hidromecánico. Otro criterio importante ha sido cumplir con las normas ambientales vigentes en el Perú y aplicables al Proyecto Olmos, y en particular con el estudio de impacto ambiental, realizado por ECSA Consultores S.A. Sin embargo, queda clara la obligación del Cliente de coordinar y administrar la aplicación y regulación técnica y administrativa relacionada al asunto del impacto ambiental.
- c) Canteras de préstamo, botaderos y caminos de acceso. En el capítulo M.E.02.03., se presenta las canteras investigadas para uso como materiales de construcción de la Presa Limón y concreto. En lo referente a materiales, atención especial se dedica al problema de selección y aplicación del material que se usara para relleno de la represa Limón, como también material para la producción de concreto. En el capítulo M.E.02.04, se detalla la ubicación de los botaderos que serán utilizados en los frentes Oriente y Occidente, para los materiales excedentes. En el capítulo M.E.02.05, se indican los accesos definitivos y accesos provisionales que serán utilizados en la ejecución de las obras.
- d) Solución técnica definitiva. En el capítulo M.E.03 se presentan las variantes analizadas y el proceso de optimización aplicado, donde se han comparado varias soluciones técnicas de la represa Limón y de sus obras adyacentes, para seleccionar la variante optima desde el punto de vista técnico y económico. El Postor ha dedicado atención especial a este problema dado que existen varios proyectos elaborados hasta la fecha, con soluciones técnicas y constructivas totalmente opuestas, en gran parte realizadas para la solución final y definitiva del Proyecto Olmos. En el capítulo M.E.04, para la variante seleccionada se presentan todas sus características técnicas, que permiten al Cliente tener idea clara sobre la variante propuesta, su programa de ejecución y sus implicaciones sobre el futuro desarrollo del Proyecto Olmos. Según lo previsto en los Términos de Referencia del concurso, el Postor, en el caso salga como ganador del concurso, tiene previsto elaborar y presentar el Diseño Final durante la fase de trabajos preparativos, con planos de detalle de ingeniería y memorias descriptivas, programa

detallado de construcción y la descripción de partidas, metrados y precios unitarios, así como las especificaciones generales y específicas del procedimiento constructivo y del suministro e instalación de equipos e instrumentación.

- e) Materiales, Equipos e Instrumentación En el capítulo ME.05 se presenta el equipo hidromecánico y eléctrico, y del sistema de medición y control que forma parte del proyecto, las características de los materiales que usaran para la fabricación del equipo del proyecto, mientras que en el caso de la instrumentación se explican los instrumentos que se usaran para auscultación de la misma represa Limón y para la medición y control de los parámetros hidráulicos del proyecto.
- f) Pruebas Tecnológicas. El Capítulo ME.06 contiene el listado y especificación de pruebas tecnológicas previstas durante la fase de construcción, incluyendo pruebas de elementos estructurales del proyecto, como también pruebas de equipo hidromecánico y eléctrico (en fabrica y en la obra) y del sistema de medición y control.
- g) Versión preliminar del Manual de Operación y Mantenimiento (MOM) MOM se presenta en el capítulo M.E.07 y contiene la información básica sobre los procesos de operación que se aplicaran después de la terminación del proyecto y su puesta en operación. Vale la pena destacar que dicho MOM representa el documento base que durante la fase de construcción y antes de la puesta en operación, se elaborara el MOM detallado que se usara diariamente para la operación y mantenimiento del sistema, especialmente en el parte relacionado al mantenimiento del proyecto. El documento presentado, explica con suficiente detalle, el planteamiento y programa del Concesionario para la futura explotación del Sistema de Trasvase de Agua.
- h) Apéndices y Planos. En el capítulo ME.08 se presentan dos (02) Apéndices relacionados con, Apéndice ME.08.01, cálculo detallado de la estabilidad de taludes y Apéndice ME.08.02, que presenta los cálculos hidráulicos que demuestran la capacidad del Túnel Trasandino para diferentes niveles de carga en la Presa Limón. En el capítulo ME.09. se presentan 28 planos con los detalles de las diferentes obras que forman el Trasvase del Proyecto Olmos, así como las canteras y los caminos de acceso.
- i) Especificaciones Técnicas. En el capítulo ME.10. se presenta las Especificaciones Técnicas principales que conjuntamente con los planos e instrucciones en ellos precisados definen la normatividad y pruebas de control de calidad que deberán ser aplicadas en los trabajos de construcción de las obras.
- j) Proceso constructivo. El Capítulo ME.11, capítulo ME.11.01. se explica el proceso constructivo para la variante seleccionada ( o solución técnica definitiva ), con la atención especial a los procesos que serán aplicados para la construcción de la represa Limón y sus estructuras adyacentes y para la excavación y protección del túnel de trasvase. En el capítulo ME.11.02. se presenta el programa o cronograma detallado de las actividades preparatorias, de construcción y del equipamiento. En el capítulo M.E.11.03 se informa sobre los materiales, equipo y mano de obra previstos a ser utilizados en la construcción del proyecto. En el capítulo M.E.12. se presenta los metrados de la obra, elaborado para la solución técnica seleccionada en el proceso de optimización, que contiene detalles de ítems de obras civiles como también del equipo de la obra. El Capítulo M.E.13. contiene el presupuesto de la obra calculado sobre la base del metrado del capítulo anterior y precios unitarios determinados para condiciones específicas del proyecto Olmos. El Capítulo M.E.14. contiene el Calendario de Inversión basado en la estructura porcentual de inversiones, coherente con el Calendario de Trabajo.



**ME02: CONDICIONES DE DISEÑO****ME02.01: Datos Básicos****ME02.01.01: Topografía****Alcances del Estudio Topográfico**

- Área del emplazamiento de la Presa Limón (1,300 x 800 m.) incluido la Quebrada Los Burros a Escala 1:1,000 con curvas de nivel equidistantes de 1.00m.
- Zona de salida del Túnel Trasandino (200 x 200m.) a Escala 1:500 con curvas de nivel equidistantes de 1.00m.
- Elaboración de planos en sistema Autocad.

**I. ACTIVIDADES PRELIMINARES****Recopilación de Información Cartográfica**

Se refiere al acopio de la Información Existente:

- Carta Nacional a escala 1:10,000 elaborado por el Instituto Geográfico Nacional - IGN, Hojas (12d Olmos) y Hoja (12e Pomahuaca).
- Cuadro de sistema de coordenadas UTM y cotas PSAD - 56 (Sistema de Triangulación Túnel Trasandino)
- Imágen Satelital IKONOS Optico de alta resolución de 1m. a color (multiespectral).
- Señales geodésicas existentes en el Instituto geográfico Nacional IGN como son:

- |             |           |
|-------------|-----------|
| ✓ Imazita   | Orden "A" |
| ✓ El Reposo | Orden "A" |

**Reconocimiento del Area del Proyecto**

El reconocimiento, junto con los servicios acá abordados fueran hechos en visita a los sitios de Obra en mes de noviembre de 2003.

**II. CONTROL TERRESTRE****Georeferenciacion**

La Ingeniería Cartográfica, recomienda tomar como base las Estaciones Geodésicas existentes del Instituto Geográfico Nacional - I.G.N. obtenidas con GPS de doble frecuencia, como señala las tarjetas de valores.

Los especialistas de Georeferenciación, han planificado utilizar las estaciones geodésicas del I.G.N., que cuenta con el Sistema Diferencial Estático cuyos valores son:

**Estación IGN Imazita**

Latitud	:	05° 03' 24.7885"S
Longitud	:	78° 19' 59.8162"W
Altura Elipsoidal	:	303.9358
Datum	:	WGS-84/ GRS 80
Coord. UTM	N	: 9'440,440.770
	E	: 795,697.429
Altura Geoidal Ort.	:	292.725
Orden	:	"A"
Ubicación	:	Comandancia General - Cuartel Imazita

*Jaime A. Murguía Castro*  
INGENIERO PÚBLICO DE LIMA

*Kapley*

**Estación Base El Reposo**

Latitud : 05° 43' 03.6622"S  
 Longitud : 78° 37' 08.7645"W  
 Altura Elipsoidal : 547.0837  
 Datum : WGS-84  
 Coord. UTM N : 9'367,457.015  
 E : 763,699.993  
 Altura Geoidal Ort. : 532.8909  
 Orden : "A"  
 Ubicación : Cruce Carretera Bagua - El Reposo

**Estación Nueva Base Limon Entrada Túnel Trasandino**

Latitud : 05° 54' 31.7882"S  
 Longitud : 79° 19' 58.1678"W  
 Altura Elipsoidal : 1,224.4008  
 Datum : WGS-84  
 Coord. UTM N : 9'346,597.055  
 E : 684,561.467  
 Altura Geoidal Ort. : 1,207.6768  
 Orden : "A"  
 Ubicación : Loma Lado Izquierdo de la Entrada del Túnel.

*José A. Muriel Cueva*  
NOTARIO PÚBLICO DE LIMA

**Precisión de la Base Geodésica Establecida**

Como todos los cálculos de coordenadas de los puntos geodésicos se ejecutaron a partir de las estaciones del IGN, a continuación presentamos los siguientes datos:

Tolerancia Horizontal = 0.168m.  
 Cierre = (e=0.070m; a= 1ppm.)  
 Cierre Relativo = 1:7'445,460  
 Orden = "A"

A partir de esta Base se han establecido el Control Geodésica Primaria del proyecto Túnel Trasandino con una Base de 2 estaciones en la Entrada del Túnel y otra Base de 2 estaciones a la salida del túnel.

**Precisión Entrada Túnel**

• Estación Base Limón N = 9'346,597.055 E = 684,561.467  
 • Estación Túnel N = 9'347,158.093 E = 685,260.235  
 • Estación El Reposo N = 9'367,457.015 E = 763,699.993  
 Tolerancia Horizontal 0.168m.  
 Cierre (e=0.070m; a=1ppm.)  
 Cierre Relativo 1:10'094,060  
 Orden "A"

**Estación Salida Túnel**

• Estación Base Limón N = 9'346,597.055 E = 684,561.467  
 • Estación ST-2 N = 9'344,538.544 E = 664,382.248  
 • Estación ST-3 N = 9'344,399.947 E = 664,840.264  
 Tolerancia Horizontal 0.107m.  
 Cierre (e=0.020m; a=1ppm.)  
 Cierre Relativo 1:10'094,060  
 Orden "A"

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

**Enlace Vertical.**

Para el Control Vertical en esta etapa se han considerado los valores existentes de la entrada del túnel como en la salida.

Se adjunta hoja de reporte que contiene relación de Coordenadas Geodésicas y Coordenadas U.T.M.

A partir de la Base Estación IGN Imazita se ha establecido el Control Geodésico Primario del Proyecto Entrada y Salida del Túnel Trasandino correspondiente a la Primera Etapa.

Se adjunta Hoja de Reporte que contiene relación de coordenadas geodésicas y coordenadas en UTM.

**Metodología Empleada**

La metodología empleada para el establecimiento de la red geodésica es a través del método diferencial estático.

La tasa de datos fue cada 5 segundos para la siguiente precisión.

- Horizontal 3mm. + 1ppm (x largo de la línea de base) para doble frecuencia.
- Vertical 5mm. + 1.5ppm (x largo de la línea de base) para doble frecuencia.
- GPS Posicionamiento Relativo (1:1'000,000 para Redes Geodésicas)

Los factores importantes que se tomaron en cuenta para el establecimiento de la red geodésica ha sido la configuración de equipos para la toma de datos en tiempos simultáneos con archivos específicos, incluyendo la codificación de datos conforme se requiere para el Proyecto.

**Equipo Utilizado**

- Estación Master (Base SIGT Glonass)  
01 Receptor GPS L1 y L2 Legacy Geodésico de 40 Canales Universales
- Estaciones Rover (móvil)  
02 Receptores GPS Hiper L1 y L2 Geodésico de 40 Canales Universales

Total 3 Receptores GPS Glonass

**Monumentación de Puntos**

Todos los puntos que conforman el control geodésico principal se encuentran monumentadas mediante hitos de concreto, en cuyo centro ha sido empotrada perno de fierro de cabeza semiesférica que llevan grabados en bajo relieve en el concreto el nombre del punto.

**III. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE DETALLES**

Los levantamientos topográficos directos, se apoyaron en las estaciones geodésicas que se establecieron paralelamente.

Conforme a la escala requerida se han efectuado el relleno de puntos, con una densidad para que los planos puedan ser generados a escala 1:1,000 Entrada del Túnel Zona de Presa y 1:500 Salida del Túnel.

Las actividades básicas de la ingeniería, lo constituye la topografía en sus diferentes formas, a parte de ser la actividad prioritaria.

En efecto, los demás estudios enumerados están relacionado con los accidentes físicos del terreno, y su ubicación con respecto al eje de la presa. Es así como los accesos a centros poblados, obras viales, caminos de acceso, canales de regadío, parcelas de sembrío, canteras de materiales a utilizarse han sido motivo de levantamiento topográfico.

Partiendo de las estaciones de control topográfico todos los puntos registrados fueron codificados y almacenados conforme al detalle que se presentan en el terreno como ríos, quebradas, farallones, escarpas, terrenos de cultivo, viviendas, carreteras, estructura, etc.

Se han tenido las consideraciones correspondientes al tomar la información del terreno formando entre puntos de radiación una especie de reticulado para que las curvas de nivel reflejen exactamente la configuración del terreno existente.

Todos los levantamientos topográficos han sido ejecutados con instrumentos de la clase de Estación Total del que dispone nuestra organización.

**Equipo Empleado**

- 02 Estaciones Totales GTS 212 Topcon
- 08 Bastones Telescópicos provistas de prismas
- 06 Walkie Talkies "Comunicación"

## IV. TRABAJOS DE GABINETE

**Procesamiento de la Información de Campo**

Toda la información tomada en el campo es transmitida de los medios de almacenamiento de datos de Estación Total a nuestras estaciones de trabajo a través del Programa TOPOGRAPH con el módulo básico en la opción de comunicación.

Esta información ha sido procesada por el módulo básico haciendo posible tener un archivo de radiaciones sin errores de cálculo y con su respectiva codificación de acuerdo a la ubicación de puntos característicos en el área que comprende el Levantamiento Topográfico.

Para la adecuación de la información en el uso de los programas de diseño asistido por computadoras se utilizó una hoja de cálculos que permitió tener la información en el siguiente formato:

Nº Punto, Norte, Este, Elevación, Descripción.

Esto nos permitió utilizar el Programa "Colección de Datos" rutina hecha en Autolisp, para los efectos de utilizar luego los programas que trabajan en Plataforma Autocad para la confección de los planos de curvas de nivel según escalas indicadas.

**Cartografía**

En todo levantamiento en Sistema Cartográfico (Coordenas UTM) se ha requerido lo siguiente:

- Direcciones Horizontales (Ángulos horizontales), que es un extracto de las observaciones de los ángulos horizontales
- Registros de las lecturas de las Distancias Electrónicas y Zenitales, que como en el anterior, es un extracto de las distancias electrónicas inclinadas observadas y los ángulos verticales observados en el campo.
- Correcciones de refracción por temperatura y altura sobre el Nivel de Mar a las distancias inclinadas.
- Reducción de Distancias, Refracción y Curvatura trasladando los datos del formato de campo al formato de Software SURVEY LINK programa para el cálculo exclusivo del sistema UTM con la información de los ángulos verticales observados, así como las distancias inclinadas corregidas procediéndose a calcular la excentricidad vertical debido a la diferencia existente entre la altura del instrumento y la altura de la señal visada.



## ME02.01.02: Geología y Geotecnia

Se puede decir que existe abundante información de geología y de geotecnia del proyecto entre datos presentados en estudios anteriores, como resultados de investigaciones de campo, investigaciones de laboratorio y análisis correspondientes, como también datos relacionados a la prospección de parámetros geológicos y geotécnicos en partes ejecutadas del proyecto, como por ejemplo en el caso del túnel trasandino. El Postor ha analizado gran parte de la documentación y datos disponibles, e inclusive ha realizado algunos análisis de campo y de laboratorio (como por ejemplo análisis de existencia de arcillas expansivas en el material impermeable que podría ser usado para la represa), como también una prospección actualizada de toda la zona del proyecto.

Se ha encontrado que existe una diferencia importante entre los parámetros geotécnicos y geológicos previstos en estudios anteriores y las condiciones realmente encontradas en el campo, especialmente durante la primera fase de la excavación del túnel trasandino. Esto ha confirmado que los datos existentes, presentados en estudios anteriores, se deben tomar con reserva y que la solución técnica propuesta debe tomar en cuenta problemas eventuales que podrían ocurrir por diferencia entre los parámetros geológicos y de geotecnia que se encontraran durante la fase de construcción y los mismos parámetros establecidos en la documentación existente. Dentro de las limitaciones del plazo establecido para la preparación de la oferta técnica y económica, el Postor dedicó atención especial a este problema, pero queda claro que los parámetros geotécnicos y geológicos deben ser analizados con más detalle durante la elaboración del Diseño Final (antes del inicio de la construcción), como también durante la misma fase de la construcción.

### 1. Condiciones del emplazamiento de la represa

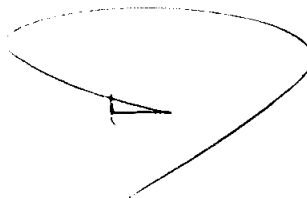
El cauce del río, cuyo ancho es de unos 200 m, consiste en el depósito aluvial del río de espesor aproximado de 38 m. La parte inundable del valle consiste en arcilla arenosa de 1 – 2 m de espesor, con el coeficiente de filtración de 30 m/día, es decir, de unos  $3.5 \times 10^{-2}$  cm/seg. Los depósitos más profundos corresponden a cantos, gravas y guijarros de una densidad considerable (como explícitamente se indica en el Diseño Definitivo, lo que puede corroborar las velocidades de ondas longitudinales  $V = 1600$  m/s). El módulo dinámico de elasticidad se estimó en 275,000 t/m<sup>2</sup>.

La permeabilidad de los depósitos aluviales es variable, de modo que la capa superior, de 10 – 15 m de espesor, tiene coeficiente de filtración 30 m/día, la parte central del depósito de 10 – 15 m de espesor, 175 m/día, es decir,  $2 \times 10^{-1}$  cm/s, y la parte inferior, de 5 – 8 m de espesor, nuevamente 30 m/día. Localmente, de acuerdo al diseño existente, aparece la cimentación gruesa y débil (probablemente lentes).

Las laderas altas y abruptas están constituidas de andesitas y dacitas de gran dureza (1100 – 1400 kg/cm<sup>2</sup>), con velocidades sísmicas de 5000 m/s aproximadamente y módulos de deformación  $E \geq 130,000$  kg/cm<sup>2</sup>. Existen zonas de roca desmenuzada, de pendiente empinada por lo general. La profundidad de la subzona de meteorización en las laderas es de 10 a 12 m, lo cual no existe bajo los depósitos aluviales del fondo del valle. Las rocas de la subzona de meteorización se caracterizan por valores de  $R_c = 700$  kg/cm<sup>2</sup>,  $E = 10,000$  kg/cm<sup>2</sup>,  $V_s = 2300 - 4000$  m/seg.

Las rocas originales son, por lo general, poco permeables ( $K_f = 0.1$  m/día =  $1.16 \times 10^{-4}$  cm/s), presentando las zonas de meteorización y fisuramiento con una permeabilidad mayor ( $K_f = 3$  m/día =  $3.5 \times 10^{-3}$  cm/s), mientras que en casos únicos ésta alcanza hasta incluso  $K_f = 15$  m/día =  $1.75 \times 10^{-2}$  cm/seg.

El perfil geotécnico en la sección de presa se muestra en el Plano OL – PRL-007



**2. Condiciones geológicas del túnel**

El túnel Trasandino, según el perfil geológico pronostico del Estudio Definitivo (1982) deberá atravesar tres bloques bien definidos de roca.

- a) Rocas volcánicas tipo Andesitas intruidos por pórfidos granodioritos (Desde la boca de entrada de la galería de acceso (0+0.12) hasta las inmediaciones de la progresiva 2+000)
- b) Complejo metamórfico del Paleozoico constituido por esquistos carbonosos arcillosos y cuarzo micáceo (Desde las cercanías a la progresiva 2+000 hasta la progresiva 8+500)
- c) Formaciones del Terciario Inferior constituidos por la alternancia de grandes bancos de andesita, doritas, tobas ácidas, y brechas piroclásticas intruidos por pórfidos cuarzosos (Desde la progresiva 8+500 hasta la boca de salida en la progresiva 19 + 309)

La excavación efectuada por el frente Oriental hasta el frontón actual en la progresiva 3 + 919 y desde el frente occidental hasta la progresiva 17+808 está demostrando la presencia de dos bloques importantes de roca:

- a) Rocas volcánicas Andesíticas intruidas por pórfidos granodioríticos (Desde la boca de entrada de la galería de acceso hasta las inmediaciones de la progresiva 3+000). Dentro de este bloque se presenta un accidente geológico compuesto por lentes de argilita carbonosa en una zona debajo de la quebrada "Los Burros", además de afloramientos menores de agua.
- b) Bancos filíticos compuestos por andesitas, dioritas y granitos (Desde la progresiva 3+ 000 hasta el frontón actual 3+919 y desde la boca de salida progresiva 19+309 hasta el frontón actual progresiva 17+808.)

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

<b>Galería de Acceso:</b>	
Roca IV y III :	En grandes bloques de rocas volcánicas (andesitas).
Roca II y I :	Son las rocas argilíticas carbonosas
<b>Túnel Trasandino:</b>	
Roca I:	No existe
Roca II (inestable)	8 % de la longitud excavada con tendencia a decrecer
Roca III (Medianamente estable) :	15 % de la longitud excavada con tendencia a decrecer.
Roca IV (Estable):	77 % de la longitud excavada con tendencia al incremento

Se han detectado siguientes accidentes geotécnicos:

- a) Pequeños afloramientos de agua inferiores a 20 lts/seg., con tendencia al decrecimiento.
- b) Ocurrencia de estallidos de roca "golpes de montaña" debido a la liberación de presiones en la periferia del túnel.
- c) Gran incremento de la temperatura al interior del túnel, encontrándose las siguiente mediciones:

- Frontón Oriental (3 +919)      36° C
- Frontón Occidental (17+808)      28° C

Análisis relacionados al túnel trasandino se han realizado teniendo en cuenta todos estos parámetros como también la inspección ocular de tramos ya excavados, realizadas por parte de expertos del Postor.

### 2.01.03. Sismología

El nivel general del riesgo sísmico en la región de Olmos se ha evaluado a base de un análisis de los datos macrosísmicos e instrumentales disponibles sobre los terremotos fuertes en el norte del Perú.

El catálogo de terremotos en el Norte del Perú de los años 1975-1980, redactado por E. Silbado y conteniendo datos sobre 27 terremotos, infiere que en el transcurso de 400 años en la región de Olmos el máximo efecto sísmico alcanzó VIII grado (1912). Además, fue registrado el efecto sísmico de VII grado (1928) y menos (1949, 1951, 1953 y 1970). De ahí se deduce que, según los datos macrosísmicos disponibles, el nivel máximo del riesgo sísmico para la región de Olmos es de VIII grado.

La apreciación del riesgo sísmico (en grados) también puede ser realizada mediante el mapa de regionalización sísmica del Perú, elaborado en el año 1973 por el Instituto Geofísico del Perú a base de los datos de las observaciones instrumentales llevadas a cabo desde el año 1901 hasta 1973. Este mapa está compuesto en base al mapa de los epicentros de 320 terremotos con una magnitud mb 5.5 (M 4.8). El efecto sísmico fue determinado en grados mediante las relaciones entre la magnitud, la distancia epicentro y la intensidad sísmica correspondiente a esta distancia. Teniendo en cuenta la distribución no uniforme de los epicentros de sismos, la intensidad se determinó como un promedio para el área considerada.

En el mapa del Instituto Geofísico del Perú se distinguen tres zonas de riesgo sísmico, generalmente elongadas en la dirección de las estructuras. La zona más peligrosa (zona 3) corresponde a la intensidad de VII grado con ascensos locales hasta IX grado. La zona 2 se caracteriza por un nivel de intensidad de VII a VI grado y, por fin, la zona 1 con una intensidad de V grado o menos. Conforme a este mapa las áreas del Proyecto Olmos quedan en la zona con un riesgo de VIII grado, encontrándose la presa Limón en la zona de VI a VII grado.

Estos valores obtenidos a base de un análisis de medidas instrumentales, concuerdan bastante bien con los materiales de estudios macrosísmicos y con la apreciación aproximada del riesgo sísmico en las diferentes áreas del Proyecto Olmos a base de los datos geológicos. Sin embargo, estos valores caracterizan el grado de riesgo a base de los resultados del análisis de los terremotos del pasado y no encierran elementos de pronóstico. Partiendo de la situación general geotectónica, parece más probable que toda la región noroeste, incluyendo todas las obras del Proyecto Olmos presa Limón se tiene que apreciar por una sismicidad general de VIII grado.

Para el Norte del Perú se puede destacar dos tipos de zonas principales potencialmente peligrosas en lo que se refiere a la sismicidad. Son: 1) la zona profunda del manto o zona de Benioff, que sale al fondo del océano bajo la vertiente continental de la fosa Peruana submarina y que está sumergida a una profundidad de unos 70 a 90 Km. debajo de las áreas de las obras del Proyecto Olmos, y 2) la zona de focos superficiales de la corteza (profundidad de 50 a 60 Km.) en las Cordilleras, relacionada con las fallas dentro de esta estructura montañosa.



Para las obras del Proyecto el mayor peligro, se presenta los 3 siguientes tipos de efectos sísmicos posibles:

- a) tipo 1 - sismos superficiales bajo el Océano Pacífico (magnitud máxima M 8.2; profundidad del hipocentro, 30 Km.; distancia epicentro, de 190 a 260 Km.; dirección de aproximación de efectos sísmicos, oeste o suroeste);
- b) tipo 2 - sismo profundo en la zona hipocentral bajo las obras (M 7.6; profundidad del hipocentro, 70 a 90 Km.; distancia 70 Km. hasta la presa Limón; la dirección de llegada de los efectos sísmicos es oriental);
- c) tipo 4 - sismos superficiales locales relacionados con la falla del valle del río Huancabamba (M 6.0; profundidad del epicentro, 15 Km.; distancias mínimas, 0.5 Km. para la presa Limón.

Los nuevos datos sobre la situación sismotectónica, presentados en 1980 por el Instituto Geológico del Perú, comprueban la evaluación del riesgo sísmico de la región, hecha anteriormente. Sin embargo, en la siguiente etapa de los estudios será necesario especificar los parámetros de las fallas tectónicas presentadas en el nuevo esquema de O. Palacios, igual que organizar observaciones en estaciones sísmicas complementarias.

La intensidad sísmica para la presa Limón primera etapa y las obras adyacentes está indicada en el Cuadro 1 donde la intensidad se evalúa a partir de las relaciones de N.V. Shebalín.

CUADRO 1

		Intensidad en grados			
		Tipo de efecto y período de retorno			
Nº	Área de Obras	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
1	Presa Limón	100 años	50 años	100 a 150años	100 a 150años
		7.0	8.0	7.4	8.0

Los valores de diseño de los parámetros de los efectos sísmicos para las áreas de la Presa Limón se muestran en el Cuadro .2.

CUADRO 2

Parámetros de los sismos	Tipos de Sismos	Presa Limón
Aceleración máxima (Fracción de g)	tipo 1	0.07
	tipo 2	0.31
	tipo 3	0.22
	tipo 4	0.50
Período de oscilación máxima (s)	tipo 1	0.10
	tipo 2	0.60
	tipo 3	0.52
	tipo 4	0.32
Duración total de las oscilaciones (s)	tipo 1	90.00
	tipo 2	29.00
	tipo 3	30.00
	tipo 4	14.00

El rasgo específico de los sismos del tipo 1 consiste, además de mayor duración (hasta 90 seg.) de sus oscilaciones, en oscilaciones de frecuencia relativamente alta (8 a 10 Hz).

*[Handwritten signature and scribble]*



**ME02.01.04: Hidrología****1. General**

Los análisis de hidrología que se presentan en este capítulo tienen como objetivo principal determinar la operación futura del Sistema Olmos, principalmente del embalse Limón, desde el punto de vista de parámetros hidrológicos, para definir la disponibilidad del recurso hídrico que se puede usar para cubrir la demanda de los usuarios agrícolas en la zona del proyecto y de esta manera definir las obligaciones del Concesionario en lo referente al suministro de agua.

Dado que durante la primera fase del proyecto Olmos la regulación de las aguas naturales se realizó solo en el embalse de Limón, se ha analizado únicamente la operación de la misma. El Postor no ha analizado el sistema de transporte de agua desde el embalse de Limón y túnel trasandino hacia las zonas de riego, que será parte de estudios futuros y tampoco ha analizado futuros sistemas de captación y transporte de aguas de otras cuencas hacia Huancabamba y embalse de Limón.

Los análisis presentados han sido elaborados usando datos de varios estudios realizados hasta la fecha, como también análisis técnicos del Postor para la oferta que se presenta. Datos claves han sido ubicación, forma y dimensiones del embalse Limón, datos hidrológicos de la disponibilidad de recurso hídrico, evaporación, pérdidas de agua, valores de caudal biológico y reglas de la operación del embalse.

Atención especial ha sido dedicada a la operación del embalse Limón, dado que este elemento del Proyecto Olmos maneja y define la operación óptima de cada elemento del proyecto y de cada usuario. Desde este punto de vista el Postor destaca los siguientes objetivos principales de la construcción y operación del reservorio Limón:

- a) Regular caudales naturales del río Huancabamba durante el año y, en el caso sea posible, entre años.
- b) Garantizar caudales solicitados para cubrir la demanda según lo establecido en los Términos de referencia del concurso (riego y caudal biológico).
- c) Establecer condiciones hidráulicas para el transporte de aguas desde el embalse Limón, a través del túnel trasandino hacia las zonas de riego.

Las demandas agrícolas, que se deben satisfacer con caudales regulados en el embalse Limón, han sido analizadas según lo establecido en los Términos de referencia del concurso, con el objetivo de definir la distribución óptima durante un año, siempre garantizando el volumen anual requerido de 406 MMC.

**2. Datos hidrológicos**

Para el análisis de la operación del embalse Limón se han usado los siguientes datos:

- a) Aportes naturales del río Huancabamba al embalse Limón y pérdidas de agua desde el embalse Limón, como evaporación y filtración.
- b) Datos del reservorio Limón (reglas de operación, relación entre volumen y niveles, niveles típicos de embalse y otro).
- c) Demanda (demanda agrícola y caudal biológico)

La evaporación mensual del reservorio Limón, que representa una pérdida del recurso hídrico que se tomo en cuenta durante el análisis de la operación del embalse, es (según Estudio de Impacto Ambiental - Olmos - RECSA Ingenieros, Enero 2000)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
EVP (mm)	161	131	65	124	148	183	208	230	222	167	185	171

De acuerdo con la información disponible, las descargas del río Huancabamba son controladas en la estación hidrométrica Limón, ubicada en la elevación 1090 m.s.n.m, cuyos registros históricos cubren el periodo desde 1964 a 1998. La estación hidrométrica de Limón, inicialmente contaba con un registro continuo de niveles del río mediante equipo automático. En la actualidad los niveles del río son controlados mediante lecturas en una mira hidrométrica. Las curvas de descarga que permiten convertir los niveles hidrométricos en caudales, son obtenidas mediante aforos continuos en las diferentes épocas del año, lo que da alta confiabilidad a los registros de esta estación. La serie de caudales históricos fue extendida mediante extrapolación con la estación de Sauzal ubicada aguas arriba, completándose así el periodo entre 1946 y 1964.

*Jaime C. ...  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA*

La estación hidrométrica de Limón controla un área de drenaje de 2.651 Km<sup>2</sup>. El caudal promedio del periodo de registro es de 25,30 m<sup>3</sup>/s que representa una masa promedio de 797,86 MMC anuales. La descarga mínima a nivel anual fue de 16,48 m<sup>3</sup>/s y corresponde a los valores registrados en el año 1979. El valor promedio anual máximo es de 41,13 m<sup>3</sup>/s y corresponde a los registros del año 1971. A nivel mensual el valor mínimo registrado fue de 4,75 m<sup>3</sup>/s que corresponde al mes de Diciembre del año 1989. El valor máximo registrado a nivel mensual es de 101,07 m<sup>3</sup>/s y corresponde al mes de Marzo de 1971.

Los aportes del río Huancabamba (en m<sup>3</sup>/s), en la estación de Limón, se presentan en el Tabla siguiente. Con el objetivo de trabajar con una serie de datos de alta confiabilidad y teniendo en cuenta que los datos para la estación Limón existen durante un periodo suficientemente largo (desde 1964), se ha trabajado con los datos (caudales promedios mensuales) de la estación Limón para el periodo 1964 - 1998, según "Estudio de regulación de las descargas del río Huancabamba y definición del volumen útil del reservorio de Limón, Informe Final de Septiembre de 2000".

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	25.40	34.80	40.10	43.10	40.40	31.00	19.20	18.90	22.90	26.10	22.20	7.82
1965	13.10	20.10	18.40	27.20	28.20	39.40	26.90	16.80	22.30	14.60	24.20	14.55
1966	32.10	18.20	28.90	34.20	30.30	15.00	16.00	15.60	12.00	14.30	10.40	9.23
1967	44.00	35.60	21.60	34.00	21.50	16.10	22.80	17.80	11.70	17.00	8.09	12.60
1968	23.10	9.74	27.10	22.90	9.97	11.30	27.50	20.30	21.80	16.10	11.40	6.48
1969	17.40	31.40	18.40	25.90	18.30	19.60	16.00	24.30	19.20	13.00	17.00	24.20
1970	54.50	41.00	53.20	46.20	50.90	48.00	25.00	22.00	24.60	25.90	27.10	40.90
1971	37.80	45.20	101.00	65.00	33.90	46.10	30.80	36.50	27.90	29.60	20.30	19.20
1972	45.40	22.90	43.20	41.40	30.10	36.60	37.70	24.60	38.00	17.10	15.60	24.20
1973	52.90	54.70	48.00	58.50	37.70	32.50	25.80	21.20	16.80	13.20	15.50	17.50
1974	34.90	30.90	27.80	25.05	19.20	27.50	41.10	22.30	16.10	24.70	26.70	53.40
1975	68.00	56.70	68.40	51.60	34.00	52.00	22.20	31.80	22.70	22.70	21.00	7.37
1976	30.09	29.70	31.70	45.20	38.10	44.90	34.90	37.60	20.80	9.79	13.50	15.80
1977	24.69	46.45	46.01	69.03	25.36	35.60	29.41	19.34	19.10	19.58	14.76	17.27
1978	14.90	20.90	36.40	38.00	27.00	28.30	22.80	23.80	16.50	20.70	11.40	13.30
1979	13.80	9.20	40.40	35.60	20.90	14.50	16.90	11.20	10.20	11.00	5.10	9.10
1980	13.50	12.90	55.00	37.50	25.00	29.50	24.50	9.30	7.40	23.60	15.80	24.20
1981	9.98	38.90	46.20	36.60	13.80	25.80	20.60	12.90	7.93	10.50	7.19	18.10
1982	12.10	15.80	15.80	32.10	23.00	19.30	20.90	16.00	12.40	19.10	14.40	31.40
1983	45.80	45.20	63.30	42.00	31.00	13.80	10.40	10.40	13.90	18.80	12.00	18.80
1984	10.50	57.00	44.20	39.10	25.70	57.00	34.10	26.10	10.70	23.30	14.80	32.90

*[Handwritten signature and scribble]*

1985	15.90	26.70	31.40	15.10	22.00	29.60	19.20	17.60	12.70	13.70	8.26	15.80
1986	28.10	16.30	16.20	40.20	25.70	10.20	19.50	14.50	17.20	14.00	16.20	22.10
1987	35.80	53.00	24.70	27.40	22.40	14.00	36.90	14.10	13.00	12.50	8.24	24.20
1988	30.00	42.90	29.10	35.10	28.60	8.55	15.80	11.50	8.02	13.30	17.90	9.18
1989	41.30	55.70	47.50	52.20	56.00	39.60	19.50	13.30	11.40	24.60	8.06	4.74
1990	24.20	32.90	47.60	43.90	29.80	52.00	26.20	13.30	10.00	14.80	23.60	23.70
1991	22.10	43.80	37.10	27.30	20.50	14.80	18.00	16.00	10.00	8.90	9.13	8.01
1992	20.60	16.20	31.20	33.50	14.30	21.70	21.50	14.20	17.30	16.90	12.80	23.60
1993	19.79	30.25	53.04	35.15	21.53	22.95	12.37	17.57	13.65	22.05	14.58	25.50
1994	24.00	31.80	47.20	60.90	45.60	43.60	25.90	19.50	21.60	13.60	12.20	26.60
1995	34.91	21.77	26.14	16.83	23.2	11.31	19.15	4.77	6.92	5.61	16.29	16.09
1996	19.1	28.2	33.6	26.6	22.8	16.9	13.6	19.7	10.1	9.7	17.8	10.9
1997	11.6	52.3	46.3	33.3	30.9	21	23.3	21.2	15.3	13.8	28.6	25.9
1998	25.97	26.53	52.03	61.16	19.49	24.62	12.12	14.32	11.59	14.80	20.37	8.94

*Mano de la Oficina de Ingeniería Civil  
Municipalidad de Lima  
GOBIERNO REGIONAL DE LIMA*

Los datos de la demanda agrícola (en MMC), según lo establecido en los Términos de referencia del concurso son:

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

Según los mismos Términos de referencia se establece la obligación del Postor de suministrar un volumen anual no menor de 406 MMC.

La demanda de caudal biológico, aguas abajo de la represa Limón es de 1,3 m3/s según el Estudio de Impacto Ambiental – Olmos – RECSA Ingenieros, Enero 2000. Por el momento, el Postor ha asumido este valor para su análisis y determinación del modo de la operación del embalse Limón, pero considera que durante la fase de construcción este asunto debe ser analizado una vez mas, determinando un valor optimo del caudal biológico que permite la preservación del flora y fauna del río pero al mismo tiempo permite el uso máximo del recurso hídrico para cubrir la demanda de los usuarios del Proyecto Olmos.

Según parámetros técnicos del embalse y de la represa Limón, determinados en estudios anteriores, y también del análisis que ha realizado el Postor para presentar su oferta, el embalse Limón tendrá durante su primera fase de construcción un volumen total de cerca de 44 MMC (hasta cota 1120 m.s.n.m.), de los cuales 14 MMC (hasta nivel 1105 m.s.n.m.) esta previsto como volumen muerto para depositar material sólido del río Huancabamba y cerca de 30 MMC (entre niveles 1105 y 1120 m.s.n.m.) como volumen activo.

De esta manera los niveles más importantes del reservorio Limón son:

- a) Nivel normal 1120 m.s.n.m.
- b) Nivel mínimo de operación 1105 m.s.n.m.
- c) Nivel de corona de represa 1123 m.s.n.m.

Para estos parámetros el Postor analizó variantes de la operación del embalse bajo condiciones de diferentes demandas de agua (dentro de lo establecido en los Términos de Referencia del concurso), con el objetivo de determinar la distribución óptima de la demanda para cada mes, garantizando siempre el volumen anual requerido de 406 MMC.

Durante la primera fase de análisis se ha determinado la disponibilidad del recurso hídrico en la sección de la represa Limón (caudales naturales mensuales de los cuales se ha deducido la pérdida por evaporación, pérdida por filtración y demanda de caudal biológico). En el segundo paso se ha analizado

*Mano de la Oficina de Ingeniería Civil*

la posibilidad de cubrir la demanda de riego con recursos naturales disponibles y se ha encontrado que existe un déficit importante que debe ser controlado por la construcción de la represa y embalse Limón. Durante el tercer grupo de actividades se ha analizado la operación del embalse Limón con su volumen útil de cerca de 30 MMC, en función de diferentes distribuciones de la demanda de riego, siempre garantizando un volumen anual de agua suministrada no menor de 406 MMC. Como resultado final de todos estos análisis se ha determinado la siguiente distribución de caudales, a nivel mensual, para satisfacer la demanda agrícola del sistema de riego, garantizando al mismo tiempo el caudal biológico establecido y asumiendo pérdidas de agua desde el embalse por filtración y por evaporación:

DEMANDA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PROPUESTA	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

Dentro del análisis de parámetros hidrológicos, el Postor dedico atención especial al problema de evacuación y control de avenidas. Como avenida típica para dimensionamiento de las estructuras de control de avenidas se determino un caudal de 1,740 m<sup>3</sup>/s que corresponde a una avenida con periodo de retorno de 10 000 años (probabilidad 0,01%). Dado que la solución propuesta de la estructura de control de avenidas incluye vertedero con tres compuertas radiales, se ha definido la operación durante la evacuación de avenidas siempre con el nivel normal de 1,120 m.s.n.m., de tal manera que la capacidad del vertedero ha sido determinada para caudal máximo, sin la reducción por la influencia de la retención de la avenida en el embalse Limón. Por esto, el vertedero y su equipo hidromecánico han sido dimensionados para el caudal máximo de 1,740 m<sup>3</sup>/s, que significa una seguridad sumamente alta contra daños y/o destrucción hipotética de la represa de Limón en el caso de la llegada de avenidas extraordinarias, que inclusive sobrepasan la capacidad del vertedero de la represa. El borde libre de 3,0m, entre el nivel normal de embalse y el nivel de la coronación de la represa, se queda como seguridad adicional en el caso de avenidas excepcionales (mayores de la avenida seleccionada de 1,740 m<sup>3</sup>/s) o problemas en la operación del vertedero.

**ME02.01.05: Sedimentología**

El análisis de transporte de material sólido se ha realizado sobre la base de estudios presentados en el Estudio Definitivo y estudio "Actualización del estudio de sedimentos" de 2003. Primero, es necesario indicar que no existen mediciones continuas de transporte de material sólido del río Huancabamba en la cuenca del río y en especial en la estación Limón. Para la elaboración del Estudio Definitivo y el nuevo estudio de 2003, se han realizado mediciones esporádicas, durante periodos cortos, cubriendo solo parte de los caudales típicos del río Huancabamba y sin medición precisa del transporte de sólidos en el caso de avenidas grandes, que usualmente tienen un impacto importante en transporte de sólidos y colmatación de embalses. En este sentido, los resultados y conclusiones presentadas son solo referenciales y parciales, siendo necesario continuar con mediciones de campo para permitir un análisis mas detallada de este fenómeno.

En el caso del Estudio Definitivo, el periodo de registro ha sido solo de 5 años, que ha implicado aplicar un método conservador para definir volúmenes de sólidos en suspensión y de fondo. Según los resultados de estos 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). Sobre la base de estos datos se ha determinado que se puede esperar que después de 50 años de la operación se queda cerca de 68 MMC de material sólido dentro del embalse, teniendo en cuenta que en este Estudio solo se ha analizado la solución definitiva del embalse Limón, con una capacidad total 191 MMC y volumen muerto de 80 MMC.

En el caso del otro estudio de 2003, se han realizado mediciones de campo adicionales (41 mediciones de material de suspensión, 25 mediciones de material de fondo y 46 aforos de agua). Según resultados de este estudio se estima un transporte de sólidos del orden de 2,040 t/año.

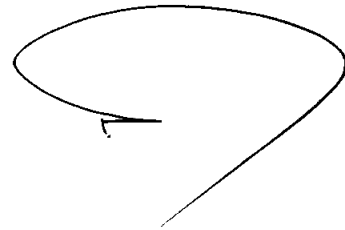
Analizando los resultados de los estudios mencionados se debe primero decir que no existen datos confiables y de un periodo de observaciones suficientemente largo para definir el transporte de material sólido del río Huancabamba, en función de los aportes hidráulicos. Según el análisis de otro estudio mencionado, inclusive existen algunas deficiencias en datos de ocurrencia e intensidad de avenidas (año 1998 calificado como año de fenómeno de El Niño pero con caudales moderados). Esto impide calcular con alto porcentaje de seguridad los aportes del material sólido del río Huancabamba, así como también definir una distribución entre material de suspensión y material de fondo. Según comentarios del estudio de 2003 se muestra que el porcentaje de material en suspensión de algunos ríos de Perú llega a 40%, mientras que existen experiencias de valores mucho más altos, inclusive hasta 90% de participación. Teniendo en cuenta que gran porcentaje de material de suspensión pasa aguas abajo y no se queda en el embalse, mientras que un alto porcentaje de material de fondo se queda en el embalse, la relación entre estos dos valores, influye de manera importante en el proceso de colmatación de embalse.

En ninguno de los estudios encontrados se analiza el proceso de colmatación del embalse Limón, para el volumen total de primera fase de 44 MMC. En el caso del primer estudio, se ha analizado el caso de la solución definitiva, con un volumen total de más de 4 veces mayor que el volumen total de la primera fase del desarrollo del Proyecto Olmos. Es obvio que un embalse con un volumen considerable menor tiene un comportamiento totalmente diferente en comparación con un embalse grande, especialmente desde el punto de vista del problema de colmatación. Se puede esperar que el embalse Limón de primera fase (44 MMC) tendrá un proceso de colmatación mes lento, teniendo en cuenta que velocidades de transporte de agua dentro del embalse serán mayores, permitiendo que mayores volúmenes de material sólido se transportan aguas abajo, sin ser depositados en el embalse Limón. También es necesario tomar en cuenta la ubicación y operación de la purga hidráulica y del túnel trasandino, que han sido diseñados de tal manera que permiten el control y transporte de volúmenes importantes de material sólido.

Teniendo en cuenta todos los parámetros arriba especificados, el Postor tomo la decisión de aceptar valores de volumen muerto establecidos en estudios anteriores para la construcción de la primera fase de represa Limón (14 MMC), determinando de tal manera un volumen total de 44 MMC y un volumen útil de 30 MMC. Sin embargo, el Postor considera que dicho fenómeno debe ser analizado detalladamente

durante la fase de la construcción y en especial durante la operación del embalse, controlando el proceso real de la colmatación del embalse y al mismo tiempo analizando y aplicando medidas de control de este proceso, incluyendo actividades de reducción del aporte de material sólido desde la cuenca como también de la reducción de volúmenes del material sólido que se queda en el embalse Limón, ajustando reglas de la operación del embalse y modo de la operación de la purga hidráulica, aliviadero con compuertas y del túnel trasandino.

Dentro de las actividades de operación y mantenimiento se prevé realizar por lo menos cada tres años mediciones del proceso de colmatación, para tener información actualizada sobre este proceso. Al mismo tiempo se prevé continuar con mediciones de aportes de agua y de sedimentos para establecer una relación clara entre volúmenes de agua y de material sólido que transporta el río Huancabamba. El control y análisis de estos parámetros será uno de los elementos claves para la toma de decisiones sobre la necesidad de construcción de la segunda fase del proyecto Olmos. Al mismo tiempo el Postor considera necesario analizar la probabilidad y confiabilidad del suministro de agua desde el embalse Limón, en función de este fenómeno y después de cada proceso de las mediciones de campo. Una sedimentación acelerada del embalse Limón con la reducción respectiva de su volumen útil, significaría ajustes de los programas y garantías del suministro de agua, especialmente en el caso de ocurrencias hidráulicas e hidrológicas extraordinarias, fuera de control del Concesionario, como por ejemplo del fenómeno de El Niño.



Marquis Cabero  
INGENIERO DE LIMA

**ME02.02: CRITERIOS DE DISEÑO**

A continuación se presentan los principales criterios de diseño que han sido aplicados durante el análisis técnico del Proyecto Olmos, por parte del Postor. Dichos análisis han sido desarrollados al nivel que permite definir metrados y presupuesto de la obra, para cumplir con los requisitos de los Términos de Referencia y determinar el costo total de las obras por ejecutar. Durante la fase previa de la construcción del proyecto, el Postor tiene la intención de elaborar el Diseño Final del proyecto, presentando todos los detalles de cálculos hidráulicos y estructurales, que permitirán a la Supervisión del proyecto verificar la seguridad y estabilidad de las estructuras diseñadas.

*Jaime A. Murillo*  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA

**1. Dimensionamiento del embalse Limón**

El dimensionamiento del embalse Limón se ha realizado sobre la base de datos históricos de caudales en la estación hidrológica Limón, para el periodo 1964 – 1998, dado que este periodo tiene mediciones directas realizadas en el perfil de la represa Limón (ver capítulo M.E.02.01.04). Como pérdidas de agua, que no se pueden usar para la regulación dentro del embalse se ha considerado el caudal biológico de 1,3 m³/s, filtración de agua del orden de 0,5 m³/s, y evaporación según los datos presentados en el capítulo M.E.02.01.04. Demanda de agua para el sistema de riego que ha sido asumida según lo establecido en los Términos de Referencia del concurso con la distribución mensual (MMC):

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

Parámetros principales del embalse han sido el volumen total de cerca de 44 MMC (hasta cota 1120 m.s.n.m., nivel normal), volumen muerto de 14 MMC hasta cota 1105 m.s.n.m. y volumen activo entre esta cota y volumen muerto. Criterio de dimensionamiento ha sido escoger la distribución de la demanda mensual, dentro de rangos establecidos, que puede ser cubierta con probabilidad más alta y con menor déficit en comparación con la demanda seleccionada.

**2. Dimensionamiento del vertedero principal**

El vertedero principal ha sido dimensionado para el caudal de 1740 m³/s, que representa el caudal máximo de la avenida con la probabilidad de ocurrencia una vez en 10.000 años (0,01%). El valor tan alto de la probabilidad referencial ha sido escogido teniendo en cuenta el tipo de la represa (represa de relleno), cuya destrucción eventual (flujo de agua sobre la corona de la represa) podría significar la destrucción parcial o total de la represa y peligro para la población e infraestructura aguas abajo de la misma.

Seguridad adicional ha sido introducida calculando el control y descarga de la avenida seleccionada sin retención de la avenida dentro del volumen libre entre el nivel normal y nivel de la corona de la represa (3 m de borde libre), estableciendo de tal manera que el vertedero principal tiene la capacidad máxima de 1740 m³/s, en el nivel normal. Aunque la operación de las compuertas radiales (tres previstas para la operación del vertedero) es sumamente confiable, se ha establecido como criterio adicional la descarga de la avenida máxima con una compuerta fuera de operación. Se ha confirmado que con el borde libre de 0,5 m (nivel máximo de embalse 1122,5 m.s.n.m., en el caso de no operación de una compuerta) se puede garantizar descarga de la avenida seleccionada bajo este criterio extremo, transportando el caudal máximo a través de dos compuertas totalmente abiertas, sobre una compuerta radial (fuera de operación) y usando purga hidráulica. De tal manera se ha confirmado que el caudal máximo puede ser descargado inclusive en el caso hipotético de no operación de una de las compuertas, sin poner en peligro la seguridad de la represa.

*[Handwritten signature and scribble]*

### 3. Dimensionamiento del túnel del desvío

El túnel de desvío ha sido dimensionado para el caudal de  $Q = 380 \text{ m}^3/\text{s}$ , que corresponde a un caudal de periodo de retorno de 20 años, que es el criterio usual que se aplica para este tipo de estructuras. Para el desvío de caudal seleccionado se requiere que la represa principal sea de 14 m de altura que permite la operación del túnel de desvío con la capacidad seleccionada. Sin embargo, teniendo en cuenta el programa de la construcción de la represa, la altura de la represa Limón rápidamente será mayor de ataguía, que prácticamente garantiza que caudales mayores a los seleccionados se pueden descargar por el túnel de desvío, sin poner en peligro la seguridad de la represa Limón.

El desvío de agua durante la construcción de la represa Limón se presenta en los planos correspondientes, donde se puede apreciar que durante la primera fase de la construcción se construirá y usará el canal de desvío ubicado a lo largo de la riberita izquierda del río., permitiendo el transporte de los caudales naturales del río Huancabamba hasta  $Q = 380 \text{ m}^3/\text{s}$ , mientras se realiza la construcción de la parte principal de la represa. Durante la segunda fase de la construcción, se cierra el canal de derivación y se usa el túnel de desvío para transportar los caudales naturales del río Huancabamba. El cierre del canal se realizará durante el periodo seco del año, garantizando de tal manera que hasta el periodo húmedo del año se terminará todo el frente de la represa hasta la altura mencionada de 14 m, para garantizar la captación y transporte del caudal de  $Q = 380 \text{ m}^3/\text{s}$  a través del túnel de desvío.

### 4. Dimensionamiento del túnel de purga

El Túnel de purga para control de la colmatación del embalse se ha diseñado para el caudal de  $Q = 350 \text{ m}^3/\text{s}$ , según requerimiento específico de los Términos de Referencia. El Postor considera que esta capacidad del túnel de purga es muy alta dado que prácticamente corresponde a avenidas con una probabilidad de ocurrencia de casi una vez en 20 años. Al mismo tiempo es requerimiento de los Términos de referencia que todos los caudales disponibles sobre la demanda agrícola para este mes (caso de la operación del embalse con nivel normal), primero deben ser enviados a través del túnel trasandino hacia las zonas de riego. De tal manera, el túnel de purga operará solo en el caso cuando los aportes del río Huancabamba son mayores que la capacidad máxima del túnel (más de  $46 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Sin embargo, respetando requerimientos de los Términos de referencia, el Postor ha diseñado túnel de purga para la capacidad solicitada, aunque considera importante analizar este asunto con más detalles durante la fase del Diseño Final.

### 5. Criterios de operación del embalse

Se ha establecido el siguiente sistema de prioridades en la operación del sistema hídrico del embalse Limón:

- Cada mes se descarga el caudal que corresponde a la demanda de irrigación establecida como demanda correspondiente para este mes (ver capítulo ME.02.01.04).
- En el caso, el nivel de agua del embalse está entre el nivel mínimo (1105) y el nivel normal (1120) se capta y descarga solo el caudal mensual establecido (demanda agrícola + caudal biológico), permitiendo el llenado del embalse en el caso existen excedentes de agua.
- En el caso, se llega al nivel normal y los aportes sobrepasan la demanda de irrigación para este mes, se aumenta el caudal que se transporta a través del túnel trasandino hasta llegar a la capacidad máxima del túnel ( $46 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- En el caso, se llega al nivel mínimo del embalse se descarga solo el caudal que es igual al aporte del río Huancabamba, que significa la reducción del suministro de agua. En este último caso, eventualmente se puede usar parte del volumen muerto dependiendo del proceso de colmatación del embalse.
- En el caso, los aportes del río Huancabamba sobrepasan la capacidad de túnel trasandino y el embalse se encuentra en el nivel normal, se abre la purga hidráulica del embalse, cuya capacidad podría aumentar hasta  $350 \text{ m}^3/\text{s}$ , en función de los aportes del río Huancabamba.



- f) En el caso, la purga opera con su capacidad máxima y el nivel de embalse crece se abren las compuertas del vertedero principal y se transportan los caudales de avenidas hasta la capacidad máxima de 1740 m<sup>3</sup>/s. En el caso, durante este proceso, se detecta la bajada del nivel del embalse (por debajo del nivel normal) se reduce la capacidad del vertedero (hasta cerrarlo), después se reduce capacidad de la purga (hasta cerrarlo) y finalmente se ajusta la descarga a través del túnel trasandino hasta las demandas específicas de este mes, siempre operando el embalse con su nivel normal.

6. Calculo Hidráulico

- a) Coeficiente de rugosidad:

El coeficiente de rugosidad según Manning, utilizado en los cálculos hidráulicos esta dado en función del material en contacto con el flujo de agua:

Tipo de material	Coficiente de Manning
Tubos de acero	n = 0.012
Tubos de concreto	n = 0,015
túnel con revestimiento prefabricado	n = 0,017
túnel con shortcrete	n = 0,022
túnel con protección de concreto	n = 0,015

*Jaime A. Margueta Castro*  
NOTARIO PÚBLICO DE LIMA

- b) Capacidad del vertedero libre

La capacidad del vertedero libre (compuertas totalmente abiertas) se determino por medio de la ecuación:

$$Q = m * B * \sqrt{(2 * g) * H}^{3/2}$$

Donde:

- Q - caudal en vertedero (en m<sup>3</sup>/s)
- m - coeficiente de descarga
- B - ancho efectivo del vertedero en corona (en m)
- H - altura energética del chorro vertiente

$$B = B_{total} - 2 * (N * K_p + K_a) * H$$

- B<sub>total</sub> - ancho total del vertedero en corona
- N - numero de postes de vertedero
- K<sub>p</sub> - coeficiente de contracción de cada poste
- K<sub>a</sub> - coeficiente de contracción

- c) Perdidas hidráulicas

Perdidas hidráulicas de línea se calculan según la ecuación:

$$\xi = (2 * g * n^2 * L) / (R^{4/3})$$

donde:

- n - coeficiente de rugosidad según Manning
- R - radio hidráulico de la sección
- L - Longitud del tramo considerado

*[Handwritten signature]*

G - constante de gravedad

Para la estructura de entrada se adopto el coeficiente de perdida local  $\xi = 0,2$ . La perdida local en curva se determina en función de la relación R/D (R - radio de curva, D - diámetro) y ángulo de la curva. La perdida local en la parte reductora de la tubería se determina en base a la relación de áreas de las secciones final e inicial y el ángulo de estrangulamiento.

d) Flujo bajo presión

El flujo bajo presión ha sido calculado usando la ecuación:

$$E1 = E2 + DE$$

E1 - nivel de energía aguas arriba

E2 - nivel de energía aguas abajo

DE - pérdidas de energía entre dos secciones

*Jaime A. Murguía Castro*  
 INGENIERO PUBLICO DE L.M.A.

Teniendo en cuenta que las velocidades en secciones 1 y 2 son muy pequeñas se calcula:

$$E1 = 1 + \sum fi \cdot Vi^2 / 2g$$

Fi - coeficiente de pérdidas en la sección "i"

Vi - velocidad en la sección "i"

La capacidad del túnel se calcula:

$$Q = \sqrt{(2g \cdot H)} \cdot \sqrt{(1 + fi/Ai)}$$

Ai - área de la sección del túnel

## 7. Diseño estructural

a) Cargas

Las cargas consideradas en el análisis de estabilidad de las estructuras así como en el análisis estructural de las mismas, son las siguientes:

- Carga muerta (peso propio de estructuras, peso del equipo, peso de relleno, sedimentos y otro). El peso específico de concreto masivo es de 2,4 t/m<sup>3</sup>, concreto armado 2,5 t/m<sup>3</sup>, acero 7,85 t/m<sup>3</sup>.
- Carga viva: constan de cargas de maquinaria durante la construcción (asumida a 5 t/m<sup>2</sup>), personas y de objetos móviles (2 t/m<sup>2</sup>),
- Cargas de viento (0,05 t/m<sup>2</sup>)
- Presión hidrostática de agua (peso específico de agua de 1,0 t/m<sup>3</sup>)
- Presión de agua de filtración (subpresión)
- Empuje de suelo y de sedimentos
- Fuerzas sísmicas (fuerzas inerciales del peso propio, presión hidrodinámica de agua, fuerzas inerciales del empuje del suelo, etc.).

b) Análisis de estabilidad de estructuras

Los factores mínimos de seguridad son los siguientes:

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

<b>Seguridad contra deslizamiento</b>	
Caso normal	1,50
Caso del sismo	1,10
<b>Seguridad contra volteo</b>	
Se evita el volteo pasando la resultante dentro de la base con siguientes limites (e – distancia de la resultante del centro de la base, b – ancho de la base)	
Caso normal	$e < b/6$
Caso del sismo	$e < b/4$

*Jaime A. Muroto Cervero*  
DIRECTOR GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS DE LIMA

c) Análisis de la estabilidad de taludes de la presa Limón

El calculo de estabilidad de taludes de las presas terraplenadas consiste en determinar el plano de deslizamiento, para lo cual el factor de la seguridad, definido como relación entre la resistencia cortante del suelo y la tensión promedio de corte del plano de deslizamiento asumido, tiene el valor mínimo.

Los factores mínimos de seguridad obtenidos deben ser mayores que los factores de seguridad permisibles que, en función de las condiciones de carga, ascienden a:

Para caso estacionario del nivel de agua en el embalse (taludes aguas arriba y aguas abajo)	1,50
Para el caso de influencia sísmica, Permitiendo que el factor de seguridad sea inferior a 1,0 siempre y cuando se compruebe que los desplazamientos en la presa se encuentran dentro de limites admisibles y que no comprometen la estabilidad y funcionalidad de la presa	1,0

*Ryky*

**ME02.03: Canteras de préstamo**

De las canteras investigadas de materiales de construcción de la Presa Limón, se han identificado las siguientes 6, aptas para la explotación:

- CANTERA N°1. 1.7km aguas arriba - Depósitos gravo-guijarrosos. Área = 525000 m<sup>2</sup>, Capa superficial 1.1m, capa útil (promedio) 12.1 m Volúmenes: capa superficial 654 m<sup>3</sup>, capa útil 5,400,000 m<sup>3</sup> Uso: cuerpo de la presa y producción de concreto previa clasificación.
- CANTERA NUEVA N°1 0.5 km aguas arriba de presa. Depósitos gravo guijarrosos. Área=26000 m<sup>2</sup>. Volumen de cantera alrededor de 50000 m<sup>3</sup>.
- CANTERA NUEVA N°2 0.5 Km aguas debajo de la presa. Depósitos gravo guijarrosos. Área=69400 m<sup>2</sup>. Volumen de cantera alrededor de 140000 m<sup>3</sup>.
- CANTERA N°3. 0.75 Km. aguas abajo - Andesitas i Dacitas. Área = 44 m<sup>2</sup>, Capa superficial 1 m, capa útil 76 m. Volúmenes: Capa superficial 44,000 m<sup>3</sup>, capa útil 2,800,000 m<sup>3</sup> Uso: protección de taludes de la presa o, alternativamente, producción de concreto, previa trituración
- CANTERA N°5. 0.5 Km. aguas abajo - Depósitos gravo-guijarrosos. Área 365 m<sup>2</sup>, Capa superficial 0.3 m, capa útil 12.8 m. Volúmenes: capa superficial 110,000 m<sup>3</sup>, capa útil 3,200,000 m<sup>3</sup> uso: cuerpo de la presa y producción de concreto, previa clasificación.
- CANTERA N°6. 2.5 Km. aguas abajo - Material cascajoso con arcilla arenosa y arcilla. Área = 154m<sup>2</sup>, capa útil 6.7m, Volumen 820,000 m<sup>3</sup> Uso: zonas "impermeables" de la presa

La descripción detallada se consigna a continuación y en el Plano PL - PRL - 017, la ubicación de las canteras; en el cuadro de canteras y cantidades, y los diagramas granulométricos sumarios de los materiales.

Las demandas de materiales de construcción, para la ejecución de la Presa Limón, pueden ser satisfechas por la explotación de canteras, que se encuentran próximas a su emplazamiento.

Cantera N° 1 Está ubicada en el valle del río Huancabamba, a 1.7 Km. aguas arriba del eje de la Presa Limón. El ancho del valle en este sitio alcanza 500 m. La cantera abarca el cauce, la zona anegadiza y la primera terraza supranegadiza del río, conformados por una capa homogénea de los depósitos cuaternarios aluviales, representados por gravas y guijarros con relleno de arena polimictica de grano variado poco arcillosa y micácea (hasta 20-40%).

Las aguas freáticas se encuentran a una profundidad de 1 a 1.5 m. La capa útil es de una profundidad media de 12.1 m. Los terrenos de recubrimiento son de un espesor de 1.1 m, y están constituidos por arcillas arenosas. El volumen de la capa útil es de 5.4 millones de m<sup>3</sup>, y los terrenos de desbroce de 654,000 m<sup>3</sup>.

Cantera N° 3: Se encuentra situada en la margen izquierda del río Huancabamba, a 0.75 Km. aguas abajo del eje de la presa. El espesor de la capa útil está representado por porfiritas andesíticas, y sus brechas de lava por diques de pórfidos granodioríticos. Las reservas de rocas utilizables como áridos del concreto hidráulico son en esta cantera de 2.8 millones de m<sup>3</sup>. La cantera no está saturada con agua.

*Handwritten signature*



Cantera N° 5: Esta situada en el valle del río Huancabamba a 500 m aguas abajo del eje de la presa Limón. El ancho máximo de la zona prospectada en este lugar alcanza 400m y está conformada por los depósitos cuaternarios aluviales. El volumen de la capa útil es de 3.2 millones de m3 y el desbroce de 110,000 m3.

Cantera N° 6: Se encuentra situada en la margen izquierda del río Huancabamba a 2.5 Km. aguas abajo del eje de la presa, en el cuerpo de un deslizamiento antiguo, cuya superficie se presenta en pendiente suave (20°) hacia el río. La capa útil está formada por derrubios de ladera con relleno de arcilla arenosa, que yacen por encima del nivel freático, con un contenido de 20 a 50%. Se observan intercalaciones de raros bloques de hasta 60 cm. Las reservas de suelos cohesivos, teniendo en cuenta su enriquecimiento, son de 820,000 m3. La cantera no está saturada con agua.

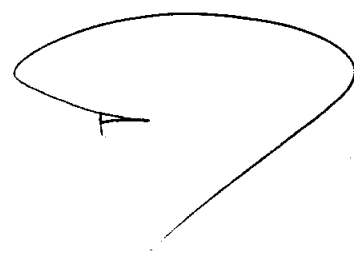
*Jaime A. Marquina Castro*  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA

**CANTERAS PRESA LIMON**

Cantera	Distancia al eje de la presa (Km.)	Material de capa útil	Area aprox. (miles de m2)	Espesor medio /m)		Volumen (miles de m3)		Evaluación del material
				De capa superficial	De capa útil	De capa superficial	De capa útil	
1	1,7, aguas arriba	Depósitos gravo-guijarrosos	525	1,1	12,1	654	5400	Para cuerpo de apoyo de represa y concreto
5	0,5, aguas abajo	Depósitos gravo-guijarrosos	365	0,3	12,8	110	3200	Para cuerpo de apoyo represa y concreto
6	2,5, aguas abajo	Material cascajoso con arcilla arenosa y arcilla	154		6,7		820	Para elementos impermeables
3	0,75, aguas abajo	Andesitas y dacitas	44	1,0	76	44	2800	Para protección de taludes, concreto y otro

*Ryky*

**ANEXO 2: Canteras de préstamo de materiales  
2.2 - Cuadro de canteras: cantidades**



**ME02.04: Botaderos****1. Frente Oriente:**

Serán utilizados en el frente Oriente dos botaderos:

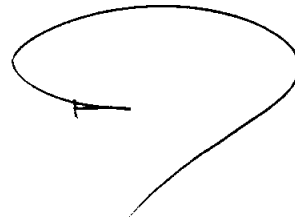
- Botadero Bocatoma Definitiva: Está ubicado en la quebrada Los Burros y servirá para la eliminación de los materiales de la excavación subterránea de la Bocatoma Definitiva. La capacidad total del Botadero está estimada en 30,000 m<sup>3</sup> y la distancia media de transporte de la frente de excavación hasta el sitio es de 1,4km.
- Botadero Cantera Nueva N02: Está ubicada en la salida del Túnel de Desvío / Aliviadero y será utilizada en paralelo con la explotación de material de la Cantera Nueva N02. En este botadero serán eliminados los materiales provenientes de las excavaciones obligatorias del Túnel de Desvío / Aliviadero, Presa y Bocatoma Provisional, siendo ellas subterráneas o de superficie. La capacidad estimada de este botadero es de 70,000 m<sup>3</sup> y la distancia media de transporte a los frentes de trabajo es de 0.5 km.

Los Botaderos están ubicados en el plano OL-PRL-016.

**2. Frente Occidente:**

Para la frente del Occidente hay sido considerado que el material eliminado en la excavación subterránea con el TBM será eliminada en la propia salida del Túnel, conforme está indicado en el plano OL-CLJ-001. De esta forma, hemos reducido la distancia de eliminación de material. Para la salida del agua del Túnel Trasandino una galería en concreto será construida en todo el largo del Botadero. La capacidad estimada es de 300,000 m<sup>3</sup> y la distancia media de transporte es de 7.5 km.

Jaime A. Murguía Cabero  
NOTARIO PÚBLICO DE LIMA



**ME02.05: Caminos de acceso****• Accesos Definitivos:**

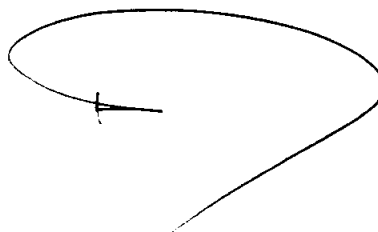
Será hecho un acceso definitivo a las obras que conecta la carretera a las obras definitivas del proyecto, conforme está indicado en el plano OL-PRL-015.

El acceso definitivo pasa por la cresta de la presa y tiene tres derivaciones: para el Aliviadero, la Bocatoma Provisional y la parte posterior de la presa. Este ultimo también sirve para llegar a las áreas de la oficinas ubicadas en el Oriente, que serán utilizadas en la construcción y después por la Concesionaria durante el período de la concesión.

**• Accesos Provisionales:**

Los accesos provisionales están indicados en el plano OL-PRL-016 y contemplan todos los caminos necesarios para la construcción de las obras. Básicamente se tendrán los siguientes accesos:

- Acceso para el campamento, bajando en la parte posterior de la presa;
- Acceso para la Bocatoma Provisional y Conducto Forzado, saliendo de la trocha existente después de la entrada del Túnel Trasandino;
- Acceso para la parte superior de la Entrada del Aliviadero, conectando la cresta de la presa con el acceso definitivo;
- Acceso para la Salida del Aliviadero / Túnel de Desvío, bajando de la cresta en la margen izquierda. También sirve para llegar a las canteras de la margen izquierda;
- Acceso para la parte Inferior del Aliviadero / Túnel de Desvío, que tendrá acceso por la margen derecha a través del puente existente;
- Acceso para la Bocatoma Definitiva, utilizando la trocha existente en la margen izquierda que tendrá acceso por el puente existente. Además de esto, será necesario construir un puente auxiliar para atravesar el Río aguas arriba



**ME.03: SELECCIÓN DE VARIANTE ÓPTIMA**

La optimización y selección de la variante optima para el Proyecto Olmos, a nivel de la preparación de la oferta técnica y económica, se realizo teniendo en cuenta que el esquema de desarrollo del Proyecto Olmos está basado en la captación, regulación y trasvase de recursos hídricos del río Huancabamba hacia las tierras irrigables de la Región Lambayeque.

Las obras del proyecto que han sido analizadas y optimizadas son las siguientes:

- a) Túnel Trasandino, del cual se tiene perforado 1,921 m en su galería de acceso y 4,301 m en su eje principal; quedando por perforar una diferencia de 13,846,70 m. Esta estructura ha sido analizada desde el punto de vista de su trazado definitivo, su capacidad hidráulica, diámetro y tipo de protección
- b) Presa Limón con una altura referencial de 45 m, para regular y derivar una masa anual de 406 MMC de agua. El objetivo de la optimización ha sido definir el tipo de la represa, ubicación y forma de la misma y de sus estructuras adyacentes. Aunque el Concesionario solo desarrollara la primera fase del proyecto, durante el proceso de optimización y la fase de desarrollo de la variante seleccionada se ha tenido en cuenta la construcción y operación de la represa Limón en su fase final (represa de cerca 85 m de altura)

**1. Datos generales**

Según lo explicado en capítulo ME.02.01.04, primero se ha analizado el problema de la capacidad necesaria del embalse Limón para garantizar el trasvase de una masa anual de 406 MMC, hacia las zonas de riego. Se ha confirmado que el embalse de la represa Limón debe tener las siguientes características:

- a) Volumen de embalse
  - Volumen útil 30 MMC
  - Volumen muerto 14 MMC
  - Volumen total 44 MMC
- b) Correspondientes niveles de agua:
  - Nivel máximo (nivel normal) del embalse 1120,0 m.s.n.m
  - Nivel mínimo del embalse 1105,0 m.s.n.m
- c) Condiciones hidrológicas
  - Caudales máximos instantáneos:

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA:	MAXIMOS INSTANTANEOS:
0,01%	$Q_{0,01} = 1740 \text{ m}^3/\text{s}$
0,1%	$Q_{0,1} = 1040 \text{ m}^3/\text{s}$
1%	$Q_1 = 600 \text{ m}^3/\text{s}$
5%	$Q_5 = 380 \text{ m}^3/\text{s}$
10%	$Q_{10} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

Sobre la base de datos disponibles y análisis hidráulicos de la capacidad y de la operación de estructuras principales del proyecto se han definido siguientes caudales de diseño:



La Purga para el control de la colmatación del embalse se ha diseñado para el caudal de  $Q = 350 \text{ m}^3/\text{s}$ , que básicamente corresponde a valores determinados en estudios anteriores y a requerimientos establecidos en los Términos de Referencia del concurso. Según lo especificado en los Criterios de diseño, se prevé la operación de la purga en casos cuando el embalse Limón está lleno (nivel normal) y el túnel trasandino opera con la capacidad máxima. Si bajo estas condiciones los aportes del río Huancabamba son mayores, se empieza con la operación de la purga hasta su capacidad máxima de  $350 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vale la pena destacar que el proceso de colmatación de un embalse es muy complejo y depende mucho de las condiciones locales (tipo de sedimentos que entra en el embalse, granulometría, concentraciones de material sólido en función de los aportes del río, operación del embalse, velocidades de agua en el embalse, influencia de la operación de purga y del vertedero principal y otro), de tal manera que el procedimiento propuesto de la operación de purga es solo preliminar y referencial. Durante la fase del Diseño Definitivo y en especial durante la fase de la operación, el proceso de sedimentación y de la operación de la purga deben ser analizados de manera continua, aplicando los ajustes y mejoramientos correspondientes. Atención especial se dedicara a la operación del embalse, de purga y del vertedero principal durante el periodo de avenidas, que traen grandes cantidades de sedimentos y pueden provocar colmatación importante del embalse.

El túnel de desvío ha sido dimensionado para el caudal de  $Q = 380 \text{ m}^3/\text{s}$ , según lo establecido en los criterios de diseño. El desvío de agua durante la fase de la construcción de la represa Limón se realizara en dos fases. Durante primera fase el desvío de agua se realizara a través del canal de desvío ubicado a lo largo de la ribera izquierda del río mientras que durante la segunda fase se usara el túnel de desvío.

El Aliviadero ha sido dimensionado para el caudal de  $Q = 1740,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , con la probabilidad de ocurrencia de una vez en 10.000 años que es también el criterio usual para este tipo de represas y vertederos. Se ha aplicado la solución de vertedero con tres compuertas, analizando no solo la operación de esta estructura para la represa Limón de primera fase, sino también para la represa de altura final (85 m). Se han analizado varios tipos del vertedero, pero se ha concluido que la solución con vertedero libre requiere construcción de un vertedero totalmente nuevo para la segunda fase de la construcción de la represa, aumentando de manera significativa los costos respectivos. La solución con aliviadero libre (sin compuertas) para la primera etapa, también requiere la construcción de una represa de por lo menos 3 a 4 m mas alta, que considerablemente aumenta su costo. En el caso de la solución con compuertas se puede ajustar el vertedero a la solución definitiva con un costo mucho menor. Al mismo tiempo, se ha seleccionado el vertedero de tres compuertas para dar seguridad adicional a su operación en el caso de problemas eventuales con la operación de una de las compuertas. Aunque estas fallas son sumamente remotas se ha confirmado que el caudal de diseño de  $Q = 1740,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , puede ser evacuado inclusive en el caso cuando una de las compuertas no es operativa, aumentando el nivel del embalse a 1122,5 m.s.n.m., con un borde libre de 0,5 m hasta la corona de la represa

## 2. Soluciones técnicas consideradas

### 2.1. Túnel

En el caso del túnel trasandino varios de sus elementos han sido fijados en los Términos de referencia del concurso, reduciendo de tal manera espacio y necesidad para optimizarlos. En este sentido, se ha fijado el trazado horizontal del túnel, su diámetro, como también las características de la parte ya excavada. Por esto el Postor, analizo principalmente la capacidad del túnel bajo estas condiciones y ha encontrado que en el caso de la operación del embalse con su cota mínima (1105,0 m.s.n.m.) no se puede aceptar la ubicación de la cota máxima del fondo del túnel Trasandino (cota 1097,81) ubicada en la progresiva 7641,00 del túnel, por dos razones principales. Primero, bajo estas condiciones no se establece el flujo uniforme (bajo presión) a lo largo de todo el túnel y para todas las condiciones de la operación, sino se establecen condiciones para la operación parcial bajo presión y parcial con pelo libre. Es de conocimiento común que este tipo de operación variable, no es recomendable, dado que resulta en aire atrapado dentro del túnel, reducción de su capacidad y problema de pulsaciones dentro del túnel. Otro criterio

importante ha sido aumentar la longitud del túnel sin cambios del pendiente, que se puede construir usando TBM.

Para cumplir con los criterios establecidos, se ha trasladado la cota máxima del fondo del túnel, desde su ubicación determinada en estudios anteriores a la zona de la terminación actual de la excavación del túnel, determinando de esta manera que el punto mas alto del fondo del túnel coincidirá con el punto de la terminación actual de la excavación del túnel. Consecuentemente, se ha logrado que todo el túnel siempre opere bajo presión, inclusive para la cota mínima de embalse y que se extiende el tramo del túnel que se puede construir usando TBM. Bajo estas condiciones, la capacidad mínima del túnel (cota 1105,0 m.s.n.m.) es 37 m<sup>3</sup>/s mientras que la capacidad máxima para la cota normal (1120,0 m.s.n.m.) es de 46 m<sup>3</sup>/s. Teniendo en cuenta que la demanda máxima prevista de riego no sobrepasa 22 m<sup>3</sup>/s, queda claro que la disposición y trazado vertical del túnel permiten el transporte de caudales considerablemente mayores que la demanda de riego. Esta capacidad ociosa puede ser usada para siguientes fases de desarrollo del sistema Olmos como también para el transporte de volúmenes adicionales de agua, en el caso existen excedentes de agua en el embalse Limón. Esta misma disposición del túnel permite la captación y transporte de más de 70 m<sup>3</sup>/s para la fase final del proyecto, o también más que el límite establecido de 68 m<sup>3</sup>/s.

## 2.2. Represa

### 2.2.1. General

El emplazamiento elegido de la presa es de sección transversal de forma "V", con el ancho a nivel de la terraza fluvial de unos 200 m y pendientes de flancos rocosos de 30° - 40° y, localmente, más abruptos.

Las condiciones especiales que se refieren a la presa son las siguientes:

- Para el transvase de 406 Hm<sup>3</sup> de agua en la primera fase de ejecución, la altura de la presa no debe ser inferior a 41 m, circunstancia verificada con el diseño de presa CCR de 45 m de alto, cuyo volumen ha sido de 28 Hm<sup>3</sup>;
- La presa en la I fase debe tener dimensiones que formarán parte de la sección de la presa en la II fase, de 85 m de altura;
- Las condiciones de sismicidad del emplazamiento de la presa corresponden al octavo grado de la escala de Richter (el Diseño Definitivo señala 8 "bal", que corresponde al sistema ruso según Mercalli Sieberg, Cancani o Medvedev);

Según lo explicado en el párrafo anterior, se ha determinado un borde libre de 3,0 m sobre el nivel normal para garantizar la operación del embalse bajo condiciones extremas y fallas eventuales en la operación de una de las compuertas. Consecuentemente, el nivel de la cresta de la presa se fija en 1123,00 (1120 + 3,0). Por el momento, el Postor ha analizado el nivel normal de embalse como fijo durante todo el año (1120 m.s.n.m.), pero teniendo en cuenta experiencia de varios proyectos similares, se prevé analizar este asunto una vez mas durante fase de la elaboración del Diseño Definitivo y la fase de la explotación, aumentando el nivel normal fuera del periodo de avenidas y reduciendo al valor establecido durante el periodo de ocurrencia de las mismas.

Teniendo en cuenta que el nivel medio del fondo del valle es de cerca de 1080,00, la altura máxima de la presa es de 43 m.

Para el análisis del tipo óptimo de la represa se han tomado en cuenta los siguientes datos geológicos:

- En el emplazamiento de la Presa Limón, el cauce del río Huancabamba, de unos 220 m de ancho, se encuentra cubierto por material proveniente de depósitos cuaternarios sueltos, de génesis aluvial (acarros de torrentes), con una potencia máxima de 37 a 38 m.
- El sustrato se constituye de brechas volcánicas (andesitas) que forman las laderas del valle.

- c) La roca de cimentación en los estribos es alterada en superficie y fracturada en profundidad, la cual puede alcanzar los 30 m.

Considerando tales condiciones geológicas del emplazamiento de la Presa, esto es, las condiciones de cimentación, la disponibilidad de materiales y facilidades para la sobreelevación de la presa en la fase final, fueron analizadas las siguientes soluciones técnicas de la Presa:

- a) Presa de materiales sueltos con núcleo central de arcilla  
b) Presa de enrocado con pantalla de concreto aguas arriba, y  
c) Presa de concreto rodado compactado (RCC).

**2.2.2. Comparación de variantes analizadas**

**a) Variante I – Presa de materiales sueltos con núcleo central de arcilla**

Esta variante corresponde al esquema ruso modificado del Estudio Definitivo, adaptado a la ejecución en 2 fases: fase I, con corona de la presa en la cota 1123, y fase II, con corona de la presa en la cota 1162 m.s.n.m. Con respecto al diseño original, se efectuaron las siguientes modificaciones:

- pendientes de taludes mas pronunciados (1V:2H), con respecto a los originales (1V:2.75H talud aguas arriba y 1V:2.5H talud aguas abajo), lo que fue verificado por medio de cálculos de estabilidad de taludes correspondientes usando software moderno y aplicando parámetros no lineales de la resistencia de materiales;
- en vez de la cortina de inyecciones de 8 hileras en el cauce del río, se aplicó la solución de impermeabilización por medio del revestimiento (pantalla) de concreto.

Los materiales para la construcción de la presa son los siguientes:

- arcilla, para el núcleo en la parte central de la sección;
- arena y grava (clasificados), para zonas de filtro;
- material aluvial, para cuerpos de contención de la presa;
- roca clasificada, para protección de taludes aguas arriba y aguas abajo.

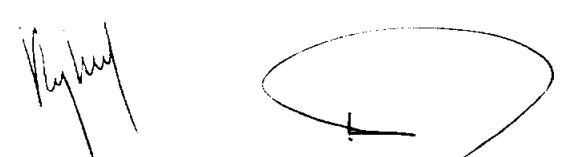
El inconveniente principal de esta variante consiste en que, para la II fase de la presa hasta su altura definitiva de 85 m, la estructura de la I fase sería, de hecho, una ataguía, por lo cual se tendría que ejecutar un nuevo núcleo de presa y un diafragma nuevo, así como las inyecciones en los flancos.

La sección típica de la Presa, Variante I, se muestra en el Plano OL-PRL-001.

**b) Variante II – presa CFRD modificada - revestimiento de aguas arriba de la presa terraplenada**

En atención a la inserción técnico – económica más racional de la II fase de la presa en la I fase ya ejecutada, materia de la concesión, fue analizado el tipo de presa con revestimiento de concreto aguas arriba, que en la segunda fase se continuaría, prácticamente, previa ejecución de los rellenos de II fase de la presa.

La presa, en efecto, es homogénea, de materiales gravosos, disponibles en cantidades “ilimitadas” en el cauce del río, y con zonas de transición y filtro debajo del revestimiento de concreto. El revestimiento de concreto de aguas arriba se apoya en la losa de concreto armado (“inth”). El espesor del revestimiento de concreto disminuye gradualmente, del máximo en la zona de “inth” de 55 cm, a 42 cm en la corona de la presa de I fase y 30 cm en la corona de la presa para su altura definitiva.



El revestimiento de concreto cuenta con tapajuntas (waterstop) flexibles, por las posibles deformaciones debido a las influencias sísmicas. Tal revestimiento, durante la explotación, en las partes expuestas al sol y heladas, se adecua para el mantenimiento aplicando sustancias modernas penetrantes de silicona, que le garantizan la estanqueidad. En la zona de la losa "plinth", está previsto el recubrimiento con una capa de limo, que tiene la propiedad de fluctuación de partículas en las juntas, para el caso de deformaciones. Igualmente, sobre esta capa se ejecuta un relleno común ("random") de materiales gravoso-arcillosos, con lo cual se logra la seguridad adicional en la parte sensible - unión de losas AB, losa "plinth" y el diafragma de concreto en el depósito aluvial.

Además de la ventaja de este tipo de presa, que consiste en la sobre elevación más fácil de la presa de I fase para su altura definitiva, existe la conveniencia que la construcción de la presa se puede llevar a cabo también en la estación de lluvias ocasionales, que no es el caso de las variantes con núcleo de arcilla ni del concreto rodillado, donde sí existen limitaciones del tipo climático.

Los materiales para la construcción de la presa provienen de las canteras, y éstos son:

- material natural de grava con guijarros, para el cuerpo de la presa;
- materiales clasificados, para la zona de transición y filtros;
- materiales limosos, para la cobertura de la losa "plinth", y grava arcillosa para el prisma de relleno común ("random");
- roca clasificada, para la protección del talud aguas abajo.

La sección típica de la presa según la Variante II, se muestra en el Plano OL-PRL-001.

#### c) Variante III - RCC "rolled compacted concrete"

Para este tipo de presa, es obligatoria la cimentación sobre el complejo rocoso, circunstancia que implica lo siguiente:

- ejecución de ataguías aguas arriba y aguas abajo, con impermeabilización del aluvión y ejecución de pantallas de concreto flexible;
- excavación del aluvión de 38 m de profundidad, con bombeo ("dewatering") para eliminar el influjo de agua al hueco de construcción;
- en su I fase, la presa se ejecutaría durante el mínimo de 3 estaciones de construcción, debido a la imposibilidad de hacer obras durante las épocas de lluvias (obedeciendo a la especificidad de ejecución del concreto rodillado con el porcentaje riguroso de agua en las condiciones de compactación).

Las secciones típicas de la presa y de ataguías se muestran en el Plano OL-PRL-001.

#### d) Tipo de represa seleccionada

De los esquemas variantes arriba descritos, se eligió la Variante II de presa CFRD modificada, utilizando el material de grava con guijarros natural, de composición granulométrica particularmente buena (presencia de fracciones), para el cual es factible alcanzar en condiciones naturales incluso el 100% de la densidad relativa, según se ha comprobado en las presas ejecutadas en México y Colombia. Razones principales para la selección de Variante II como variante optima son:

- En la oportunidad de sobre elevación de la presa en la II fase, hasta 85 m, es posible prever la ejecución de enrocado en el tercio superior de la presa (15 - 20 m), con lo cual se lograría una seguridad adicional, mediante el incremento de la rigidez a vibraciones producidas por el sismo.
- El costo del variante II es mas bajo en comparación con los costos de la Variante I y Variante III, calculado para primera etapa del proyecto como también para la segunda etapa. En el caso de la comparación de la Variante I y II, la Variante II cuesta menos por el menor volumen de material de relleno y por su cercanía de las canteras a la zona de relleno. La diferencia entre estas dos

variantes es inclusive mayor en el caso de la comparación de costos de la segunda etapa de la construcción de la represa Limón, donde prácticamente se debe construir una represa totalmente nueva (Variante I), mientras que en el caso de Variante II se puede usar la totalidad de las obras ejecutadas durante primera etapa del proyecto. En el caso de Variante III su costo es también mayor, por razones explicadas arriba (necesidad de excavar bajo protección todo material permeable de cerca de 38 m de profundidad hasta la roca sólida), que define una diferencia de cerca de US\$ 40'000,000 a favor de la variante II en comparación de la Variante III (primera fase) y mas de US\$50'000,000 para fase final.

- Los cálculos realizados han confirmado que la represa tipo RCC, por sus problemas de cimentación y disponibilidad de materiales, tendrá un costo de construcción mucho más grande que otras dos alternativas. Comparando los costos de la represa de material suelto y de enrocado con pantalla de concreto se ha concluido que la segunda tiene un costo mas bajo, por la disponibilidad adecuada de todos los materiales necesarios para la construcción y un plazo mas corto de construcción, reduciendo el peligro de inundaciones de la zona de trabajo durante el periodo de avenidas.
- La solución seleccionada representa el tipo de represa construido en varios países bajo condiciones similares e inclusive mucho mas severos que para el proyecto Olmos. El mismo Postor tiene experiencia en la construcción de estructuras similares que le permite garantizar su construcción según el plazo y presupuesto ofertado.
- Plazo de la construcción de la variante II es sumamente corto, primero por el volumen reducido de relleno y trabajos muy simples de ejecutar, como también por el hecho de que la represa se puede ejecutar inclusive durante periodo de lluvias, que no es el caso de otras dos variantes..

### 2.3. SOLUCIÓN TÉCNICA SELECCIONADA

La solución técnica seleccionada comprende las siguientes obras:

- a) Presa Limón
- b) Aliviadero de avenidas
- c) Salida de fondo
- d) Torre de captación



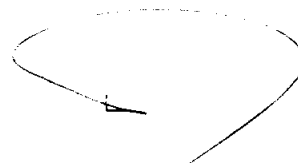
#### 2.3.1. Presa Limón

Considerando las condiciones topográficas e ingeniería-geológica del emplazamiento, la disponibilidad de materiales de construcción y una elevada sismicidad (8 grados) en la zona de construcción, se propone construir una presa de enrocado con pantalla de concreto como la optima en las condiciones presentadas (Variante II).

Dada la alta permeabilidad de los cimientos aluviales de la presa, las medidas de impermeabilización serán aseguradas con una pantalla de concreto en los materiales acarrees de la cimentación debajo de la presa hasta la roca. Las características detalladas de la solución seleccionada se puede ver en el capítulo ME.04.

#### 2.3.2. Aliviadero de Avenidas

Se han analizado varios tipos de vertedero y finalmente se ha seleccionado el aliviadero de perfil tipo "Creager" con tres compuertas radiales (3 x 7,0 x 12,0 m) y de capacidad de 1 740 m<sup>3</sup>/s con una carga de 11.30 m sobre la corona. El aliviadero de avenidas también comprende un pozo inclinado pseudo - circular de 11.0 m de diámetro interior, como un empalme en codo a la galería de derivación, aguas abajo del codo de la Galería se prolonga hasta una longitud de 260 m y termina con una salida de tipo de un trampolín deflector. Por esta estructura el caudal de avenida se descarga en un cuenco amortiguador natural.



### 2.3.3. Salida de Fondo – túnel de purga

Se destina a las obras de descarga del embalse Limón en caso de anomalía en la presa que necesita un vacío rápido del embalse o a la inspección de las obras. También, la misma obra sería utilizada para la purga del embalse Limón y vertido parcial de salidas hacia aguas abajo. Túnel de purga ha sido diseñado para un caudal de 350 m<sup>3</sup>/s. La salida de fondo se ubica en la galería de desvío aguas arriba del pozo inclinado del aliviadero.

### 2.3.4. Torre de Captación

La torre de captación de agua se ubica en el estribo derecho y ha sido diseñado para un caudal entre 37 y 47 m<sup>3</sup>/s (caudal máximo para nivel mínimo y nivel normal). La misma se constituye de una torre de 18 m de altura, con una sección interior de 5 m de diámetro. El pozo de la toma comprende dos compuertas de ruedas del mismo tamaño: una compuerta de reserva y una compuerta de regulación de caudales con maniobra hidráulica. El acceso a la torre de captación se realiza desde el estribo derecho por una pasarela de concreto.

*[Handwritten signature]*



**ME.04: INFORME TECNICO DE LA VARIANTE ÓPTIMA  
( SOLUCION TECNICA DEFINITIVA )**

En el Plano OL-PRL-002 se presenta el emplazamiento y la disposición general de las obras que conforman la represa Limón y sus obras adyacentes. La selección de la variante optima se presenta en el capitulo ME.03. mientras que los criterios de diseño se explican en el capitulo ME.02.02. En general, el Postor ha respetado la solución técnica adoptada en diseños anteriores que consiste de los siguientes elementos:

1. Presa Limón
2. Túnel de desvío
3. Aliviadero y salida de fondo (túnel de purga)
4. Toma de agua provisional
5. Túnel transandino
6. Conducto Lajas

*James A. Murguía Castro*  
NOTARIO PUEBLO DE LIMA

**1. Embalse y presa Limón****1.1. Embalse Limón**

En el capitulo ME.03 se explican las razones para seleccionar la represa de enrocado con pantalla de concreto como solución optima para el proyecto Olmos. Básicamente esta solución permite el mejor uso del material local, se ajusta bien a las condiciones geológicas y geotecnicas en la zona de la represa y garantizan seguridad de la represa bajo condiciones de impactos fuertes de sismos. Como resultado final, su costo de construcción y de la operación es el mas bajo de todas las variantes analizadas, no solo para la primera etapa sino también para la segunda etapa del proyecto, que permite realizar un proyecto viable con bajos costos de agua de riego para zonas agrícolas.

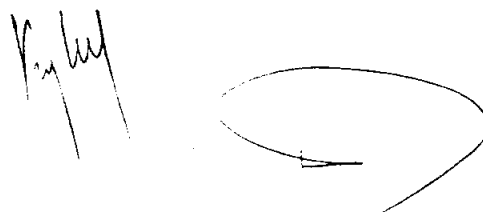
La presa Limón permite crear un embalse para regular los caudales estacionales no uniformes del río Huancabamba, garantizando el suministro de aguas para riego según la distribución de la demanda mensual establecida en los Términos de referencia del concurso. Al mismo tiempo, la construcción de la represa Limón permite establecer el nivel de agua del embalse, necesario para derivar las aguas para los usuarios de riego a través del túnel transandino. La ubicación de la represa es sobre el cauce del río Huancabamba, en el lugar denominado Limón, Km. 96 de la carretera Olmos - Marañón, 1,2 Km. aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Los Burros.

En la zona del emplazamiento, el río hace una curvatura y el valle en este tramo tiene una sección más o menos constante. El eje de la presa es rectilíneo y se sitúa perpendicularmente a las márgenes y un poco aguas arriba de un cerro saliente de la margen izquierda.

De acuerdo con los Estudios Definitivos del Proyecto Olmos, la presa Limón, cuando alcance su máxima cota de coronación de 1162 m.s.n.m. creara el embalse del mismo nombre con una capacidad total de 191 MMC, la capacidad útil de 11 MMC y volumen muerto de 80 MMC. Como parte del mismo estudio se ha definido el nivel máximo del embalse a 1160 m.s.n.m., mientras que el nivel del volumen muerto estará en la cota 1132 m.s.n.m. La longitud del embalse en su fase final será de 12.0 Km. y la profundidad máxima de agua al pie de la represa de 78 m.

Para la primera fase del desarrollo del proyecto se han establecido los siguientes parámetros básicos, que permiten cumplir con el suministro de agua para las parcelas de riego seleccionadas.

*[Handwritten signature]*



- a) Volumen de embalse
- Volumen útil 30 MMC
  - Volumen muerto 14 MMC
  - Volumen total 44 MMC
- b) Niveles de agua
- Nivel normal 1120 m.s.n.m.
  - Nivel máximo 1120 m.s.n.m.
  - Nivel máximo extremo 1122.5 m.s.n.m.
  - Nivel de coronación de la represa 1123.9 m.s.n.m.
  - Nivel mínimo 1105 m.s.n.m.

Área total del embalse es relativamente pequeña y en el caso del nivel máximo llega a cerca de 2,5 Km<sup>2</sup>. Curva volumen - altura del embalse se presenta en continuación.

Cota	1080	1100	1105	1110	1115	1120
Volumen MMC	0	6	14	22	32	44
Volumen útil MMC	0	0	0	8	18	30

Dada su forma y ubicación no se prevén problemas especiales durante el llenado del embalse, siendo la zona de inundación muy reducida y sin presencia de población, monumentos arqueológicos, especies en peligro de extinción o similar. Analizando condiciones hidrológicas se puede prevenir que el llenado será muy rápido y dependiendo del periodo de año, se puede realizar dentro de un par de meses, en el caso del periodo de avenidas.

## 1.2. Represa Limón

### 1.2.1. Cuerpo de la represa

Mediante los cálculos de estabilidad de control de la presa, consignados en el Apéndice 1 del presente documento, fueron confirmadas las siguientes pendientes de taludes, y éstos para la altura definitiva de la presa H = 85 m:

- pendiente aguas arriba 1V:1.5H
- pendiente aguas abajo 1V:1.65H (en promedio), pendiente 1V:1.5 H, con bermas de 10 m de ancho.

El cuerpo de la presa (zona 3B) se ejecuta utilizando materiales de grava natural, con tamaño máximo de guijarros hasta 40 cm y el porcentaje de finos ( $d \leq 0.074\text{mm}$ ) menor de 5%. Se ejecuta en capas de 40 cm con rodillos vibratorios de 10 tn, con un mínimo de 4 pasadas (el número de pasadas se determinará mediante el rodillado de prueba, en la zona del relleno de la presa - parte de aguas abajo). El terraplenado y la compactación, por lo general, se llevan a cabo previa colocación de las zonas de filtros y transición, 2B y 3A.

La zona de transición 3A se ejecuta utilizando materiales de grava natural de tamaño máximo de 20 cm y el porcentaje máximo de finos de 5%. Esta zona se ejecuta simultáneamente con la zona de transición, luego de ejecutado el bordillo de concreto poroso. Esta zona se ejecuta en capas de 30 cm, como también la zona 2B.

La zona de filtros 2B consiste en material gravoso - arenoso clasificado, cuya granulometría se consigna en las especificaciones técnicas, y se ejecuta simultáneamente con la zona de transición, una vez construido el bordillo de concreto poroso. La zona 2A es, igualmente, una zona de filtro, cuyo propósito es



proteger la migración de partículas de limo ubicadas sobre la losa de concreto "plinth", en el caso que ocurran deformaciones del relleno de las juntas de dilatación entre los segmentos de la losa.

La protección del talud de aguas abajo se ejecuta con roca de cantera, de diámetro mínimo de 15 cm,  $d_{50} = 35$  cm y  $d_{max} = 30 - 50$  cm.

En la zona de corona de la presa se ejecuta el afirmado de 30 cm de espesor, de materiales de grava arcillosos.

### 1.2.2. Cimentación de la presa y obras de impermeabilización

En la zona de cimentación de la presa se harán limpieza y excavaciones de materiales de superficie, de acuerdo a lo siguiente:

- en la zona del cauce, eliminación de arcillas arenosas superficiales en un espesor de 30-35 cm, hasta alcanzar los materiales gravosos limpios;
- en la zona donde no hubiese arcillas (el cauce del río propiamente dicho), la limpieza se lleva a cabo hasta 0.5 m de profundidad;
- en la zona de cimentación de la losa "plinth", se excava hasta 5 m de profundidad dentro del cauce, y en los flancos de la losa "plinth", para que se encuentre en la zona de la roca dura (lo que comprende la limpieza del sedimento y la excavación de la roca degradada).

La estanqueidad del perfil de la losa "plinth" se logra por las siguientes obras de impermeabilización:

- pantalla de concreto plastificado en la zona del cauce, que entra en el complejo rocoso 2 m aproximadamente, esto es, hasta la roca sana;
- en los flancos se ejecuta una cortina de inyecciones de una fila, por el sistema "split", de acuerdo a lo siguiente:
  - I fase, perforación de referencia (con ensayos de impermeabilidad) e inyección a cada 12 m;
  - II fase, perforación e inyección de perforaciones de sondeo primarias (a la mitad de la distancia entre las referenciales);
  - III fase, perforación e inyección de barrenos secundarios (a la mitad de distancia entre los de referencia y primarios);
  - IV fase, perforación e inyección de barrenos terciarios (a la mitad de distancia entre los de referencia y secundarios);
  - V fase, perforación e inyección de barrenos de control, con ensayos de permeabilidad.

Esta previsto ejecutar 2 campos de ensayo, uno en cada flanco de la presa. Se aplicará el sistema ascendente en inyecciones, excepto en las zonas de fallas o de roca degradada, donde es obligatorio aplicar el sistema descendente. Se utilizarán las masas cemento y bentonitas, con la activación correspondiente de las bentonitas. La relación de ingredientes secos y el agua variará de 1:4 a 1:1.5 (o más espesa). En los tramos que presentan la menor permeabilidad, las inyecciones comenzarán con la mezcla menos espesa 1:4, y en los tramos de mayor permeabilidad ( $\geq 10Lu$ ) hay que inyectar de inmediato con mezclas más espesas, 1:3 o 1:2. La descripción detallada se consigna en la Especificaciones Técnicas.

Los detalles de la solución seleccionada se presentan en los Planos OL-PRL-002 a OL-PRL-012. En el Apéndice 1 del presente documento, se presentan los CALCULOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA PRESA LIMON, que confirman la estabilidad de la solución seleccionada.

## 2. Túnel de desvío

El túnel de desvío ha sido diseñado para desviar las aguas del río Huancabamba durante la fase de la construcción de la represa principal. Se ubica en el lado izquierdo del cauce, con una longitud total de 335

m. Durante los cálculos y análisis hidráulicos de la operación del túnel de desvío se tomó 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 con compuertas. De tal manera que el túnel de desvío tiene dos partes principales, la parte aguas arriba que ha sido dimensionada para la operación del túnel de desvío (caudal máximo 380 m<sup>3</sup>/s, y parte aguas abajo, que ha sido diseñada para operar como conducto del aliviadero principal (caudal máximo 1740 m<sup>3</sup>/s). Aplicando este criterio, las secciones ubicadas aguas arriba, con una longitud total de cerca de 85 m, serán de forma de "herradura" (7x7,0 m), mientras que las secciones aguas abajo, de longitud total de 250m, serán de la misma forma pero con dimensiones 11x11,0 m.

La sección crítica del túnel de desvío, ubicada aguas arriba, ha sido dimensionada según el criterio de transporte del caudal de diseño (380 m<sup>3</sup>/s, probabilidad de ocurrencia una vez en 20 años o 5%) 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.

La toma del túnel de desvío estará cimentada sobre roca con el nivel mínimo del fondo de 1081,20 m.s.n.m y con la forma hidráulica de la entrada usual para este tipo de estructuras. Los muros laterales tendrán guías para la colocación de compuertas de cierre de concreto, que se usarán para la adaptación del túnel de desvío a parte del sistema de aliviadero principal.

El fondo de la salida del túnel de desvío estará en la cota 1075,0 m.s.n.m. y será construido como parte de la estructura de salto tipo trampolín del aliviadero principal.

En general se puede decir que las condiciones geológicas a lo largo de la ruta del túnel de desvío son favorables dado que túnel será excavado en roca sólida, salvo en la zona de la entrada y de la salida, donde se prevén trabajos de sustentamiento. Se prevén inyecciones de contacto a lo largo de todo el túnel, en su corona.

Las características principales de la solución diseñada se pueden ver en los Planos OL-ALV-001 y OL-ALV-002.

### 3. Aliviadero y salida de fondo

#### 3.1. Aliviadero

El Aliviadero principal con compuertas y la salida de fondo han sido diseñados para el control y transporte de avenidas del río Huancabamba después de la construcción de la represa Limón. Estas dos estructuras serán construidas en el lado izquierdo de la represa y del cauce del río, que ha sido seleccionado por razones de condiciones geológicas, geotécnicas y morfológicas, favorables para la construcción y operación de esta estructura. Criterio adicional que ha sido tomado en cuenta para seleccionar el trazado y ubicación de estas estructuras ha sido la operación del dissipador de energía (tipo trampolín) cuya ubicación ha sido seleccionada para que el chorro de agua caiga lejos del pie de la represa.

Se han analizado varios tipos de aliviadero principal y se ha seleccionado la solución con aliviadero con compuertas, dado que la solución con aliviadero libre requiere aumentar el nivel de la coronación de la represa, aumentando significativamente el costo respectivo de la construcción de la represa y consecuentemente del proyecto. Al mismo tiempo, en el caso de la solución con vertedero libre, sería obligatorio aumentar el nivel de coronación de la represa sobre los límites de altura establecidos en los Términos de referencia del concurso.

El aliviadero principal ha sido dimensionado para controlar y transportar el caudal de diseño de 1740 m<sup>3</sup>/s (caudal de periodo de retorno de 10.000 años o de la probabilidad de ocurrencia de 0,01 %). El aliviadero consiste de 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 concreto ha sido dimensionada según el tipo "Creager", con la coronación en la cota 1108,70 m.s.n.m. De tal manera, que bajo condiciones de caudal máximo, el

aliviadero tendrá una carga hidráulica de 11,3 m, que junto con el ancho seleccionado permite el control y el transporte del caudal de diseño seleccionado. Es obvio que en el caso de un aliviadero sin compuertas, cuya cota de la coronación sería en el nivel normal del embalse, se requeriría un ancho mucho más grande y una carga hidráulica mayor que aumenta de 3 a 5 m la altura total de la represa

El vertedero se transforma, aguas abajo de las compuertas radiales, a una galería inclinada, que es conectada con el túnel a través de un empalme en codo. Agua desde el aliviadero entra en la parte baja del túnel de desvío, transformado a conducto principal para el transporte de aguas de aliviadero, con la sección tipo "herradura" 11x11,0 m, longitud de 250 m y pendiente de 1,9%.

El túnel se termina con una salida de tipo trampolín con deflector. Por esta estructura se descargan los caudales captados por el aliviadero y disipa su energía en un cuenco amortiguador natural.

La velocidad de agua a lo largo del túnel es de 20 m/s en el caso de la operación con el caudal máximo de 1740 m<sup>3</sup>/s.

En la zona del aliviadero se prevé construir una plataforma de operación y acceso en la cota 126,0 m.s.n.m. La misma plataforma sirve para la operación y mantenimiento del túnel de salida (purga).

Todos los elementos de la solución seleccionada han sido analizados y seccionados teniendo en cuenta el esquema final, con el aliviadero que debe funcionar bajo condiciones de niveles más altos del embalse. Desde este punto de vista la solución seleccionada, con el aliviadero con compuertas, también tiene una ventaja importante, permitiendo de manera simple y muy barata reconstruir el aliviadero propuesto para la solución definitiva. El Aliviadero operara con las mismas compuertas y el mismo tipo de operación previsto para la primera fase, mientras que solo sería necesario construir una estructura de concreto en continuación de la toma existente, hasta los niveles más altos del embalse de la segunda fase. En el caso de un vertedero libre esta reconstrucción simple no sería posible y se requiere la construcción de un vertedero totalmente nuevo, con un costo muchísimo más alto.

La solución técnica seleccionada se presenta en los Planos OL-ALV-001 y OL-ALV-002.

### 3.2. Salida de fondo con el túnel de purga

La Salida de fondo ha sido diseñada 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 se ubica debajo de la cimentación del aliviadero principal y del túnel inclinado.

La capacidad final de la salida de fondo será de 400 m<sup>3</sup>/s, caudal que se logra cuando el nivel de embalse alcanza la cota máxima 1160 m.s.n.m., en la segunda etapa operativa, pero en la primera etapa del proyecto tiene una capacidad de 350 m<sup>3</sup>/s, determinada según necesidades de la purga del proyecto y establecida en los Términos de referencia del concurso.

Según lo presentado en el Plano OL-ALV-001 se puede ver que la solución técnica de la salida de fondo se basa en la adaptación del túnel de desvío para la operación de la salida de fondo, incluyendo la construcción de la cámara subterránea para la colocación y operación del equipo hidromecánico y del conducto vertical (5,0x5,0 m)

Se prevén dos compuertas con ruedas (compuerta principal y compuerta de seguridad) de 2,8x3,8 m, con servomotores, ubicados dentro de la cámara de compuertas de 5,0x8,0 m, en la cota 1089,74 m.s.n.m. En la misma cámara se ubica todo el equipo auxiliar para la operación de compuertas.

Por el problema de persistencia del proceso de abrasión y las velocidades de flujo de hasta 20 m/s (hasta 30 m/s en la etapa final) esta previsto un blindaje de acero de espesor de 10 mm de 45 m de longitud, hasta la salida - empalme (fin de la curva vertical), con su aireación respectiva.

La adaptación del túnel de desvío a salida de fondo se realizara bajo la protección de compuertas de cierre de concreto, ubicadas al inicio del túnel de desvío.

Aunque, en el caso del túnel del desvío se trata de una estructura temporal, se han aplicado criterios de diseño para estructuras permanentes, teniendo en cuenta que con su adaptación a salida de fondo realmente se convierte a una estructura de tipo permanente. Este criterio requiere la aplicación del tipo correspondiente de revestimiento y de las inyecciones de contacto. En la zona donde el túnel, o salida de fondo, corta la cortina de inyección de la represa, se prevé realización de inyecciones especiales para establecer el contacto impermeable entre las dos estructuras.

#### 4. Toma provisional de agua

Es una estructura que permitirá captar las aguas del embalse Limón para ser derivadas hacia el túnel trasandino y luego hacia las zonas de riego. La toma de agua se ubica en el estribo derecho y ha sido diseñada para un caudal no menor de la capacidad del túnel trasandino. Aunque la demanda de agua de riego durante la primera fase del proyecto no sobrepasa 25 m<sup>3</sup>/s, la capacidad de la toma se ha determinado según la capacidad máxima del túnel, que en el caso de nivel mínimo de embalse (1105) alcanza 37 m<sup>3</sup>/s mientras que para el nivel máximo (nivel normal de 1120) es de 46 m<sup>3</sup>/s. Consecuentemente, la capacidad de la toma ha sido determinada de la misma manera, garantizando la captación de todos los caudales hasta la capacidad máxima del túnel trasandino. Esta capacidad ociosa (diferencia entre capacidad máxima y demanda de riego durante primera fase), será usada para el transporte de la sobreoferta de agua hacia las zonas de riego, en el caso exista disponibilidad de caudales naturales del río Huancabamba, mayores que la demanda de riego para el mes específico (embalse lleno). Esta capacidad mayor también se usara para las siguientes fases de la operación cuando se aumente la capacidad del embalse Limón como también la demanda de agua para el sistema de riego.

La toma provisional consiste de una torre de 18 m de altura, con una sección interior de 5,0 m de diámetro. Se prevén dos compuertas de ruedas del mismo tamaño (3,0x2,4 m), una de control y otra de seguridad con servomotores ubicados en la coronación de la toma, nivel 1123,60 m.s.n.m. La compuerta de seguridad sirve para trabajos de mantenimiento y reparación de la torre de la toma, de la compuerta de control y de las guías de las compuertas, sin necesidad de bajar el nivel de agua en el embalse.

La compuerta de control sirve para regular caudales que se derivan hacia las zonas de riego. También sirve para mantenimiento y reparación eventual del mismo túnel trasandino. En la zona de la compuerta se prevé la instalación de un conducto de aireación de 500 mm. Mantenimiento preventivo y programado de esta compuerta se realizara en la plataforma de la torre, ubicada en la cota 1119,30.

El acceso a la torre de captación se realizara desde el estribo derecho por una pasarela de concreto. En la cercanía de esta pasarela se prevé la construcción de una plataforma en cota 1123,0 m.s.n.m. donde se ubicara la casa de control (4,0x8,0m) con oficina, sala de mando y sala de grupo electrógeno.

En la zona de compuertas y aguas abajo hasta el contacto con la sección blindada se prevé la aplicación de un blindaje de las mismas características. El conducto de captación comprende un conducto de acero de 3,0 m de diámetro y 315 m de longitud, cubierto de concreto armado. El conducto será cimentado sobre la roca de la ladera derecha, aguas abajo de la presa.

El empalme del conducto con la galería de acceso del túnel trasandino se realizara mediante una estructura de concreto tipo tapón, que contiene la salida del conducto y una puerta blindada de 2,4x2,4 m que permite el acceso para mantenimiento del túnel.

Jaime A. Murguía Pizarro  
NOTARIO PUBLICO DE L.M.A.

Aguas abajo del tapón del empalme se prevé la estructura para el transporte de caudal biológico de capacidad de 1,3 m<sup>3</sup>/s, que contiene un tubo de acero de 650 mm de diámetro, una compuerta y un amortiguador tipo pozo.

Aguas abajo de la salida del conducto para el caudal biológico se prevé la construcción de un canal de sección 1,5x1,0 m que permite la restitución del caudal biológico en el cauce del río Huancabamba aguas abajo de la presa.

La solución técnica seleccionada e presenta en los Planos OL-BPV-001, OL-BPV-002 y OL-BPV-003.

En el Planos OL-PRL-002 se presenta la solución y ubicación de la toma definitiva, que se construirá durante la siguiente fase de la construcción. Sin embargo, el Postor analizó detalladamente su construcción y ha concluido que es necesario construir un solo túnel de conexión mientras que la misma estructura de la toma se puede construir en su totalidad durante la segunda fase de desarrollo del sistema Olmos, dado que sus cotas de cimentación se encuentran por arriba del nivel normal del embalse durante la primera fase de construcción.

## 5. Túnel transandino

### 5.1 Resumen geológico:

El Proyecto del Túnel Transandino - Olmos, según el perfil geológico pronóstico del Estudio Definitivo (1982) deberá atravesar tres bloques bien definidos de roca.

- Rocas volcánicas tipo Andesitas intruidos por porfidos granodioritos.  
Desde la boca de entrada de la galería de acceso (0+0.12) hasta las inmediaciones de la progresiva 2+000
- Complejo metamórfico del Paleozoico constituido por esquistos carbonosos arcillosos y cuarzo micáceo.  
Desde las cercanías a la progresiva 2+000 hasta la progresiva 8+500
- Formaciones del Terciario Inferior constituidos por la alternancia de grandes bancos de andesita, dioritas, tobas ácidas, y brechas piroclásticas intruidos por porfidos cuarzosos.  
Desde la progresiva 8+500 hasta la boca de salida en la progresiva 19 + 309

La excavación efectuada por el frente Oriental hasta el frontón actual en la progresiva 3 + 919 y desde el frente occidental hasta la progresiva 17+808 está demostrando la presencia de dos bloques importantes de roca:

- Rocas volcánicas Andesíticas intruidas por Porfidos granodioríticos.  
Desde la boca de entrada de la galería de acceso hasta las inmediaciones de la progresiva 3+000  
Dentro de este bloque se presenta un accidente geológico compuesto por lentes de argilita carbonosa en una zona debajo de la quebrada "Los Burros", además de afloramientos menores de agua.
- Bancos filíticos compuestos por andesitas, dioritas y granitos.  
Desde la progresiva 3+ 000 hasta el frontón actual 3+919  
Desde la boca de salida prog. 19+309 hasta el frontón actual prog. 17+808.

#### 5.1.1 Excavación:

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

- Galería de Acceso:  
Roca IV y III: En grandes bloques de rocas volcánicas (andesitas).  
Roca II y I : Son las rocas argilíticas carbonosas.
- Túnel Trasandino:  
Roca I : No existe  
Roca II (inestable) : 8 % de la longitud excavada con tendencia a decrecer.  
Roca III (Medianamente estable) : 15 % de la longitud excavada con tendencia a decrecer.  
Roca IV (Estable): 77 % de la longitud excavada con tendencia al incremento.

5.1.2. Accidentes geotécnicos

- Pequeños afloramientos de agua inferiores a 20 lts/seg. Con tendencia al decrecimiento.
- Ocurrencia de estallidos de roca "golpes de montaña" debido a la liberación de presiones en la periferia del túnel.
- Gran incremento de la temperatura al interior del túnel, encontrándose las siguiente mediciones:
  - Frontón Oriental (3 +919) 36° C
  - Frontón Occidental (17+808) 28° C

*Jaime Murguía Castro*  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA

5.2. Aspectos constructivos

La ejecución del Túnel Trasandino, salvando los obstáculos de carácter geológico- geotécnico, requiere de la implementación de un frente de operaciones en el frente occidental para el empleo del TBM (Túnel Boring Machine ).

**Frente occidental:**

Con sistemas de avance mecanizado (TBM), necesiándose implementar los equipos e instalaciones necesarias para ejecutar trabajos de Tunelería en las siguientes condiciones de avance:

- Grandes longitudes de la galería
- Rocas poco fracturadas, poco alteradas y de gran dureza.
- Elevadas temperaturas debido al grado geotérmico.
- Probabilidad de conseguir zonas con roca sin cohesión y presencia de agua.
- Probabilidad menor de ocurrencia de "golpes de montaña".

El revestimiento del Túnel, principalmente tiene motivaciones de carácter hidráulico y conseguir la menor perdida posible del agua. Las condiciones estructurales son de poca incidencia debido a limitadas longitudes a cubrir en Rocas de calidad I y II.

5.3 Plan ejecutivo

La perforación, sostenimientos, revestimiento, y consolidación del túnel trasandino, se deberán llevar a cabo por un frente de operaciones, cómo anteriormente se ha planteado, desde la progresiva Km. 3+878 - Km. 17+859.

**Frente occidental**

Avance proyectado: Entre 13,981 á 14,000 metros

*[Handwritten signature]*



Desde la progresiva actual (17+859) contados desde la boca de salida, la excavación se efectuará por sistemas mecanizados con el empleo del Tunnel Boring Machine (TBM), que por las condiciones que presenta el macizo rocoso se podrán conseguir avances superiores a los 400 metros lineales por mes.

En razón de que los parámetros geotécnicos para todo este tramo arrojan condiciones para una calidad de roca signada como "Buena" y "Muy Buena" la incidencia del sostenimiento deberá ser mínima.

Por condiciones de "Presión de roca" por la gran cobertura (altura sobre la cota del túnel), y con el fin de evitar ocurrencias por estallido de roca es necesario efectuar una protección continua en base a una capa de shotcrete.

Debido a las condiciones que impone el grado geo-térmico, dando lugar a elevadas temperaturas superiores a 50°C en el "Frente de Trabajo" será necesario implementar sistemas de ventilación especiales con aire refrigerado.

Tras del "Frente de Avance" se deberá implementar una cuadrilla de trabajo que ejecutará la consolidación del túnel mediante inyecciones de cemento.

#### Equipamiento Básico:

- Línea de alimentación eléctrica 4,5 MW de cap. instalada
- compresores eléctricos 1200 cfm de capacidad instalada
- Equipo de perforación TBM adaptado con sistemas para revestimiento simultáneo. Diámetro final 4.8 ml.
- Back-up compuesto por equipo rodante, sobre rieles locomotoras y carros mineros para una producción horaria de 2.0 ml. de túnel
- Sistema de ventilación forzada al interior del túnel con insuflado de aire refrigerado al "Frente de Avance" con capacidad para 60,000 cfm.
- Unidad de inyección de cemento con capacidad de hasta 25 Kg./cm<sup>2</sup>.

### 5.5 Instrumentación

La instrumentación geotécnica a emplear en las obras de tunelería deberá servir principalmente durante los trabajos de excavación con el fin de monitorear posibles movimientos y deformaciones en la roca circundante a las excavaciones, básicamente, se debe contar con un stock suficiente de los siguientes instrumentos:

- Equipos para mediciones de convergencia.
- Instrumentos para mediciones de deformación en profundidad (Extensómetros, inclinómetros, etc.)
- Instrumentos para mediciones de presión en roca (celdas de carga radial y tangencial).
- Instrumentos para medición del grado geotérmico en profundidad.

### 6. Conducto Lajas

El agua de riego, captada en el embalse Limón y transportada a través del túnel trasandino, llega finalmente al conducto Lajas. Esta estructura, de longitud total de 460 m, que transporta aguas captadas en el embalse Limón, hacia la quebrada Lajas, se ubica aguas abajo de la salida del túnel trasandino. El conducto Lajas termina cerca de 1,5 Km. aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Lajas al río Olmos.

El conducto Lajas ha sido diseñado teniendo en cuenta las condiciones de la operación del Sistema Olmos durante la primera fase de su construcción, pero también ha sido analizada la operación del conducto Lajas durante las futuras fases del desarrollo del Sistema, especialmente en el caso de la construcción de centrales hidroeléctricas, para las cuales el conducto Lajas representara parte del

conmutador No1 y puede servir para transportar aguas mayores a la capacidad instalada de centrales hidroeléctricas o todas las aguas disponibles en el caso de la parada de las unidades de generación.

El conducto Lajas ha sido dimensionado para el caudal de 50 m<sup>3</sup>/s, combinando el caudal máximo del túnel trasandino de 46 m<sup>3</sup>/s y el caudal máximo de la quebrada Lajas (resultado de las precipitaciones en la cuenca de la quebrada) de 4,0 m<sup>3</sup>/s. En el caso de la operación del conducto Lajas con su capacidad máxima, las velocidades dentro de cada conducto serán de cerca de 5m/s.

Los elementos principales del conducto Lajas son:

- Caída y cámara de amortiguador en la salida del túnel trasandino.
- Estructura del conducto que consiste de dos elementos rectangulares 2,50x2,50 m
- Amortiguador del conducto con deflector

*José A. Murquía Castro*  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA

Con el objetivo de realizar las mediciones del caudal captado (según lo establecido en los Términos del referencia del concurso) y también para garantizar las condiciones hidráulicas óptimas para su transporte, la sección final del túnel trasandino (de 20 m de longitud), ha sido modificada, transformando la sección circular del túnel a una sección rectangular (5,0x4,0m). A lo largo de esta sección, como también a lo largo del tramo de 10m de longitud, ubicado aguas abajo de la salida de túnel, se establecen condiciones de flujo uniforme y estable, con pelo libre, indispensables para la medición correcta de los caudales captados.

La medición de caudales captados se realizara a través de dos métodos independientes:

- medición a través de caudalímetro para conducciones cerradas, con dos o cuatro haces de medida ultrasónicos compuestos por electrónica de tratamiento y sondas de medida de velocidad.
- medición a través de mira hidráulica, calibrada según mediciones de relación caudal - nivel.

La parte final de la sección es de 5,0m de ancho con la cota 1072,20 m.s.n.m. del fondo del conducto. Aguas abajo se prevé la construcción de una caída (10,0x5,0m) con la altura de 6,2m y de un amortiguador (10,0x5,4m, cota de fondo 1064,0 m.s.n.m.). La función principal de esta estructura es establecer óptimas condiciones hidráulicas para la captación de agua en el conducto Lajas, para cual representa la estructura de la entrada. El muro izquierdo lateral del amortiguador (cota 1070,20 m.s.n.m.) tiene previsto la construcción de la entrada de aguas provenientes de la quebrada Lajas, resultado de las precipitaciones, calculadas a 4,0 m<sup>3</sup>/s.

El conducto Lajas ha sido diseñado para seguir la pendiente y forma de la quebrada Lajas. La estructura de concreto armado será cimentada sobre material rocoso ubicado en las laderas de la quebrada. Sobre la estructura de concreto armado se colocara relleno, resultado de la excavación del túnel trasandino, hasta la cota 1072,0 m.s.n.m, con una longitud total de cerca de 480 m. Al fin del conducto se construirán dos salidas (diámetro 1,15 m), con válvulas, para controlar la descarga de agua en las dos cámaras del amortiguador del conducto Lajas. El objetivo principal de las válvulas es regular el régimen de flujo para evacuar caudales menores que 12 m<sup>3</sup>/s. Dado que la estructura del conducto, en su parte final, tiene previsto la construcción de un amortiguador de dos cuerpos (cámaras), que se prevé para el caso de caudales menores que 12,0 m<sup>3</sup>/s en que opera solo un conducto y consecuentemente solo un cuerpo del amortiguador para lograr condiciones óptimas para la disipación de energía del flujo.

Teniendo en cuenta que las velocidades en la entrada al amortiguador alcanzan 25 m/s, será necesario construir una estructura especial para control y disipación de energía del flujo. Por esto se ha aplicado el amortiguador con deflector, dimensionado según resultados de modelo hidráulico para estructuras similares.

*[Firma]*

*[Firma]*



Aguas abajo del amortiguador se colocará protección contra la erosión de las laderas de la quebrada, garantizando la seguridad de la operación del mismo amortiguador. Se prevé la colocación de gaviones (colchones) con geotextil, conectados a la estructura del amortiguador.

Jaime M. Marquis Calero  
NOTARIO PUBLICO LIMA

**ME. 05: MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTACION (AUSCULTACION)  
A SER INCORPORADOS EN LA OBRA****1. Suministro de energía**

Para el suministro de energía a los consumidores de la Presa Olmos I fase, están previstos los siguientes sistemas:

- a) Sistema trifásico de corriente alterna 0.4kV, 60 Hz (=1NE)
- b) Sistema de corriente continua 110 V CC (=1NK)

*Jaime C. A. Quiroga Castro*  
NOTARIO P. B. CO. DE L. U. A.

**1.1. Sistema trifásico de corriente alterna**

La configuración del sistema está presentada en el diagrama unifilar. El Equipo principal previsto es:

- a) Grupo electrógeno No1 de 25kVA,
- b) Grupo electrógeno No2 de 50kVA,
- c) Tablero de distribución 0.4kV CA (+1NE).

Siendo que en operación normal va a funcionar solo la compuerta de captación y que las compuertas del aliviadero van a operar ocasionalmente, esta previsto que el sistema se alimente normalmente desde el grupo electrógeno de 25kVA. El grupo mayor (de 50kVA) se va usar en situaciones de funcionamiento de las compuertas de aliviadero o como respaldo para el grupo de 25kVA. La Potencia de los grupos electrógenos es estimada tomando en cuenta el uso de los arrancadores estáticos que permiten el arranque de los motores sin aumento de la corriente de arranque.

**1.2. Sistema de corriente continúa**

Para los requerimientos del suministro de energía a los sistemas de control y alumbrado de emergencia está previsto el sistema de corriente continua 110 V CC. La configuración del sistema está presentada en el diagrama unifilar. El sistema está compuesto de:

- a) Banco de baterías (acumuladores) 110V CC, 240Ah (-G1);
- b) Caja de paso con fusibles (+NL1);
- c) Rectificador - cargador trifásico de batería 3x400V CA/ 110V CC, 60A (-V1);
- d) Tablero de corriente continua 110 V CC (+NK1) para suministrar la energía a los consumidores.

**1.3. Instalaciones eléctricas internas y externas**

Dentro de alcance de suministro están previstas las siguientes instalaciones eléctricas internas y externas:

- a) Sistemas de Alumbrado y Tomacorrientes
- b) Sistema de puesta a tierra
- c) Sistemas de Comunicación interna y externa.

En el marco de los equipos de Comunicación se han considerado los siguientes sistemas:

- a) Sistema de Comunicación interna
- b) Sistema de Comunicación externa

Para la Comunicación interna están previstos sistema de telefonía y sistema de radios de corto alcance

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

El sistema de telefonía incluye una central telefónica digital estándar y número necesario de teléfonos, que permite comunicación por voz en el ámbito de la Presa, así como la inserción en el sistema de telecomunicaciones externa y red pública de telefonía de Telefónica del Perú. La capacidad prevista de la central es de 3 líneas externas y 8 anexos. La central telefónica está alojada en el ambiente al costado de la Sala de Mando. El Sistema de radios de corto alcance incluye la estación base y el número necesario de móviles y handys que permite la comunicación por voz en el ámbito del embalse. La estación base está alojada en la Sala de Control.

Para la Comunicación externa está previsto el uso de sistema de comunicación vía satélite y sistema de radios de largo alcance. Como sistema principal esta previsto el uso de sistema de comunicación vía satélite contratado con uno de los proveedores existentes. Este sistema permite:

- a) comunicación/intercambio de datos con la estación de aforo en el río Huancabamba
- b) comunicación/intercambio de datos con la estación de aforo en el fin de túnel
- c) acceso a internet
- d) acceso a la red pública de telefonía nacional.
- e) comunicación – red de voz y datos con Centro de Control Remoto (futuro)

Como sistema de respaldo este previsto un sistema de radios de largo alcance.

## 2. Sistema de Control

De acuerdo a la práctica moderna, para el proyecto Olmos se preve un sistema integral de información con sus subsistemas. Dentro del alcance de suministro se encuentra el sistema de control SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) de la Presa Olmos y el sistema de monitoreo de la Presa.

El alcance del sistema de control SCADA propuesto incluye siguientes funciones principales:

- a) Recopilación, procesamiento y presentación de datos sobre el sistema.
- b) Control y supervisión de funcionamiento del sistema en el tiempo real.
- c) Comunicación hombre – máquina (MMC).
- d) Comunicación con niveles jerárquicos de control (inferiores y superiores).
- e) Registros cronológicos.
- f) Generación de informes diarios, semanales, mensuales, anuales y otros informes periódicos.
- g) Generación de diagramas en el tiempo.
- h) Presentación estadística.
- i) Monitoreo de seguridad de sistema.
- j) Mantenimiento de Software de Sistema.
- k) Desarrollo de Software.
- l) Entrenamiento del personal y otro

En las futuras fases de desarrollo del Proyecto Olmos se pueden incorporar funciones adicionales basadas en datos complejos y globalizados del sistema de control, así como de sistemas de información hidrometeorológica, geográfica etc., a saber:

- a) Análisis de operación del sistema en tiempo real
- b) Modelación matemática del sistema.
- c) Simulación de diferentes modos de operación del sistema.
- d) Pronóstico de operación del sistema a corto y mediano plazo.
- e) Pronóstico de operación del sistema a largo plazo.
- f) Programación de operación del sistema.
- g) Programación de los trabajos de mantenimiento y otro

En el marco del sistema de control de la presa Olmos están previstos tres niveles jerárquicos:

- a) Nivel de control individual.
- b) Nivel de control de la Presa Olmos.
- c) Nivel de control remoto.

Los dos primeros niveles están localizados en las estructuras de la Presa Olmos y están dentro del alcance de suministro actual, mientras que el tercero estará ubicado en el futuro Centro de Control Remoto del Proyecto Olmos y debe ser materia de un estudio adicional. Equipo y software del sistema de control remoto no forma parte de la oferta del Postor.

De acuerdo al concepto del sistema, está prevista la posibilidad de elegir el lugar, y consecutivamente el nivel de control. No obstante el nivel de control seleccionado, las señales de supervisión se enviarán permanentemente a todos los niveles de control. Funciones básicas son desempeñadas a cada nivel de control como se indica a continuación:

- a) **El nivel de control individual**, es el nivel más bajo en la jerarquía de control y permite operar cada equipo o mecanismo en forma individual. Adicionalmente, este nivel se usa para actividades de pruebas, recepción y mantenimiento.
- b) **El nivel de control de la Presa Olmos**, comprende el equipo del sistema SCADA, ubicado en la Sala de Control de la Presa .

Las funciones del sistema SCADA permitirán:

- a) control y supervisión individual de cada uno de los equipos hidromecánicos de la Presa;
- b) control manual o automático de las compuertas de Toma de Captación;
- c) control manual o automático de las compuertas radiales del Aliviadero;
- d) control manual o automático de las compuertas de Salida de Fondo;
- e) control y supervisión de fuentes y distribución principal del sistema 0.4kV CA
- f) supervisión de fuentes y distribución del sistema 110V CC
- g) control de valores hidromecánicos y eléctricos importantes
- h) supervisión de sistemas auxiliares de la Presa
- i) comunicación con puntos remotos de medición
- j) comunicación hombre - máquina
- k) comunicación con Centro de Control Remoto (en el futuro)

**El nivel de control remoto** del Proyecto Olmos será ubicado en el futuro Centro de control remoto.

Para la comunicación entre la Sala de Mando (control) de la Presa Olmos y el Centro de Control Remoto, (siguiente fase del proyecto), así como con los puntos alejados de medición (en el río Huancabamba y punto de entrega de agua en el fin de túnel), i.e. para la comunicación externa en general está previsto el uso de sistema satelital de comunicación.

Considerando la importancia de la Presa Olmos, el concepto propuesto del sistema de control prevee la presencia permanente del personal en la obra, estipulándose como puesto principal de mando la Sala de Mando (control) de la Presa Olmos.

### 3. Medición de parámetros hidráulicos

En el marco del sistema de medición de parámetros hidráulicos está previsto registrar, procesar y presentar los siguientes valores de medida:

- a) nivel del río Huancabamba, aguas abajo de la represa y aguas arriba de embalse
- b) volumen de agua ingresada en el embalse por unidad de tiempo (hora, día, semana, mes, año,

- acumulado total)
- c) nivel del embalse
  - d) volumen actual de agua en el embalse
  - e) posicion de la compuerta de control de toma de captacion
  - f) descarga/caudal en la toma provisional de captacion
  - g) posicion de la compuerta radial 1 de aliviadero
  - h) descarga/caudal por compuerta radial 1 de aliviadero
  - i) posicion de la compuerta radial 2 de aliviadero
  - j) descarga/caudal por compuerta radial 2 de aliviadero
  - k) posicion de la compuerta radial 3 de aliviadero
  - l) descarga/caudal por compuerta radial 3 de aliviadero
  - m) descarga/caudal total por aliviadero
  - n) posicion de la compuerta de control de salida de fondo
  - o) descarga/caudal por salida de fondo
  - p) caudal biologico
  - q) descarga/caudal total
  - r) caudal de entrega en el fin de tunel trasandino
  - s) volumen de agua entregada en el fin de tunel por unidad de tiempo (hora, dia, semana, mes, año, acumulado total)

*Palma de Marquina Celero*  
ESTUDIO P.O. 0052 DE L.M.A.

Estacion de aforo en el rio Huancabamba (aguas arriba del embalse) sera ubicada fuera del alcance e influencia del embalse. Para su alimentacion esta previsto un sistema solar con características correspondientes. Comunicacion con la Sala de Control de la Represa seria via satellite.

Estacion de aforo/medicion de caudal de entrega sera ubicada en el fin del tunel. Para su alimentacion esta previsto un sistema solar con características correspondientes, como respaldo a la alimentacion de sistema energetico local disponible. Comunicacion con Sala de Control de la Represa seria via satellite.

El sistema se compone de los siguientes componentes básicos:

- a) Módulos entrada/ salida - I/O módulos
- b) Controlador lógico programable - PLC (Programable Logic Controller)
- c) Estaciones de trabajo (Working Stations) del Centro de control
- d) LAN (Local Area Network)
- e) WAN (Wide Area Network), no es materia del presente Estudio (prevista en el futuro).

El equipo principal del sistema SCADA está alojado en la Sala de Mando, donde se encuentra también el panel con PLC, mientras que los módulos entrada/ salida del PLC están ubicados en lugares de captación de datos (Tableros individuales de captación y Aliviadero, Tablero de distribución 0.4kV CA, Tablero de distribución 110V CC.

#### 4. Equipo hidromecánico

El equipo hidromecánico del Proyecto Olmos forma parte de Aliviadero con compuertas, salida de fondo (con túnel de purga), toma de captación, entrada del túnel trasandino y conducto Lajas

El equipo hidromecánico consiste en lo siguiente:

- a) Aliviadero de compuertas
  - Compuertas de control
  - Tableros de cierre
  - Equipo auxiliar

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

- b) Salida de fondo
  - Compuerta de control
  - Compuerta de seguridad
  - Equipo auxiliar
  
- c) Toma de captación
  - Rejilla de entrada
  - Compuerta de control
  - Compuerta de mantenimiento
  - Revestimiento de conducto
  - Equipo para la descarga del caudal biológico
  - Equipo auxiliar
  
- d) Entrada del túnel Trasandino
  - Compuerta de seguridad del túnel
  - Compuerta de mantenimiento
  - Revestimiento de la entrada
  - Equipo auxiliar
  
- e) Conducto Lajas
  - Válvula de control

Jaime A. M. Mujica Calera  
 NOTARIO PÚBLICO DE CALERA

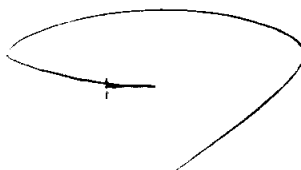
**4.1. Equipo de Aliviadero de compuertas**

**4.1.1. Compuertas de Control de Aliviadero**

Para mantener el nivel del agua en el reservorio y descargar agua hacia los tres pasillos del aliviadero, se instalarán tres compuertas de control tipo radial. Cada compuerta será operada por dos servomotores operados por una unidad oleohidráulica común, utilizado para tres compuertas. El control de cada compuerta se realizará desde el tablero de control y distribución común, ubicado en la Sala de Control.

Los datos técnicos de las compuertas son los siguientes:

- cantidad de compuertas	3
- tipo de compuerta	radial
- ancho libre	7.00 m
- altura de compuerta	12.00 m
- radio de compuerta	15.00 m
- cota de umbral	1,108.70 m
- cota de cojinete	1,115.00 m
- cota normal del agua	1,120.00 m
- cota máxima del agua (extraordinaria)	1,122.50 m
- presión máxima del agua en dintel	14.80 m
- tipo de sellado	jebe/ acero inoxidable
- caudal por una compuerta	580 m3/s
- caudal por tres compuertas	1,740 m3/s
- velocidad de izaje con una bomba en operación	0.25 m/min
- velocidad de izaje con dos bombas de operación	0.50 m/min
- velocidad de bajada con una bomba en operación	0.30 m/min
- velocidad de bajada con dos bombas en operación	0.60 m/min
- mecanismo de izaje	oleohidráulico – eléctrico
- número de servomotores para una compuerta	2
- fuerza del servomotor	50 Mp
- número de bombas oleohidráulicas	2



- capacidad de bomba oleohidráulica 17.4 l/min
- presión de bomba oleohidráulica 130 bar
- velocidad de rotación 1,750 rpm
- potencia de motor de bomba 6.30 kW
- modalidad de control: desde el tablero de control ubicado en la Sala de Control
- cota de sala de control 1,126.0 m

#### 4.1.2. Tablero de Cierre del Aliviadero

Al inicio cada uno de los tres (3) pasillos (vanos) del aliviadero de compuertas aguas arriba de las compuertas de control, se instalarán partes empotradas (umbral, guías laterales y apoyos) para los tableros de cierre. Tres elementos de los tableros de cierre brindarán la protección necesaria para la ejecución de las actividades de inspección y mantenimiento de las compuertas de control. Los tableros de cierre se podrán bajar o izar solamente en la presión de agua equilibrada con grúa móvil. Cuando no está en uso el tablero de cierre se almacenará en el depósito, ubicado cerca del pasillo del aliviadero N°1.

Los datos técnicos de los tableros de cierre son los siguientes:

- cantidad de elementos (tableros) 6
- ancho libre 7.00 m
- altura total de tres elementos (tableros) 12.00 m
- altura de un elemento (tablero) 2.00 m
- cota normal del agua 1,120.00 m
- tipo de estructura soldada
- tipo de sellado jebe / acero inoxidable
- cota del umbral 1,108.40 m
- cota final de las guías laterales 1,126.00 m
- modalidad de operación con la grúa móvil
- almacenamiento en depósito
- dimensiones de depósito 8.50 m x 3.00 m
- carga de rejilla de ranura 3 Mp/m<sup>2</sup>
- carga de tapa metálica de depósito 3 Mp/m<sup>2</sup>

#### 4.1.3. Equipo Auxiliar del Aliviadero

El equipo auxiliar del aliviadero esta conformado por barandas en la cota 1,126.00 m, escaleras para acceso a la compuerta de control y su cojinete, tapas de canaletas de oleohidráulico y cables, etc.

### 4.2. Equipo de Salida de Fondo

#### 4.2.1. Compuerta de Control de Salida de Fondo

En la entrada de la salida de fondo, se instalará una compuerta de control tipo compuerta de ruedas. La compuerta de control se usa para descargar agua y bajar el nivel del agua en el reservorio de la presa Limón. La compuerta de control será operada por un servomotor mandado por un grupo oleohidráulico común, usado también para la compuerta de seguridad de la salida de fondo. El servomotor será ubicado en la cámara de compuertas en la cota 1089.74 m. El control de la operación de la compuerta de control se realizará desde el tablero de control y distribución común para ambos tableros de la salida de fondo, ubicado en la sala de control del aliviadero.

Los datos técnicos de la compuerta de control son los siguientes:

- cantidad 1
- ancho libre 3.70 m

*[Handwritten signature]*



- altura libre	4.70 m
- presión de agua en dintel	80.4 m
- cota del umbral	1,079.54 m
- cota del dintel	1,084.24 m
- cota normal del agua	1,120.00 m
- caudal por tablero	350.00 m <sup>3</sup> /s
- tipo de estructura	soldada
- tipo de sellado	jebe/ acero inoxidable
- tipo de mecanismo	oleohidráulico eléctrico
- número de bombas oleohidráulicas	1 + 1
- capacidad de bomba oleohidráulica	17.0 l/min
- presión de bomba oleohidráulica	130 bar
- velocidad de rotación de bomba	1,750 rpm
- potencia de motor de bomba	6.30 kW
- cantidad de servomotores	1
- fuerza de servomotor	45 Mp
- cota de instalación del servomotor	1,089.74 m
- velocidad de izaje	0.50 m/min
- velocidad de bajada	0.60 m/min
- modalidad de control: desde tablero de control ubicado en la Sala de Control de Aliviadero.	
- cota de sala de control	1,127.0 m

*Jaime A. M. Castro*  
NOTARIO

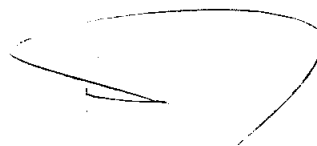
**4.2.2. Compuerta de Seguridad de Salida de Fondo**

En la entrada de la salida de fondo, aguas arriba de la compuerta de control se instalará una compuerta de seguridad de la salida de fondo tipo compuerta de ruedas. La compuerta de seguridad sirve para frenar el flujo de agua en la salida de fondo en caso cuando ocurra una falla de operación de la compuerta de control y también para la inspección y mantenimiento de la compuerta de control.

Datos técnicos de la compuerta de seguridad son los siguientes:

- cantidad	1
- ancho libre	3.70 m
- altura libre	4.70 m
- presión de agua en dintel	80.4 m
- cota del umbral	1,079.54 m
- cota del dintel	1,084.24 m
- cota normal del agua	1,120.00 m
- caudal por tablero	350.00 m <sup>3</sup> /s
- tipo de estructura	soldada
- tipo de sellado	jebe/ acero inoxidable
- tipo de mecanismo: oleohidráulico eléctrico común para tablero de control y tablero de seguridad	
- cantidad de servomotores	1
- fuerza de servomotor	45 Mp
- cota de instalación del servomotor	1,089.74 m
- velocidad de izaje	0.50 m/min
- velocidad de bajada	0.60 m/min
- modalidad de control: desde tablero de control ubicado en la Sala de Control de Aliviadero.	
- cota de sala de control	1,126.0 m

*MJM*



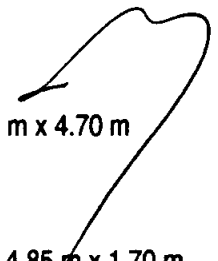


**4.2.3. Revestimiento de la Salida de Fondo**

La Salida de fondo se debe reforzar con revestimiento, que será empotrado en concreto. Aguas arriba de las compuertas en la parte cónica de la transición de una longitud de 6.0 m, que se continua con el revestimiento de ambas compuertas es cuadrado con longitud de 8.4 m. Aguas abajo de las compuertas parte de la transición, con longitud de aprox. 36.0 m se empalmará con el túnel de desvío.

Datos técnicos del revestimiento son los siguientes:

- longitud de parte aguas arriba de las compuertas 6.0 m
- dimensiones de parte aguas arriba de compuertas 7.0 m x 6.00 m/ 3.70 m x 4.70 m
- longitud de las partes de ambas compuertas 8.40 m
- dimensiones de partes de ambas compuertas 3.70 m x 4.70 m
- longitud de partes aguas abajo de compuertas aprox. 36.0 m
- dimensiones de partes aguas abajo de compuertas 3.70 m x 4.70 m/ 2 x 4.85 m x 1.70 m
- espesor mínimo de revestimiento 10 mm
- presión interna de agua 80.4 m
- presión de inyección 3 bar



**4.2.4. Equipo Auxiliar de Salida de Fondo**

El equipo auxiliar de la Salida de fondo está conformado por dos grúas monorriel para el montaje y mantenimiento de las compuertas, tapa metálica del pozo de acceso, escaleras y plataformas metálicas en el pozo de acceso desde la cota 1,126.0 hasta la cámara de tableros en la cota 1,089.74 m, tapas de canaletas de tubos oleohidraulicos y cables.

Datos técnicos del equipo auxiliar son los siguientes:

- cantidad de grúa monorriel 2
- capacidad de grúa monorriel 5 tn
- longitud del riel de la grúa 25.5 m
- dimensiones de tapa metálica del pozo de acceso 5.0 m x 5.0 m
- carga de tapa metálica del pozo de acceso 0.5 Mp/m2

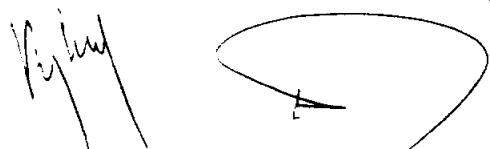
**4. 3. Equipo del Toma y Conducto de Captación**

**4.3.1. Rejilla de Entrada**

Para proteger el ingreso al Conducto de Captación de los objetos sólidos y flotantes, llevados por el flujo de agua, se ha previsto una rejilla de acero. Esta rejilla contendrá las siguientes partes: seis paneles y partes empotradas (umbral y dintel).

Datos técnicos de las rejillas son los siguientes:

- número de rejillas 1
- número de paneles 6
- ancho libre 7.20 m
- altura libre 5.60 m
- dimensiones de barrotes 200 mm x 20 mm
- distancia libre entre los barrotes 200 mm
- inclinación 70º
- cota del umbral 1,098.00 m
- cota del dintel 1,103.43 m



- nivel normal de agua	1,120.00 m
- presión diferencial en la rejilla	8.0 m
- caudal regular	25.00 m <sup>3</sup> /s
- caudal máximo	46.00 m <sup>3</sup> /s

#### 4.3.2. Compuerta de Control del Conducto de Captación

En la torre de captación ubicada aguas abajo de la rejilla, se instalará una compuerta de control tipo compuerta de ruedas. La compuerta regulará el caudal del agua en el rango de 0 a 46 m<sup>3</sup>/s. La compuerta de control será operada por un servomotor mandado por un grupo oleohidráulico común, usado también para la compuerta de mantenimiento del conducto de captación.

El servomotor será ubicado en la plataforma de la torre de captación en la cota 1,123.60 m. El grupo oleohidráulico, que contiene un tanque, dos bombas eléctricas, bomba manual, válvulas de distribución, válvulas de seguridad, válvulas check, válvulas manuales, filtros e instrumentos, serán ubicados en la sala de control.

El control de la operación de la compuerta de control se realizará desde el tablero de control ubicado también en la sala de control. El tablero de control incluye instrumentos, botones, interruptores, indicadores, lámparas de señalización, etc.

Datos técnicos de la compuerta de control son los siguientes:

- cantidad	1
- ancho libre	2.40 m
- altura libre	3.00 m
- cota del umbral	1,098.00 m
- cota del dintel	1,101.10 m
- cota normal del agua	1,120.00 m
- rango del caudal del agua	0 a 46 m <sup>3</sup> /s
- tipo de estructura	soldada
- tipo de sellado	jebe/ acero inoxidable
- tipo de mecanismo	oleohidráulico eléctrico
- número de bombas oleohidráulicas	1 + 1
- capacidad de bomba oleohidráulica	12.50 l/min
- presión de bomba oleohidráulica	130 bar
- potencia de motor de la bomba	5.50 kW
- cantidad de servomotores	1
- fuerza de servomotor	30 Mp
- cota de instalación del servomotor	1,123.60 m
- cota de la plataforma de mantenimiento	1,119.30 m
- velocidad de izaje	0.50 m/min
- velocidad de bajada	0.60 m/min
- modalidad de control: desde tablero de control ubicado en Sala de Control.	

#### 4.3.3. Compuerta de Mantenimiento del Conducto de Captación

En la torre de captación, aguas arriba de la compuerta de control, se instalará una compuerta de mantenimiento tipo compuerta de ruedas. La compuerta de mantenimiento sirve para inspección y mantenimiento de la compuerta de control y torre de captación. La compuerta de mantenimiento será operada por un servomotor mandado por un grupo oleohidráulico común, utilizado también para la compuerta de control. El servomotor será ubicado en la plataforma de la torre de captación en la cota 1,123.60 m. El control de operación de la compuerta de mantenimiento se realizará desde el tablero de control común, usado también para la compuerta de control

Datos técnicos de la compuerta de mantenimiento son los siguientes:

- cantidad	1
- ancho libre	2.40 m
- altura libre	3.00 m
- cota del umbral	1,098.0 m
- cota del dintel	1,101.1 m
- cota normal del agua	1,120.0 m
- rango del caudal del agua	0 a 46 m <sup>3</sup> /s
- tipo de estructura	soldada
- tipo de sellado	jebe/ acero inoxidable
- tipo de mecanismo	oleohidráulico eléctrico
- número de bombas oleohidráulicas	1 + 1
- capacidad de bomba oleohidráulica	21.5 l/min
- presión de bomba oleohidráulica	130 bar
- potencia de motor de la bomba	5.50 kW
- cantidad de servomotores	1
- fuerza de servomotor	30 Mp
- cota de instalación del servomotor	1,123.60 m
- velocidad de izaje	0.50 m/min
- velocidad de bajada	0.60 m/min
- modalidad de control	: desde tablero de control ubicado en Sala de Control.

*Ing. A. Murguía Cárdenas*  
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS DE TRASFASE DEL PROYECTO OLMOS

**4.3.4. Revestimiento del Conducto de Captación**

El conducto de captación se debe reforzar con revestimiento de acero, que será empotrado en concreto. Parte del revestimiento de ambas compuertas es cuadrado con una longitud de 8.40 m. Aguas abajo del revestimiento se continúa con parte de la transición de longitud de 6.00 m y terminará con parte cilíndrica, longitud de 350.00 m, se empalmará con la galería de acceso existente.

Datos técnicos del revestimiento son los siguientes:

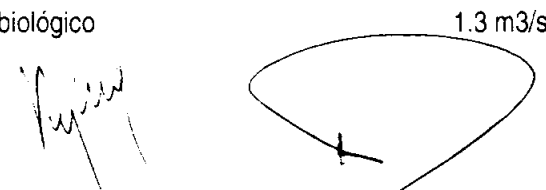
- longitud de parte de ambas compuertas	8.40 m
- dimensiones de parte de ambas compuertas	2.40 m x 3.00 m
- longitud de parte de la transición	6.00 m
- dimensiones de parte de la transición	2.40 m x 3.00 m/ diam. 3.00 m
- longitud de parte cilíndrica	308.50 m
- diámetro de parte cilíndrica	3.00 m
- espesor mínimo de revestimiento	10.00 mm
- presión interna de agua	35.0 m
- presión de inyección	3.0 bar

**4.3.5. Equipo para Descarga de Caudal Biológico**

Cerca de la terminación del Conducto de Captación esta previsto un tubo de acero, con sus válvulas, para descargar el caudal biológico aguas debajo de la presa Limón. El tubo es empotrado en el concreto de longitud aprox. 7.0 m. El caudal biológico se regula por la válvula de dispersión manual, instalada en el fin del tubo en la cámara del amortiguador. Para la inspección y mantenimiento de la válvula de dispersión aguas arriba se instalará una válvula compuerta, manual, instalada en su pozo.

Datos técnicos del equipo para descarga del caudal biológico son:

- flujo del caudal biológico	1.3 m <sup>3</sup> /s
------------------------------	-----------------------



- longitud del tubo de acero	aprox. 7.0 m
- diámetro del tubo	650 mm
- tipo de válvula de control	válvula de dispersión
- mecanismo de válvula de control	manual
- diámetro de válvula de control	400 mm
- presión nominal de válvula de control	4 bar
- tipo de válvula de mantenimiento	válvula compuerta
- mecanismo de válvula de mantenimiento	manual
- diámetro de válvula de mantenimiento	650 mm
- presión nominal de válvula de mantenimiento	4 bar

#### 4.3.6. Equipo Auxiliar del Conducto de Captación

El equipo auxiliar del Conducto de Captación esta conformado por escaleras y plataformas en la torre de captación desde la cota 1,123.0 m hasta 1,105.0 m. ; rejillas de ranuras de plataforma de operación en la cota 1,123.0 m y plataforma de mantenimiento en la cota 1,119.0 m.; soportes de servomotores, vástagos de compuertas, grúa monorriel para manipulación de vástagos de compuertas, tapas de canaletas de tubos oleohidraulicos y cables y puerta hermética para acceso en galería de acceso existente.

Datos técnicos de equipo auxiliar son las siguientes:

- cargo de rejillas de ranuras	0.5 Mp/m <sup>2</sup>
- dimensiones de ojos de rejillas	40 mm x 40 m
- capacidad de grúa monorriel	2.0 tn
- dimensiones de puerta hermética	2.40 m x 2.20 m
- presión nominal de puerta hermética	4 bar

Adicionalmente con el equipo se suministrará repuestos para 3 (tres) años de operación y herramientas especiales de acuerdo a experiencia del fabricante del equipo.

#### 4.4. Equipo de conducto Lajas

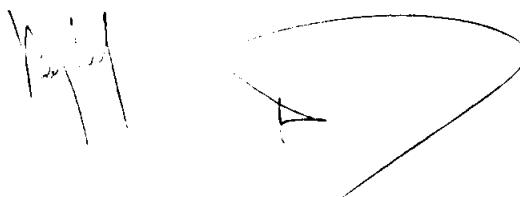
En la salida del conducto Lajas se instalará una válvula de control manual. Esta válvula se usa para regular el régimen de flujo para evacuar caudales menores de 12 m<sup>3</sup>/s. Dado que estructura de conducto, en su parte final aguas abajo, tiene previsto la construcción del amortiguador de dos cuerpos, se prevé que en el caso de caudales menores que 12 m<sup>3</sup>/s opera solo un conducto y consecuentemente solo un cuerpo del amortiguador para lograr condiciones optimas para la disipación de energía de flujo.

- caudal (capacidad de un conducto)	0-25.0 m <sup>3</sup> /s
- longitud de tubo	4.0 m
- diámetro de tubo	1150 mm
- tipo de válvula de control	válvula compuerta
- mecanismo de válvula compuerta	manual
- diámetro de válvula	1150 mm
- presión nominal de válvula	4 bar

#### 5. Dispositivos de Instrumentación ( Auscultación )

Se prevén los siguientes tipos de instrumentación para auscultar la presa terraplenada:

- a) dispositivos para medir asentamientos en la cimentación de la presa ( 3 localizadas en la zona de aluvión ), de 3 x 40 m = 120 m;



- b) dispositivos para medir asentamientos y desplazamientos horizontales en el cuerpo de la presa; se instalan a continuación de los instrumentos a), de modo simultáneo al terraplenado de la presa; longitud  $3 \times 43 \text{ m} = 129 \text{ m}$ ;
- c) puntos de referencia superficiales, para medir desplazamientos horizontales y asentamientos ( 32 unidades ) y puntos de referencia inamovibles, fijos;
- d) instrumentos para monitoreo de aguas filtrantes y subterráneas - piezómetros tipo Casagrande ( 30 unidades, en una longitud total de 900 m );
- e) dispositivos para medir cantidades de aguas de filtración a través del cuerpo de la presa: 2 vertederos de Tompson, que se ubicarán y construirán luego del llenado del embalse;
- f) instrumentos para auscultación sísmica:
- dispositivos que registran movimientos de gran intensidad (energía), "strong motion", 5 unidades de acelerógrafos SM (acelerómetros Telemac AC-23 o Kinematics USA SMA-SSA-1);
  - dispositivos que registran sacudidas de poca intensidad, es decir, sismicidad inducida de la zona propiamente dicha, como consecuencia de formación del embalse; 4 unidades, instaladas 2 años antes del llenado de embalse, como mínimo (Telemac CER-ICB B94 o Kinematics IS-1);

*Revisado*

*[Handwritten signature]*

## ME.06: PRUEBAS TECNOLÓGICAS

En continuación se presentan detalles de las pruebas tecnológicas de equipo (mecánico y eléctrico) del proyecto, dividido para la fase de pruebas de fábrica y pruebas en el sitio de montaje. Para todas las obras civiles, los detalles de las pruebas de control de campo que se realizarán durante el periodo de construcción, se presentan como parte de las especificaciones técnicas para cada tipo de obras y actividades de construcción.

### 1. Pruebas en fábrica

Para todo el material que se utilice para la fabricación del equipo se presentarán certificados con resultados de pruebas mecánicas y análisis químicos. Para el equipo construido, las dimensiones de las partes principales del equipo y espesor de la pintura anticorrosiva se medirán y controlarán en fábrica y los resultados se indicarán en los respectivos certificados de fabricación. Todos los resultados obtenidos serán comparados con reglas y procedimientos de control del proveedor seleccionado y con las especificaciones técnicas de materiales y procesos de fabricación establecidos en las especificaciones técnicas.

Dichos certificados serán presentados antes del envío del equipo hacia la obra, para ser revisados y aprobados por parte de la Supervisión.

En el caso específico de las bombas de aceite, servomotores hidráulicos, tuberías y sus accesorios se probarán en fábrica con presión de 150% de la presión normal.

### 2. Pruebas en el sitio de montaje

Pruebas en el sitio de montaje se realizarán en tres fases, pruebas preliminares, pruebas finales y periodo de operación experimental.

Durante el montaje y lo más pronto posible después de la instalación, todo el equipo se probará para confirmar si el montaje ejecutado es correcto y si se puede iniciar con las pruebas preliminares.

Las pruebas preliminares se ejecutarán para verificar el funcionamiento del equipo y demostrar que todo el equipo puede emprender las pruebas finales de la próxima etapa. Las pruebas preliminares incluyen la inspección visual, examen de soldadura, pruebas de presión y pruebas de funcionamiento del equipo en seco (sin agua).

Después de las pruebas preliminares se ejecutarán las pruebas finales para verificar el funcionamiento seguro del equipo y confirmar la operación prevista cumpliendo con parámetros técnicos garantizados. Estas pruebas se realizarán bajo condiciones similares a las condiciones normales de operación, que incluye presión de agua, esfuerzos de otras estructuras, maniobras de operación normal y extraordinaria y otro. Si la operación y funcionamiento de una parte del equipo resulta no conforme con las especificaciones técnicas, las pruebas finales relativas a dicho equipo serán repetidas hasta que se logre cumplir con los objetivos establecidos.

Después de efectuadas las pruebas finales se iniciará el Periodo de Operación Experimental. Durante el periodo de la operación experimental se realizarán todos trabajos y maniobras previstas para la operación normal para verificar la operación del equipo durante un periodo suficientemente largo para detectar problemas eventuales que podrían influir en la seguridad y calidad de la operación del equipo del proyecto. Al mismo, se ejecutarán pruebas finales y preliminares que eventualmente no se pudieron realizar durante las pruebas preliminares y finales por motivo de falta de presión o nivel de agua necesario (por ejemplo, bajo nivel de agua en el embalse).

Después del término del periodo de operación experimental, con resultados satisfactorios, se expedirá el Certificado de recepción que determinara el inicio del periodo de notificación de defectos del equipo (periodo de garantía). En el caso, se detecten algunos problemas durante el periodo de la operación experimental, se realizaran reparaciones y mejoramientos necesarios hasta lograr que todo el equipo funcione de manera prevista durante todo el periodo de la operación experimental.



Jimie St. Marguila Castro  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA

## ME.07: VERSION PRELIMINAR DE MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. OBJETIVO DEL MANUAL

La idea básica de este Manual es definir las reglas preliminares de la operación y mantenimiento del Proyecto Olmos con el objetivo de garantizar el uso efectivo del recurso hídrico y establecer procedimientos y reglas que garanticen el cumplimiento de las metas establecidas. Reglas definitivas de la operación y mantenimiento serán definidas durante la fase de la elaboración del Diseño Definitivo. Sin embargo, es importante destacar que el uso óptimo del Manual solo se puede obtener ajustándolo regularmente a la experiencia real de la operación del Proyecto Olmos, que se obtendrá durante su explotación. En este sentido, se prevén actualizaciones del Manual, según resultados, problemas y experiencia obtenida, siendo obligatorio analizar su aplicación y realizar ajustes necesarios por lo menos cada cinco años.

El documento presentado, explica con suficiente detalle, el planteamiento y programa del Concesionario para la futura explotación del Sistema de Trasvase de Agua.

La operación óptima del Sistema Olmos depende directamente del manejo correspondiente del reservorio Limón en función de los aportes disponibles del río Huancabamba y la demanda real de todos los usuarios. El manejo óptimo depende de análisis y conocimiento de tres factores principales:

- a) Aportes naturales del río Huancabamba,
- b) Demanda real de usuarios
- c) Posibilidades de regulación de aguas naturales en el reservorio Limón.

En este sentido se ha elaborado la versión preliminar del Manual con el objetivo de analizar tres parámetros arriba indicados y definir:

- a) Manejo óptimo del reservorio Limón
- b) Manejo de elementos principales de la represa Limón y del túnel Trasandino en el caso de la operación normal y operación de emergencia
- c) Reglas de medición y registro de los datos medidos, incluyendo sistema de información y sistema de alarma

#### 1.2. REPRESA Y EMBALSE LIMON

##### a) Presa y obras conexas

Tipo	Relleno con pantalla de concreto
Longitud en su coronación	320,0 m
Altura máxima	43,0m
Ancho de la cresta	10,0m
Ancho máximo en la base	215,0 m
Nivel de coronación	1123,00m
Nivel máximo de agua	1122,50 m
Nivel normal	1120,00 m
Nivel mínimo	1105,00 m
Volumen muerto	14 MMC
Volumen útil	30 MMC
Área de espejo de agua máxima normal	2,5 Km2



**b) Cortina impermeable de concreto**

Tipo	De concreto
Máxima profundidad prevista	35,0 m
Longitud	245,0 m
Espesor	0,60 m

**c) Aliviadero de compuertas**

Tipo	Compuertas radiales y dissipador de energía por salto en esquí
Longitud de cresta	21,0 m
Tres compuertas radiales	12x7 m cada una
Capacidad de descarga (103,00)	1,740 m <sup>3</sup> /s

**d) Toma Provisional**

Longitud de conducto	335,0 m
Diámetro de conducto	3,0 m
Capacidad de descarga a nivel normal	46 m <sup>3</sup> /s
Capacidad de descarga a nivel mínimo	37 m <sup>3</sup> /s

**e) Salida de fondo con purga**

Tipo	Concreto armado con blindaje
Longitud de conducto	61,0 m
Dimensiones de conducto	3,70 x 4,70 m
Controles	Compuertas de ruedas
Salidas	máximo 350,00 m <sup>3</sup> /s

**2. RESERVORIO LIMON**

**2.1. TAREA DE LA OPERACIÓN**

El presente manual reglamenta los trabajos necesarios y su modalidad con el fin de conseguir, en condiciones normales, un máximo de eficiencia y garantía en la seguridad de la explotación del sistema, de conformidad con los aflujos, la capacidad física del embalse y de las demás obras y los requerimientos reales de los usuarios actuales de agua (agricultura, caudal biológico), como también usuarios futuros (agua potable, uso industrial, producción de energía eléctrica y otros).

Para cada año de la operación futura del embalse Limón se debe elaborar un Balance Hídrico, analizando la disponibilidad del recurso hídrico del río Huancabamba para este año específico, condiciones de la operación del embalse Limón (proceso de sedimentación por ejemplo) y demandas reales para todos los usuarios para este año.

En este documento se debe respetar que la operación del embalse Limón está basada en los siguientes principios:

- a) La prioridad principal del embalse es descargar cada mes el caudal que corresponde a la demanda de irrigación establecida como demanda correspondiente para este mes (ver capítulo ME.02.01.04). El Valor real de la demanda mensual, respetando los límites establecidos en el capítulo mencionado, debe ser oficialmente enviada al Concesionario por parte de la autoridad

de agua. En caso se requiera un caudal mayor de los límites establecidos en la oferta del Postor, dicho pedido también debe ser enviado por parte de la autoridad respectiva de agua, que será atendido solo en el caso que existan excedentes de agua en el sistema. Al mismo tiempo, la autoridad de agua debe asumir toda la responsabilidad de transporte y suministro de agua, aguas abajo de la salida del conducto Lajas.

- b) Desde el embalse de Limón se descargan las demandas propuestas por el Postor en esta oferta si el nivel del embalse es entre las cotas 1105 y 1120.
- c) En el caso que el embalse llegue al nivel 1105 y los aportes del río Huancabamba sean menores que la demanda de este mes, se derivaran hacia las zonas de riego todos los aportes del río, con la reducción correspondiente de la demanda. Durante la elaboración final del Manual de operación y su aplicación en el campo se debe analizar la posibilidad de usar parte del volumen muerto en este caso, dado que se trata de casos muy aislados con poca probabilidad de ocurrencia.
- d) En el caso que se llegue al nivel normal y los aportes sobrepasen la demanda de irrigación para este mes, se aumenta el caudal que se transporta a través del túnel trasandino hasta llegar a la capacidad máxima del túnel (46 m<sup>3</sup>/s) o hasta los caudales máximos que el sistema de riego y otros usuarios pueden usar, para evitar que se transportan caudales mayores a la capacidad y necesidad del sistema de riego. De cualquier manera, queda la responsabilidad total de las autoridades de agua para el transporte y suministro de toda el agua suministrada entre la salida del conducto Lajas y los sistemas de riego.
- e) Una vez cuando el túnel trasandino opera con su capacidad máxima o se descarga el caudal máximo que el sistema de riego y otros usuarios pueden recibir y el nivel del embalse tiene tendencia de crecer el sobre nivel normal, se abre la purga hidráulica del embalse, cuya capacidad podría aumentar hasta 350 m<sup>3</sup>/s, en función de los aportes del río Huancabamba. Vale la pena indicar que se debe hacer la optimización del uso de agua una vez se haya cumplido con la demanda mensual de los usuarios, comparando los beneficios de aumentar los caudales que se derivan hacia los usuarios o empezar más temprano con la operación de la purga.
- g) En el caso que la purga opere con su capacidad máxima y el nivel del embalse tiene tendencia de crecimiento sobre el nivel normal se abren las compuertas del vertedero principal y se transportan los caudales de avenidas hasta la capacidad máxima de 1740 m<sup>3</sup>/s. En el caso que durante este proceso se detecta la bajada del nivel del embalse (por debajo del nivel normal) se reduce la capacidad de vertedero (hasta cerrarlo), después se reduce la capacidad de la purga (hasta cerrarlo) y finalmente se ajusta la descarga a través del túnel trasandino hasta las demandas específicas de este mes, siempre operando el embalse con su nivel normal.
- h) En general esta previsto que embalse Limón opere con el nivel normal estable y continuo durante el año, pero durante la elaboración de la versión final del Manual se debe analizar la posibilidad de usar parte del volumen entre las cotas 1120 y 1122,5 para regulación de aportes del río Huancabamba, especialmente fuera del periodo de avenidas.

## 2.2. TIPOS DE TRABAJO Y DATOS NECESARIOS

### 2.2.1. Mediciones en las obras

Las mediciones en las obras deben realizarse de tal manera que se obtengan todos los datos necesarios para la operación de todos los elementos claves del Sistema. Todas las mediciones deben ser organizadas aplicando un sistema moderno de medición, transferencia, almacenamiento y control de los datos, que permita la medición segura y confiable, acceso permanente, en el tiempo real, de todo el personal autorizado para datos medidos, análisis de los datos medidos y toma de las decisiones sobre el manejo y la operación del sistema en base de los datos medidos.

#### a) Registro del nivel en el embalse:

- Medición del nivel de agua en el embalse, junto a la Presa.
- Medición del nivel de agua en la cola del embalse

## b) Registro de las cantidades de agua descargadas:

- Aliviadero de Compuertas.
- Toma Provisional
- Salida de fondo con purga
- Caudal biológico

Todos los datos anteriormente mencionados se registran en el Diario de Operación. Sobre la base de estos datos, se preparan los informes mensuales sobre el estado del embalse.

## 2.2.2. Datos necesarios

Para que los datos registrados, correspondientes al nivel de agua en el embalse, tirantes, aberturas, etc., puedan utilizarse para la operación, el servicio competente debe disponer de los índices hidráulicos necesarios, es decir, de las curvas de gasto, áreas y volúmenes para cada estructura en particular. Dado que las curvas de gasto dependen de varios parámetros variables durante el tiempo, deben ser actualizadas regularmente y por lo menos una vez cada tres años, a través de las mediciones de campo. La curva de volúmenes vs. alturas de embalse debe ser actualizadas cada tres años, aplicando trabajos de batimetría y levantamiento topográfico.

## a) Volumen del embalse

La curva de Volúmenes vs. Alturas debe presentarse en la versión final del Manual, sobre la base de la información topográfica disponible, antes de la construcción de embalse y represa. Cada tres años deben realizarse trabajos de batimetría y topografía de campo para definir el volumen real del embalse y controlar el proceso de sedimentación. Para este fin a lo largo del embalse se debe establecer un sistema de secciones permanentes que se controlaran regularmente.

## b) Curvas de gasto en el Aliviadero de Compuertas

Inicialmente se utilizarán las curvas determinadas durante la fase de la elaboración del Diseño Final sobre la base de los datos de proveedores seleccionados. Estas curvas deben abarcar la relación entre las cotas de embalse, los grados de abertura de las compuertas y descarga. También se debe definir el procedimiento de la operación unitaria y conjunta de las compuertas, determinando el procedimiento de su abertura y curva acumulativa de gasto.

## c) Curva de gasto de la salida de purga y de la toma

Inicialmente se debe usar curva obtenida como resultado de cálculos matemáticos. Durante la fase de la explotación se utilizará la curva obtenida mediante aforos de la descarga, estableciendo la relación entre el nivel de agua en el embalse, abertura de compuerta y caudal.

La cantidad de agua suministrada al túnel trasandino, se controlará mediante un sistema de medición en la salida del mismo túnel. Se verificará cada año el sistema de medición para confirmar que los datos medidos corresponden a caudales realmente entregados

## 2.3. MODALIDAD Y FRECUENCIA DE LOS TRABAJOS

## 2.3.1. Operación Normal

Como operación normal se entiende el estado en que la operación completa está orientada únicamente a cumplir los requerimientos de los usuarios del agua. Tal estado se presenta durante la época seca y

durante aquella parte del período de lluvias en que el nivel de agua en el embalse está por debajo del nivel normal del embalse de Limón, es decir, cuando todos los excedentes son almacenados.

### 2.3.1.1 Determinación del estado del embalse

#### a) Registro del nivel en el embalse

El registro del nivel en el embalse se puede efectuar en cualquier momento en el tablero principal de instrumentos ubicado en Sala de Mando. Durante la situación normal (ver 1.2.3.1.), las lecturas se anotan cada hora. En los demás casos la lectura se efectuará de acuerdo a las necesidades.

En caso de falla del instrumento de medición, las lecturas se harán, con la misma frecuencia, ya sea por medio de la mira ubicada al costado de la Casa de Mando.

En base a la información obtenida de esta manera, será posible estimar los aportes promedios correspondientes al intervalo de tiempo comprendido en cada cambio de nivel de 5 cm.

#### b) Registro del nivel en la cola del embalse

En la cola del embalse se hace el registro automático del nivel del agua mediante el limnógrafo instalado para tal fin. Una vez por cada año debe hacerse el chequeo del perfil en que está colocado el limnógrafo.

### 2.3.1.2. Distribución de las cantidades de agua requeridas

#### a) Toma del túnel trasandino

A través de la toma del túnel trasandino se descargan los caudales requeridos para los usuarios según el programa de riego.

Conociendo el estado momentáneo del embalse, se determina la abertura de la compuerta de la toma. El modo de abrir la compuerta y determinar la abertura deseada, así como todo lo relacionado con el resto del equipamiento, será indicado en el Manual final correspondiente a la operación del Equipo Hidromecánico. La maniobra de la compuerta, es decir, la modificación de la abertura debe efectuarse en los casos siguientes:

- cambio de la descarga requerida por los usuarios
- cambio del nivel en el embalse por más de 25 centímetros.

En el diario que será elaborado en la Caseta de Control se anotarán los datos correspondientes a la operación de la compuerta.

#### b) Bocatoma para purga

A través de esta bocatoma, se descargan los caudales para el control del proceso de sedimentación del embalse y para la limpieza hidráulica del mismo. La capacidad de la purga es de 350 m<sup>3</sup>/s.

Para la operación de la purga como también para la operación de la toma del túnel trasandino se prevé personal permanente que trabaja durante las 24 horas al día para satisfacer los requerimientos arriba indicados.

La operación de purga depende de las condiciones establecidas en 1.2.1. Conociendo las cantidades de agua que se deben derivar hacia la purga y usando la curva de gasto se establece la abertura de la compuerta que permite la descarga del caudal correspondiente. Durante la operación de la purga se recomienda que el nivel de embalse sea estable, cerca del nivel normal. Al establecer el régimen de

descarga deseado, la modificación del grado de abertura de la compuerta debe efectuarse únicamente en el caso del cambio del nivel en el embalse, mayor de 25 centímetros.

En el diario de trabajo, en la Caseta de Mando, deben registrarse todas las modificaciones en el régimen de descargas de agua (tiempo, cota del nivel, grado de la abertura de las compuertas).

### 2. 3.2 Operación de emergencia –Defensa contra las inundaciones

Por la operación de emergencia se entiende el estado que puede aparecer al final o durante el período de lluvias (Enero - Mayo) cuando el embalse está lleno hasta el cota de operación normal y cuando, aparte del abastecimiento de agua a todos los usuarios, la Unidad de Operación debe mantener el nivel deseado, controlando las descargas de agua desde el embalse.

#### 2. 3.2.1 Determinación del estado del embalse y del aflujo

##### a) Registro del nivel en la Represa y cómputo del aflujo

Durante la época de avenidas el registro del nivel del embalse y el cómputo del aflujo se hará cada media hora. Las lecturas serán efectuadas mediante el dispositivo instalado en el estribo de la represa que permite mediciones con 1 cm. de precisión.

Por comparación de la elevación o descenso del nivel con respecto a la medición anterior, se determina el aflujo natural empleando la relación siguiente:

El valor real del caudal que entra en el embalse se determinara usando datos de balance entre cambios del volumen de embalse y suministros de agua y serán calibrados con los datos de mediciones de aportes en la cola del embalse.

##### a) Registro del nivel en la cola del embalse

En los casos excepcionales (niveles altos del reservorio durante la época de avenidas) debe establecerse el servicio de guardia en la cola del embalse que se comunicará por radio con el mando en la represa.

Las obligaciones de este servicio consisten en informar cada hora sobre el momentáneo nivel de agua en el río y especialmente sobre el paso del máximo caudal instantáneo. De este modo, el personal competente en la represa conoce por lo menos 0.5 horas antes, el régimen del aflujo, y consecuentemente las medidas y el estado que puede esperarse en la Represa. La decisión sobre el establecimiento de la guardia en este punto de control debe tomarla el jefe de la operación y mantenimiento de la represa cuando se haya registrado por primera vez una ola de intensidad mayor a 600 m<sup>3</sup>/s (probabilidad mayor de una vez en 100 años).

La decisión sobre el retiro del equipo, igualmente la tomará la misma persona, conforme con la situación momentánea.

#### 2. 3.2.2 Operación durante las Avenidas

Durante la operación de emergencia, los caudales de avenidas serán descargados:

- controladamente a través del Aliviadero de Compuertas
- controladamente a través de la purga (caudales hasta 350 m<sup>3</sup>/s)

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

## a) Aliviadero de Compuertas

El control de las avenidas a través del Aliviadero de Compuertas se efectúa mediante la abertura controlada de las mismas. Durante la ocurrencia de avenidas, estará presente el jefe de la operación y mantenimiento, quién efectuará los cómputos necesarios, emitirá las órdenes e inspeccionará personalmente el proceso de descarga de agua y el nivel del embalse. Además, estará en contacto con los organismos que deberán tomar las medidas de defensa contra las inundaciones en el valle del Huancabamba.

Quando el aflujo natural ha sido determinado, debe proseguirse con la maniobra de las compuertas para dar paso a la descarga necesaria según la regla de operación. Para esto se utilizará la curva de gasto del Aliviadero determinada según cálculos o mediciones del campo.

La manera de manipular las compuertas (procedimientos para su abertura / cierre, velocidad de la manipulación, modo de determinar la las alturas de abertura / cierre), será presentada en el Manual de Equipos Hidromecánico. Todas las descargas menores se harán a través de la compuerta intermedia. Las descargas mayores serán hechas mediante la abertura simultánea de las tres compuertas.

Al inicio del período de lluvias es indispensable asegurar que las compuertas estén en óptimas condiciones de operatividad. Si durante un tiempo determinado del período de avenidas, una de las compuertas se halla fuera de operación, la descarga será efectuada a través de las dos compuertas restantes y se determinará el grado de abertura de cada compuerta mediante la inspección personal del estado de la descarga y las condiciones del flujo en el colchón amortiguador. Se recomienda considerar el terreno inmediato aguas abajo de la represa como terreno no cultivable por estar expuesto frecuentemente a la influencia de las corrientes soltadas a través del Aliviadero de Compuertas.

## 2.3.3. Registros

## 2.3.3.1 Diarios de la Operación

Se registraran datos en:

- a) Aliviadero de Compuertas
- b) Toma del túnel trasandino
- c) Salida de Fondo de purga

Los datos se registran en cada hora en cada uno de los lugares mencionados.

## 2.3.3.2 Informe Mensual

Contiene las informaciones sobre el estado del embalse al término de cada mes, cantidad de agua aportada y cantidad de agua descargada con informaciones respecto a los fenómenos ocurridos. El informe quedará ordenado en la siguiente manera:

- a) Introducción
- b) Informaciones Hidrológicas utilizadas
- c) Balance de agua
- d) Ocurrencias importantes
- e) Conclusiones

## 2.3.3.3. Reporte Anual

En base a los informes mensuales se compone el reporte sumario para el año en el que se incluye, aparte del balance de agua, las experiencias del período pasado. Se hará también una breve descripción del estado de las obras y se darán recomendaciones para el trabajo futuro.

El informe quedará ordenado en la siguiente manera:

- a) Introducción
- b) Características hidrometeorológicas generales de la cuenca del año pasado.
- c) Balance de agua
- d) Varias ocurrencias importantes
- e) Conclusiones y recomendaciones.

### 2.3.3. Sistema de información y de alarma

En el caso de aparición de avenidas mayores, aparte de las medidas puramente técnicas referentes al sistema adecuado y seguro de la operación de las obras de evacuación de agua de la Represa de Limón resulta indispensable informar a la Jefatura de Defensa Civil.

En el inicio de la explotación del sistema, es necesario ponerse de acuerdo con las organizaciones competentes locales y estatales con el fin de desarrollar y adoptar el esquema de la organización y limitar las competencias y los alcances de las acciones de cada parte durante la aparición de las avenidas en el valle del Huancabamba. Dentro de este esquema, la Unidad de Operación se pone en contacto principalmente con la Organización de Defensa Civil.

### 2.4. RELACION DE ADJUNTOS (por desarrollar durante fase del Diseño Final)

- a) Regla de operación del reservorio
- b) Cuadro correspondiente a la relación abertura / gastos para una compuerta de Aliviadero- Descarga Pequeñas.
- c) Curvas de gasto para una compuerta de Aliviadero
- d) Curvas de gastos para dos compuertas de Aliviadero
- e) Curvas de gastos para tres compuertas de Aliviadero
- f) Curvas de gastos para toma del túnel trasandino
- g) Curvas de gastos para toma de la salida de fondo para purga
- h) Curva volumen- nivel del embalse de la Represa "Limón"

## 3. MANTENIMIENTO

Dado que en este momento, no se tienen las obras civiles y tampoco los detalles de las características del equipo hidromecánico y eléctrico, se ha establecido pautas generales de un programa de mantenimiento que realmente será aplicado durante la operación del embalse y de la represa. Por esto se prevé desarrollar en amplitud este documento durante la fase de la construcción del proyecto, incorporando datos reales de las obras civiles y del equipo hidromecánico y eléctrico.

Lo importante es destacar que en este momento se prevé tres grupos de actividades de mantenimiento ( que se desarrollarán en amplitud, en la fase de construcción del proyecto):

- a) Mantenimiento regular que se realizara durante la operación normal del embalse, de la represa y de todas las estructuras adyacentes, sin paralización del suministro de agua.
- b) Mantenimiento especial que se realizara una vez al año, durante el corte del suministro de agua, que tiene un plazo estimado de entre 7 y 10 días, según las necesidades de trabajos específicos del mantenimiento. Este mantenimiento incluirá todos los trabajos que no se pueden realizar durante la operación del embalse y de la represa, como revisión y mantenimiento del túnel, de la toma, de la purga y otros, que solo se puede realizar en el caso del corte del suministro. Dicho

corte será coordinado con los usuarios y autoridades competentes, para controlar todos impactos negativos de este corte y se realizarán durante el periodo que menos influye en la vida y producción de las plantas en las áreas de irrigación.

- c) Mantenimiento específico que se realizara cada cierto tiempo en función de los resultados de la inspección, indicando la necesidad de realizar trabajos concretos para garantizar la operación y funcionamiento de las estructuras y del equipo.

#### 4. AUSCULTACION Y MONITOREO DE LA PRESA

En las partidas PR-07 se consigna la relación de instrumentos de Auscultación e Instrumentación. Las mediciones en los instrumentos se llevarán a cabo tanto en el periodo de construcción de la presa como en el de explotación de la misma, de acuerdo al siguiente programa:

- Las mediciones sobre dispositivos para deformaciones específicas, tubos verticales, en la cimentación y el cuerpo de la presa se efectuarán por medio de molinete o bien inclinómetro que se introducirán en los tubos y que estarán conectados con cable a los dispositivos de medición, en los cuales se harán las lecturas; para los piezómetros tipo Casagrande se utilizará Data Logger, conectado mediante el cable de cuerda vibrante;
- Las mediciones geodésicas de deformaciones topográficas superficiales se harán luego de construidos puntos fijos sobre el cuerpo de la presa y puntos topográficos de referencia, puntos geodésicos de referencia inamovibles.
- El medidor de filtraciones se construirá después del llenado de embalse en los sitios de filtración evidenciada.
- Los dispositivos de control de desplazamientos en tres direcciones (medidores trioctogonales) de la junta perimetral, así como los dispositivos para mediciones de losas (electroniveles) se irán instalando conforme a la dinámica de avance de las obras de vaciado de "plinth" y losa en el talud de aguas arriba del cuerpo de la presa terraplenada.

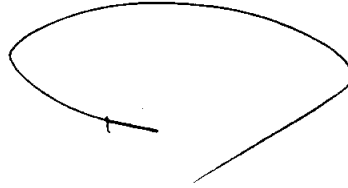
Está previsto el siguiente cronograma de mediciones sobre los dispositivos:

- En el primer mes, posterior a la colocación de los instrumentos piezómetros, se llevará a cabo dos veces a la semana.
- Durante la construcción, las mediciones se harán como mínimo, 2 veces al mes, independientemente del cronograma de avance de la presa, además, las mediciones sobre los instrumentos dentro de la presa se harán a cada 3 m de colocación del relleno de la presa.
- En el transcurso del primer llenado, las mediciones se harán sobre los instrumentos de auscultación geotécnica, a cada 10 m de incremento del nivel de agua en el embalse, o bien 2 veces al mes como mínimo, independientemente de las variaciones del nivel del agua, y sobre los piezómetros, 1 a 2 veces semanales, en función de la velocidad del llenado;
- Durante el primer vaciado, las mediciones se harán siguiendo las misma modalidad aplicada durante el llenado;
- Durante el primer año de explotación, las mediciones se harán en forma mensual y en el transcurso de los 4 años siguientes, trimestralmente, para que en el periodo sucesivo las mediciones se hicieran 2 veces al año.

Jaime A. Sotomayor Castro  
NOTARIO PUBLICO DE OLMOS



Las series extraordinarias/excepciones de mediciones se llevan a cabo tras la ocurrencia de eventos excepcionales, tales como: sismos, inundaciones, incremento brusco de aguas de filtración, etc.



**ME.08 - APENDICES****ME.08.01 APENDICE 1****CALCULOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA PRESA LIMON**

Jaime A. Silveira Cervero  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA

**1. Introducción**

El cálculo de estabilidad de taludes de las presas terraplenadas consiste en determinar el plano de deslizamiento, al cual el factor de seguridad, definido como relación entre la resistencia cortante del suelo y la tensión promedio de corte a lo largo del plano de deslizamiento asumido, tiene el valor mínimo.

Los factores mínimos de seguridad obtenidos deben ser mayores que los factores de seguridad permitidos que, en dependencia de las condiciones de cargas, ascienden a:

- a)  $F_{s,dop} = 1.50$ , para estado estacionario del nivel de agua en el embalse (taludes de aguas arriba y aguas abajo),
- b)  $F_{s,dop} = 1.00$ , para influencias sísmicas, permitiéndose que el factor de seguridad sea inferior a 1.0, siempre y cuando se compruebe que los desplazamientos en la presa se encuentran dentro de los límites admisibles, y que no comprometerán su estabilidad y funcionalidad.

**2. Método de cálculo de la estabilidad**

El cálculo se efectuó según el método de Bishop modificado, para planos de deslizamiento circulares, que representa el método ampliamente utilizado para el análisis de la estabilidad de taludes de las presas terraplenadas. En este método se obvia la influencia de los componentes verticales entre las láminas en el cálculo del factor de seguridad. El error cometido de esta manera, con respecto a otros métodos en los que se satisfacen todas las condiciones del equilibrio de fuerzas en el plano, es despreciable, por lo que los resultados obtenidos mediante este método resultan ser del todo correctos y aceptables.

El cálculo se efectuó aplicando el programa de computadora BGSLOPE-6.04, que permite encontrar automáticamente el círculo de deslizamiento crítico con el menor factor de seguridad; para ello, es preciso plantear ya sea un punto del plano de deslizamiento o nivel (horizonte) tangente. El cálculo de estabilidad se lleva a cabo por iteración, planteando varios puntos del plano de deslizamiento o niveles tangentes.

Este paquete de programas permite, igualmente, que se introduzca la ley no lineal de ruptura de materiales en el cálculo de estabilidad de los taludes, así como de la carga lineal o distribuida, presiones intersticiales (mediante la línea piezométrica o a través del coeficiente de presiones intersticiales) y fuerzas inerciales debidas a sismo.

El cálculo de estabilidad para las influencias sísmicas se llevo a cabo como análisis pseudo-estructural, esto es, introduciendo en el cálculo las fuerzas inerciales del sismo, debidas a terremoto.

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

**3. Elección de las características de materiales para el cálculo de seguridad**

El análisis de estabilidad de los taludes de la presa se hizo de modo que, para los materiales granulados, se adoptó la función no lineal entre la tensión normal  $\sigma_n'$  y la resistencia cortante  $\tau$ . En efecto, la ley lineal de rotura de materiales de Mohr - Coulomb, basada en los parámetros  $c$  y  $\phi$ , donde el ángulo de la resistencia al corte  $\phi$  es independiente del nivel de tensiones normales, no corresponde del todo al comportamiento real del suelo.

El criterio no lineal de rotura, descrito por medio de la curva hiperbólica, comprende, además de la fricción entre los granos del suelo, también su desplazamiento relativo, sobresalto y trituración, lo que va acompañado del cambio de volumen en el proceso de deformación, por lo que esta ley de rotura describe mejor el comportamiento del suelo real.

La envolvente de la tensión de rotura del tipo hiperbólico, expresada en esfuerzos efectivos, tiene la siguiente forma:

$$\tau_i = \sigma_n' [\phi_B' + \Delta\phi' / (1 + \sigma_n' / p_N)],$$

donde:

- $\phi_B'$ - ángulo básico de fricción, ángulo de resistencia cortante que se moviliza a los niveles altos de tensiones, cuando no hay cambios de volumen, pero se lleva a cabo la trituración de granos durante el corte;
- $\Delta\phi'$ - diferencia angular máxima, mantiene la influencia de densidad, redondeo y efectos de dilatación (variaciones del volumen);
- $p_N$ - tensión normal del ángulo medio; mantiene la compresibilidad del esqueleto del suelo, la resistencia de granos, lo que depende del tipo de minerales, densidad del suelo, composición granulométrica y forma de granos.

La ley hiperbólica de rotura fue propuesta por el Prof. Dr. M. Maksimovic (1992, 1996), y ha sido confirmada por medio de numerosos experimentos.

La descripción gráfica de la ley no lineal de rotura del tipo hiperbólico se presenta en el croquis adjunto.

Las propiedades de los materiales, tanto aquéllos en el cuerpo de la presa, como los en la base de la presa, utilizadas en el cálculo de estabilidad, fueron adoptadas en base a los valores lineales de los materiales indicados.

En cuanto a materiales no coherentes, fueron adoptados los parámetros de resistencia que corresponden a la ley no lineal de rotura ( $\phi_B'$ ,  $\Delta\phi'$ ,  $p_N$ ), mientras que para el material coherente (arcilla en el núcleo de la presa y la pantalla de aguas arriba de la ataguía) fueron adoptados los parámetros de resistencia correspondientes a la ley lineal de rotura ( $c$ ,  $\phi$ ). En la elección de las características de materiales se tuvo en cuenta la composición granulométrica del suelo, la densidad, etc.

En la tabla a continuación se muestran las características adoptadas de los materiales:

Material	Peso volumétrico		Resistencia al corte			
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi_B'$ (°)	$\Delta\phi'$ (°)	$p_N$ (kN/m <sup>2</sup> )
Material aluvial para el cuerpo de contención de la presa	22.0	12.0	0	35	10	800
Material aluvial en la base de la presa	21.5	11.0	0	32	12	800

*Handwritten signature*



Las características dadas están del lado de la seguridad, ya que en el caso de presas similares en México y Colombia se obtuvieron los parámetros  $\phi = 47.5-48^\circ$  i  $\Delta\phi = 5-5.4^\circ$ .

#### 4. Resultados del cálculo de estabilidad

##### 4.1 Estabilidad en condiciones estructurales

Mediante el cálculo se obtuvieron los siguientes factores de seguridad:

- Talud aguas arriba
  - $F_{s,min} = 1.78 > F_{s,dop} = 1.50$ , para el plano de deslizamiento de poca profundidad – caso crítico
- Talud aguas abajo
  - $F_{s,min} = 2.081 > F_{s,dop} = 1.50$

##### 4.2 Estabilidad en condiciones sísmicas

Mediante el cálculo se obtuvieron los valores del coeficiente sísmico crítico, es decir, de la aceleración en el centro de gravedad del cuerpo de deslizamiento  $k_c$ , para el cual  $F_s = 1$ . Se obtuvo el siguiente valor de la aceleración para el talud de aguas arriba:  $k_c = 0.33$  g.

#### 5. Conclusión

En base a los cálculos de estabilidad efectuados de la presa Limón terraplenada, puede concluirse que los taludes de la presa, para las condiciones estructurales, tienen factores de seguridad mayores que los factores de seguridad mínimos prescritos, es decir, que dichos taludes se encuentran estables en las condiciones estructurales.

Para el caso de las influencias sísmicas, se obtuvieron coeficientes sísmicos críticos, esto es, las aceleraciones a las cuales  $F_{s,min} = 1.0$ , las mismas que ascienden a 0.33 g. Esto significa que en todos los eventos con la aceleración  $a_{max}$  en el centro de gravedad de la masa de deslizamiento potencial menor de 0.33 g en el talud de aguas arriba no ocurrirán desplazamientos ( $F_s > 1$ ), de donde puede concluirse que el mayor número de eventos que pueden suceder en la vida de explotación de la presa, se encuentran garantizadas la seguridad y la funcionalidad de la misma. En el caso de influencia sísmicas mayores que 0.33 g, pueden esperarse desplazamientos. Sin embargo, en vista de la considerable "reserva" de estabilidad que tienen los taludes de la presa en las condiciones estructurales, se estima que los desplazamientos de los puntos de la presa en el caso de un sismo con aceleración máxima superior a 0.33 g no serían mayores de 10 – 20 cm y que, a excepción de los daños locales en la corona de la presa, no se vería comprometida la estabilidad de ésta.

*Jaime A. Marquía Castro*  
NOTARIO PLAZO DE LIMA

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

**ME.08.02 APENDICE 2: CALCULOS HIDRAULICOS DE CAPACIDAD DEL TUNEL TRANSANDINO**

*Jaime M. Paredes Castro*  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA

Este cálculo hidráulico se ha sido realizado asumiendo parámetros del túnel trasandino según lo presentado en los correspondientes capítulos de la Memoria Descriptiva. Se ha asumido la excavación del mismo túnel usando TBM, de un diámetro de 5,0 m, usando shotcrete para su protección interior. Aunque se prevé que el espesor del shotcrete será entre 5 y 10 cm, dependiendo de las condiciones geológicas, se ha realizado el calculo para caso peor y mas conservador, asumiendo el diámetro final de 4,8 m (espesor de shotcrete 10 cm), de tal manera que se pueden esperar capacidades mayores una vez terminada la construcción del túnel y puesto en la operación Sistema Olmos.

El cálculo se ha realizado para dos casos de la operación, Fase final, con la altura máxima de la represa y bocatoma final y para fase preliminar (primera fase) para altura menor de la represa Limón y bocatoma provisional. Aparte del cálculo de la capacidad máxima del túnel se ha realizado su comparación con la capacidad limite establecida en los documentos del concurso, siendo la capacidad limite para la fase final de 68 m3/s y para la fase preliminar 42 m3/s. Los cálculos realizados confirman que la solución propuesta garantiza caudales máximos mayores a los límites establecidos, aun aplicando el criterio de que todo el túnel nuevo tendrá el espesor final de 4,8 m (10 cm de shotcrete).

**A. FASE FINAL**

1. Datos Básicos

Tramo	Progresiva	Diámetro m	Revestimiento	Area m2	Rugosidad nc
T1	0+000 a 3+919	5,10	Concreto, ya excavado	20,43	0,015
T2	3+919 a 8+624	4,80	Shotcrete, 10 cm	18,095	0,021
T3	8+624 a 17+740	4,80	Shotcrete, 10 cm	18,095	0,021
T4	17+740 a 19+294	5,10	Concreto, ya excavado	20,43	0,015

2. Procedimiento de calculo

Longitud T1 + T4 =  $\sum L1 = 3919,0 + 1554,0 = 5473$  m  
 Longitud T2 + T3 =  $\sum L2 = 9116,0 + 4705,0 = 13821$  m

**Perdidas locales:**

Para Tramo T1 + T4 =  $\sum \xi = 1,40$   
 Para Tramo T2 + T3 =  $\sum \xi = 0,00$

**Perdidas lineales**

Tramo	Longitud (L) m	Diámetro (D) m	$\lambda$	$\xi_{lineal}$
T1 + T4	5473	5,10	0,0163	17,50
T2 + T3	13821	4,80	0,0327	94,10

$\xi_{lineal} = \lambda * (L/D)$

$\lambda = (125 * nc^2) / (3\sqrt{D})$

*Kyby*



**Perdidas totales**

Las Perdidas totales representan la suma de las perdidas locales y perdidas lineales

Tramo	Perdidas locales	Perdidas lineales	Perdidas totales
T1 + T4	1,40	17,50	18,90
T2 + T3	0,00	94,10	94,10

Perdidas totales para todo túnel:

Perdida total:  $18,90 + 94,10 * (A1/A2) = 18,90 + 94,10 * (20,43/18,10) = 18,9 + 119,5 = 138,40$

A1/A2 representa ajuste entre área excavada por TBM y área del tramo final del túnel

**Caudal máximo**

$Q_{max} = \mu * A1 * \sqrt{2g * H}$

$\mu = 1 / \sqrt{1 + \sum \xi} = 1 / \sqrt{1 + 138,40} = 0,0847$

$A1 = 20,43 \text{ m}^2$

$H = 84,0 \text{ m}$

$Q = 70,26 \text{ m}^3/\text{s} > \text{del límite de } 68,0 \text{ m}^3/\text{s}$

**B. FASE PRELIMINAR**

1. Datos Básicos

Tramo	Longitud m	Diámetro m	Área M2
T1 - Conducto de captación	420,0	3,0	7,07
T2 - Galería de acceso	1081,0	5,86	27,0
	840,0	4,80	18,60
Túnel trasandino			
T3 - Revestimiento de concreto	4354,0	5,10	20,43
T4 - Revestimiento de shotcrete	13821,0	4,80	18,095

2. Procedimiento de calculo

Perdidas locales y Perdidas lineales, han sido calculados de la misma manera como en el caso de cálculos para variante final.

**Perdidas totales**

Tramo	Perdidas totales	Ajuste por cambio de área	Perdidas ajustadas
T1	3,03	$(20,43/7,07)=8,35$	25,30
T2	4,62	$(20,43/27,0)=0,76$	2,65
	3,32	$(20,43/18,6)=1,21$	4,02
T3	13,92	$(20,43/20,43)=1,00$	13,92
T4	94,10	$(20,43/18,10)=1,27$	119,5
	TOTAL		165,39

Perdidas totales para todo el túnel:

Perdida total: =165,39

**Caudal máximo**

$$Q_{max} = \mu \cdot A1 \cdot \sqrt{2g \cdot H}$$

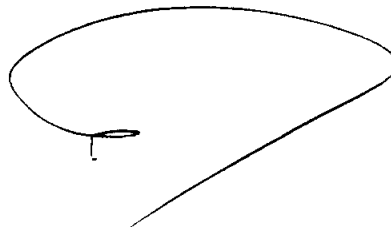

$$\mu = 1 / \sqrt{1 + \sum \xi} = 1 / \sqrt{1 + 165,39} = 0,0775$$

A1= 20,43 m<sup>2</sup>

H = 43,7 m

**Q = 46,38 m<sup>3</sup>/s > del limite establecido de 42 m<sup>3</sup>/s**

*José A. Marquis Cordero*  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA



## ME.09 - PLANOS

*Listado de Planos*

*John A. Murguía Cervera*  
NOTARIO PUBLICO DE LIMA

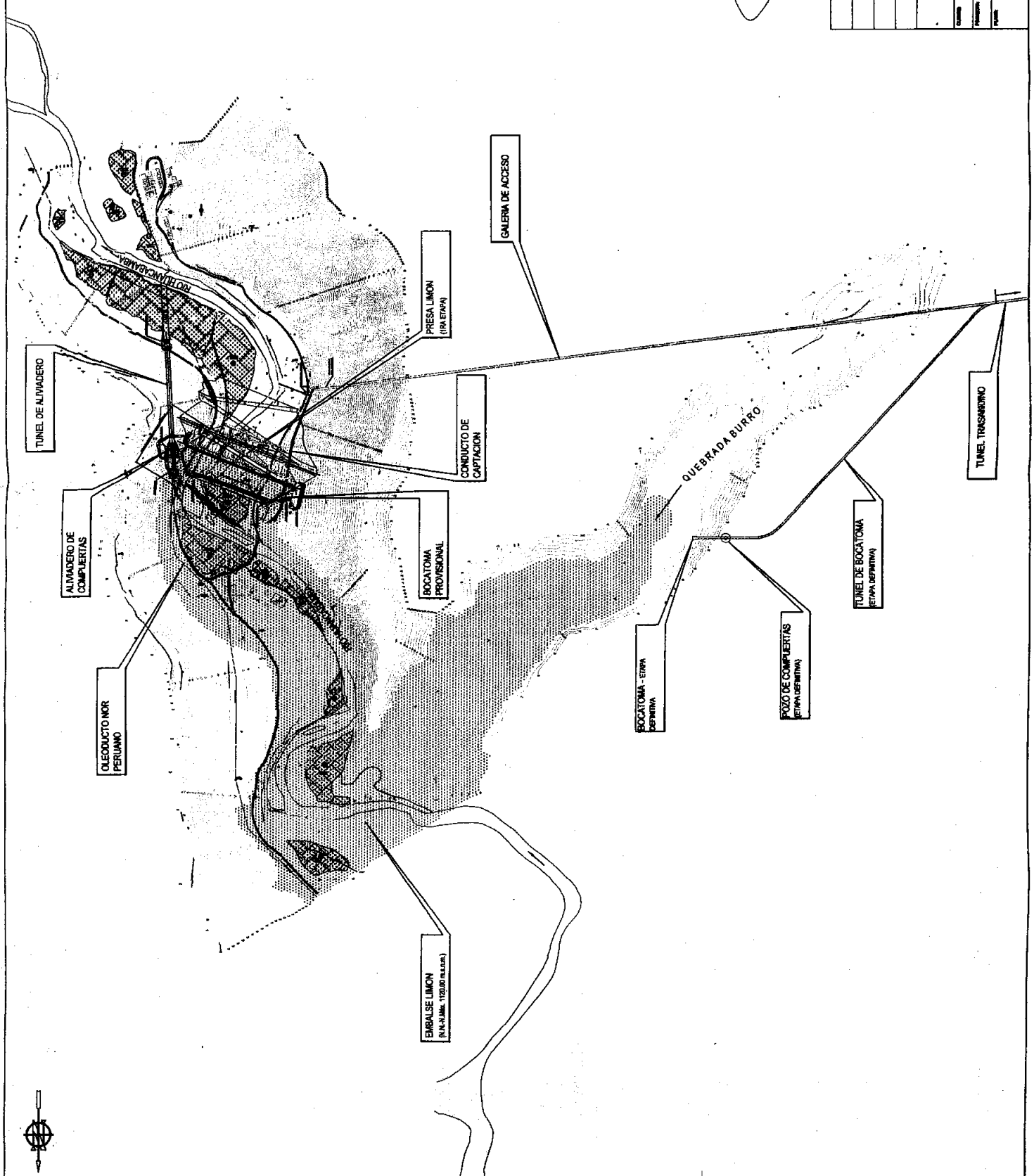
N°	Descripción
OL-GEN-001	Planta General de Ubicación de las Obras
OL-PRL-001	Presa Limón - Variantes Consideradas
OL-PRL-002	Zona de La Presa Limón (1ra Etapa) - Planta General
OL-PRL-003	Presa Limón - Mapa Geológico, Contorno Superior de las Rocas Macizas
OL-PRL-004	Presa Limón - Planta
OL-PRL-005	Presa Limón - Sección Características (1ra y 2da Etapa)
OL-PRL-006	Presa Limón - Sección 1-1
OL-PRL-007	Presa Limón - Sección 2-2
OL-PRL-008	Presa Limón - Sección 3-3
OL-PRL-009	Presa Limón - Pantalla de Inyección y Pantalla de Concreto
OL-PRL-010	Presa Limón - Perfil Longitudinal por el Eje de la Presa
OL-PRL-011	Presa Limón - Detalles de las Juntas
OL-PRL-012	Presa Limón - Detalles del Plinto, Bordillo, Losa e Inyecciones
OL-PRL-013	Presa Limón - Auscultación e Instrumentación, Planta y Sección Típica
OL-PRL-014	Presa Limón - Ataguía I y II, Plantas y Secciones
OL-PRL-015	Obras Oriente - Camino de Acceso Definitivo, Planta y Sección Típica
OL-PRL-016	Obras Oriente - Caminos de Acceso Provisorios, Planta General
OL-PRL-017	Obras Oriente - Canteras de Préstamo y Botaderos
OL-ALV-001	Aliviadero y Túnel de Desvío - Entrada - Planta, Perfiles y Secciones
OL-ALV-002	Aliviadero y Túnel de Desvío - Salida - Planta, Perfiles y Secciones
OL-BPV-001	Boca Toma Provisional - Ubicación y Secciones Conducto
OL-BPV-002	Boca Toma Provisional - Estructura de Entrada - Planta y Secciones
OL-BPV-003	Boca Toma Provisional - Caudal Biológico - Planta y Secciones
OL-CLJ-001	Conducto Lajas - Planta General (Botadero Occidente)
OL-CLJ-002	Conducto Lajas - Amortiguador Salida TT
OL-CLJ-003	Conducto Lajas - Deflector y Salida
OL-TTR-001	Túnel Trasandino - Perfil Geológico
OL-TTR-002	Túnel Trasandino - Secciones Típicas de Excavaciones

*[Handwritten signature]*





Plan de Obras  
Instituto Nacional de Obras de Regadío



*[Handwritten signature]*

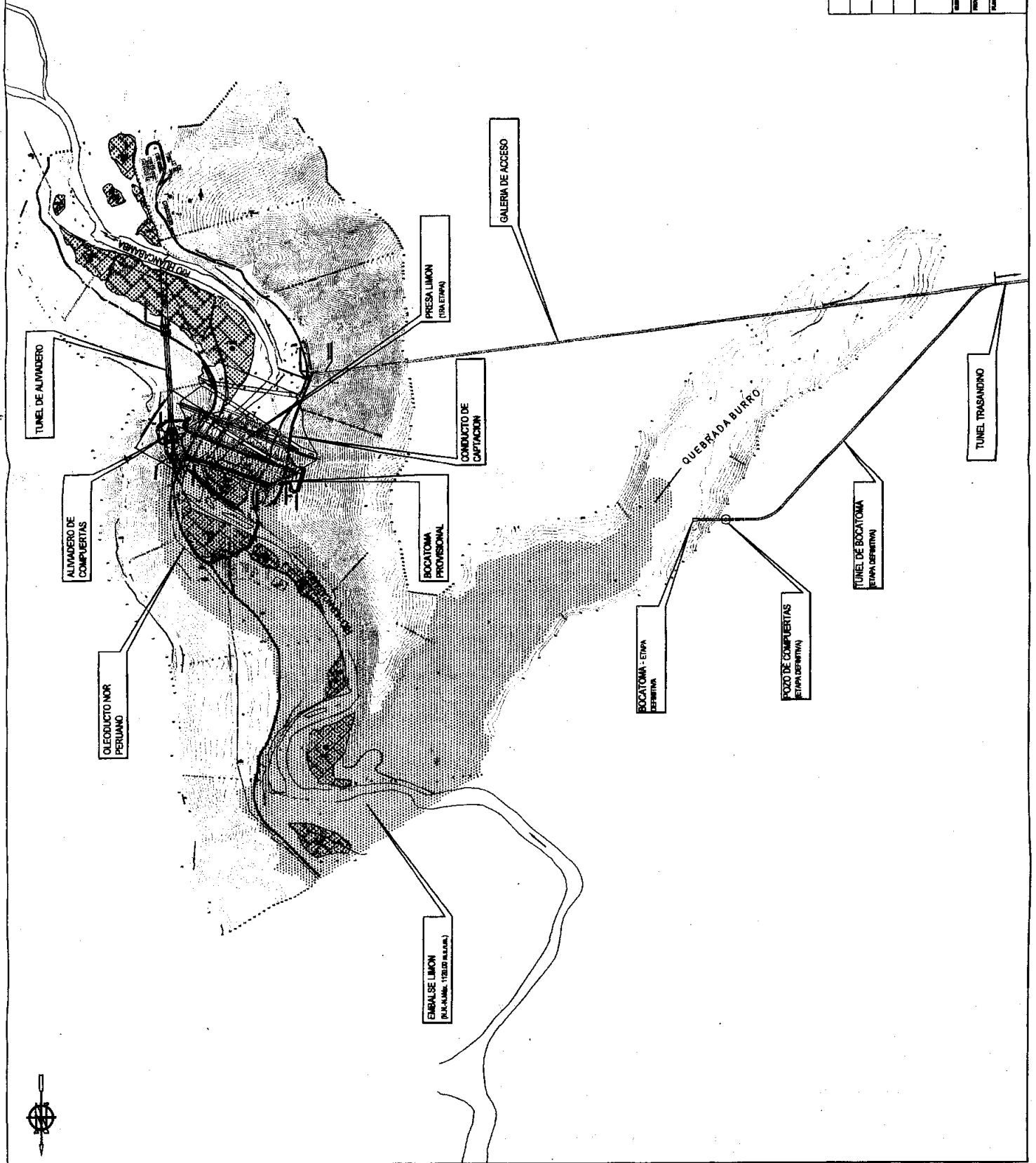
*[Handwritten mark]*

REVISIONES	DESCRIPCION	FECHA

<b>ODEBRECHT</b> Ingeniería y Construcción	
Cliente	GOBIERNO REGIONAL DE LIMAYEQUE
Proyecto	OLIVOS - R. LAJUNAS
Plan	PLANTA GENERAL DE UBICACION DE LAS OBRAS ORIENTE
Fecha	MARZO '04
Escala	SIN ESCALA
Version	OL-GEN-001

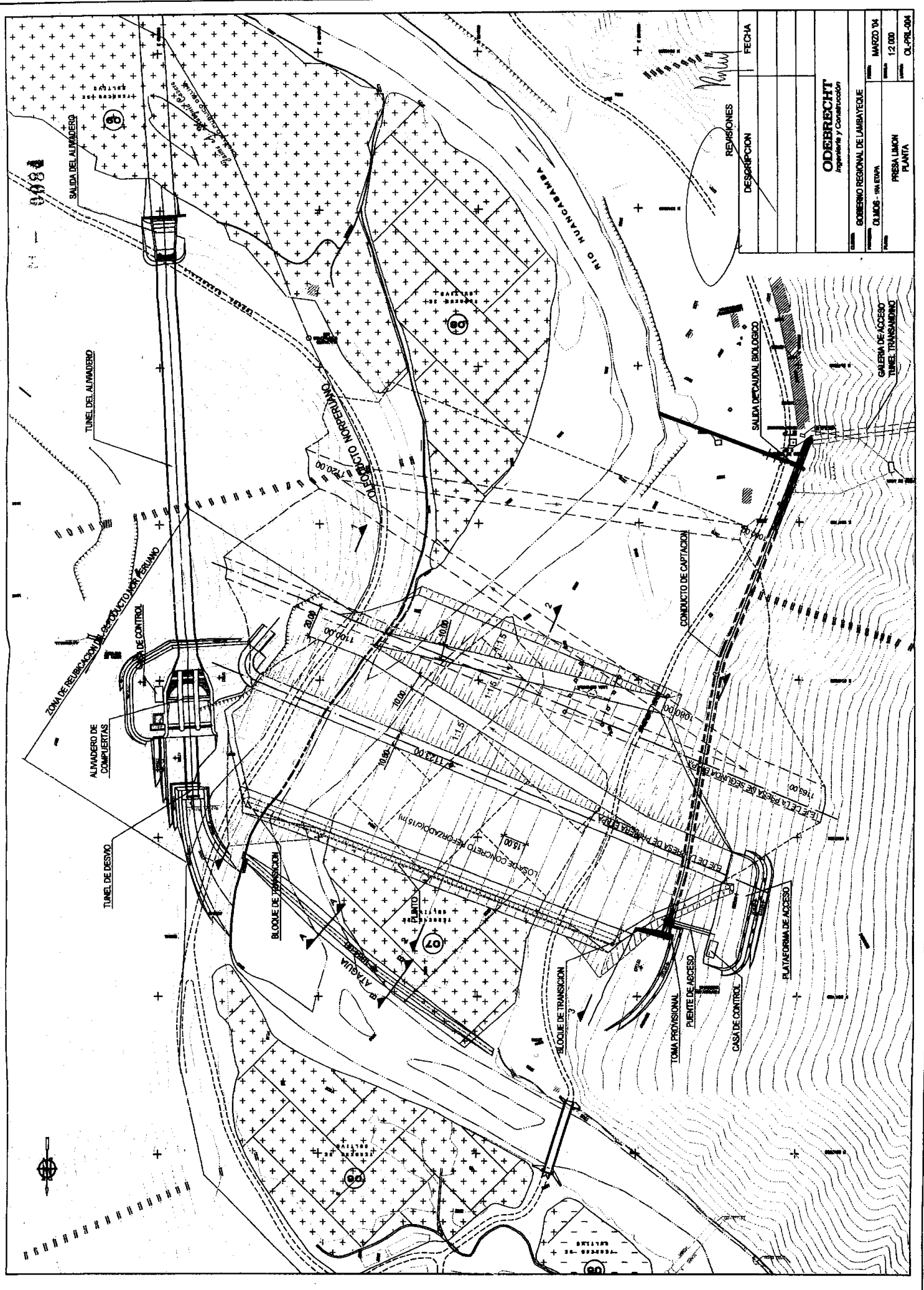




*Handwritten signature and initials*

REVISIONES	DESCRIPCION	FECHA
<b>ODEBRECHT</b> <small>Ingeniería y Construcción</small>		
GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE		
<small>PROYECTO</small> OLMOS - (EN ETAPA)	<small>FECHA</small> MARZO '04	<small>ESCALA</small> 1:10.000
ZONA DE LA PRESA LIMÓN (EN ETAPA) PLANTA GENERAL		
<small>PROYECTO</small> OLMOS - (EN ETAPA)	<small>FECHA</small> MARZO '04	<small>ESCALA</small> 1:10.000
GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE ZONA DE LA PRESA LIMÓN (EN ETAPA) PLANTA GENERAL		
<small>PROYECTO</small> OLMOS - (EN ETAPA)	<small>FECHA</small> MARZO '04	<small>ESCALA</small> 1:10.000
GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE ZONA DE LA PRESA LIMÓN (EN ETAPA) PLANTA GENERAL		





**ODEBRECHT**  
Ingeniería y Construcción

GOBIERNO REGIONAL DE LA BAYATEQUE	Fecha	MARZO '04
CL.MOS - 1RA ETAPA	Escala	1:2 000
PRESA DAMON PLANTA	Proyecto	CL-PR-004







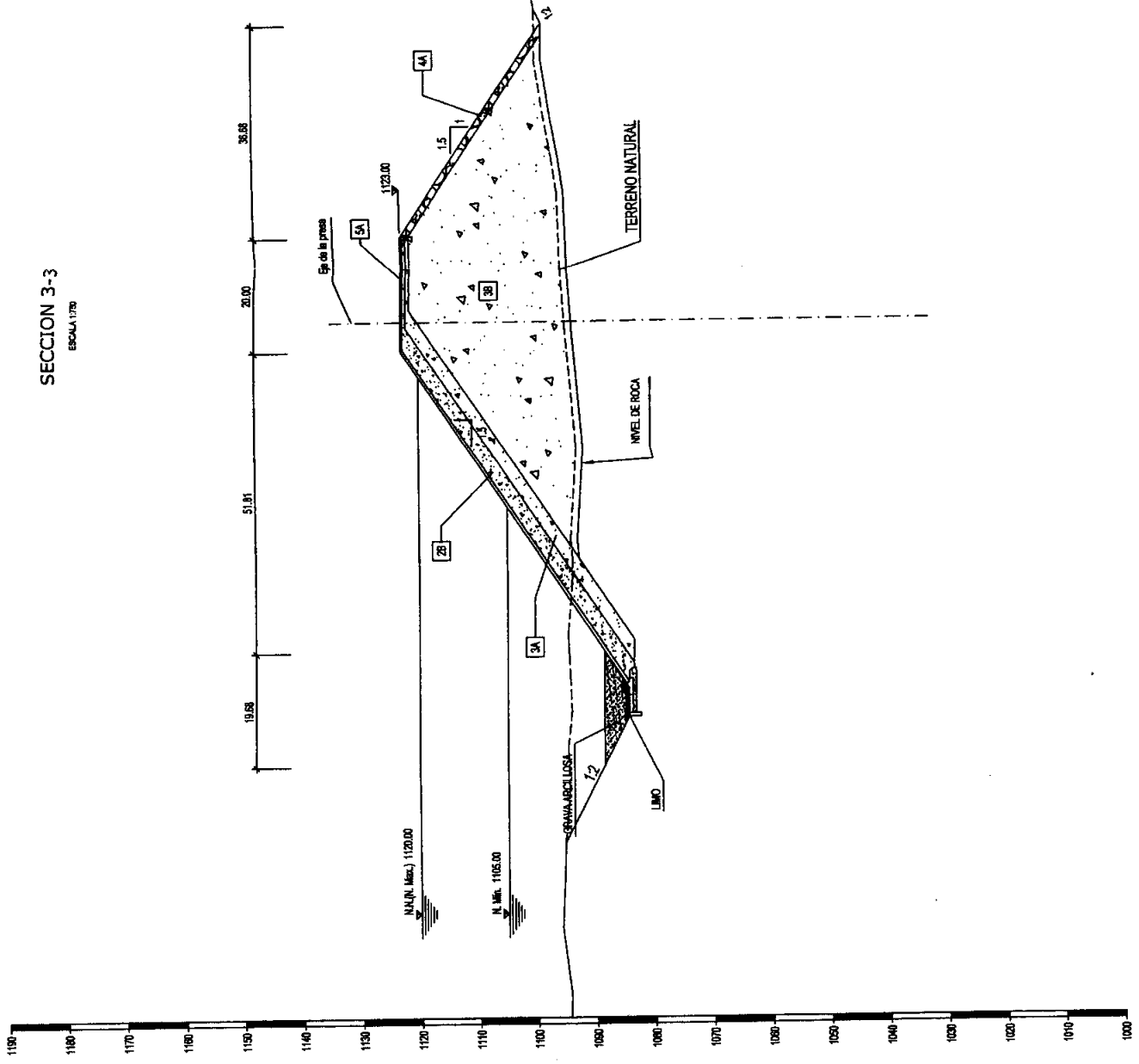


088

SECCION 3-3  
ESCALA 1:750

LEYENDA	
2A	GRAVA PROCESADA, FILTRO TAM. MAX. 19 mm
2B	GRAVA PROCESADA, FILTRO, TAM. MAX. 76.2 mm (3")
3A	ALUJON NATURAL DE RIO, TAM. MAX. 200.0 mm (8"), % DE FINOS MENOS DE 5%
3B	ALUJON NATURAL DEL RIO, TAM. MAX. 486.4 mm (19") % DE FINOS MENOS DE 5%
4A	ROCA DE CANTEIRA TAM. MIN. 15 cm y TAM. MAX. 30-50 cm.
5A	AFIRMADO $f=43.30$ m.

NOTA: CONCRETO f=210 kg/cm<sup>2</sup> PARA LOSA Y PLUNTO



*[Signature]*

REVISIONES	DESCRIPCION	FECHA

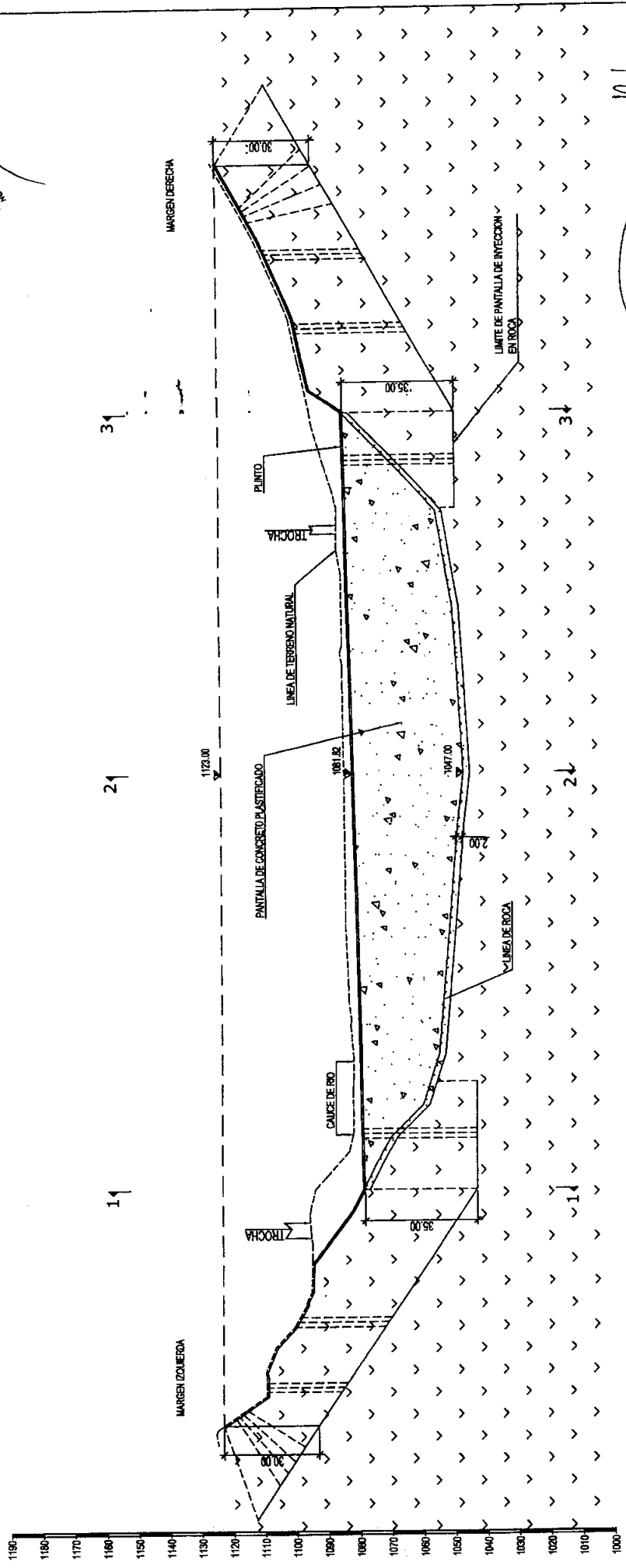
<b>ODEBRECHT</b> <i>Ingeniería y Construcción</i>	
GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE	PROYECTO: OLMOS - (M. LEVA)
PRESA LIMON	SECCION 3-3
FECHA: MARZO '04	ESCALA: 1:750
PROYECTISTA: OLMOS	CONSTRUCION: O.L.P.R.L.008

74 - 0089

PANTALLA DE INYECCION AGUAS ARRIBA

ESCALA 1:250

Señal de agua  
del Sr. Sotomayor  
del 22 de Agosto de 1974



REVISIONES	FECHA
DESCRIPCION	

<b>ODERRECHT</b> Ingeniería y Construcción	
CLIENTE	GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE
PROYECTO	OLIVOS - INAFIPA
FECHA	MARZO 04
	11 280
	OL-PRL-089

*Handwritten signature*

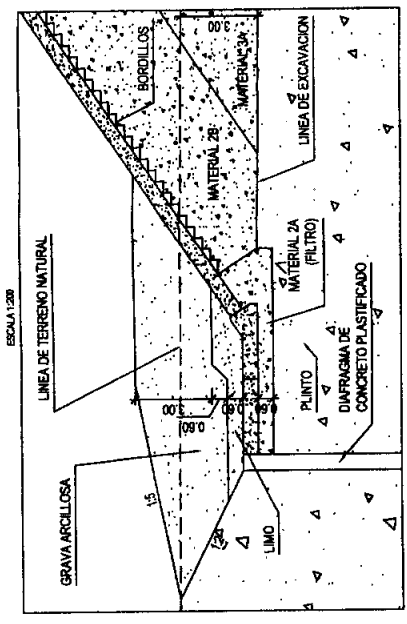




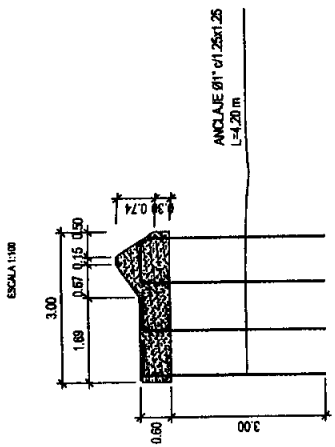
3244

0092

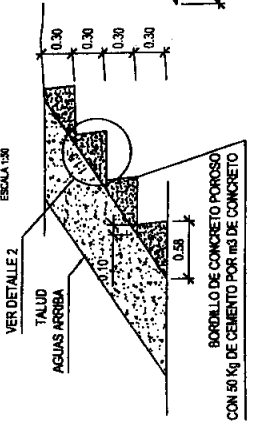
DETALLE DE RELLENO EN EL PLINTO



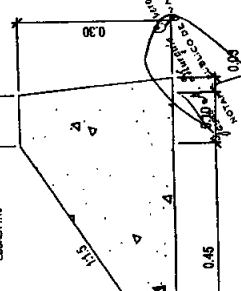
ANCLAJE DEL PLINTO EN LAS LADERAS



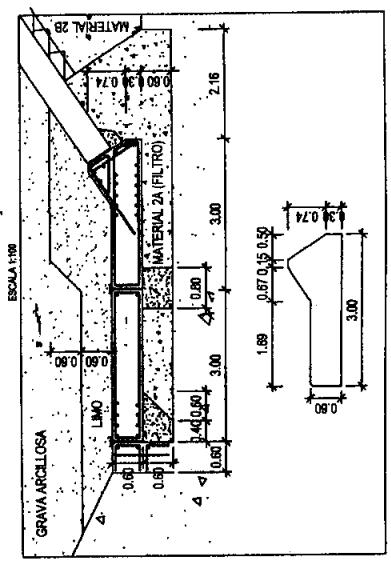
DETALLE DEL BORDILLO



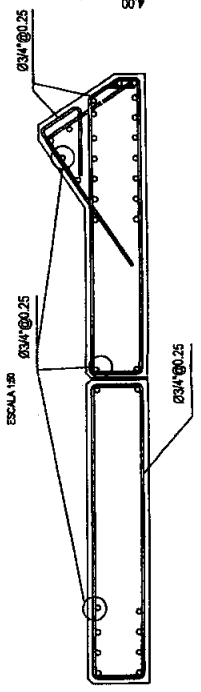
DETALLE 2



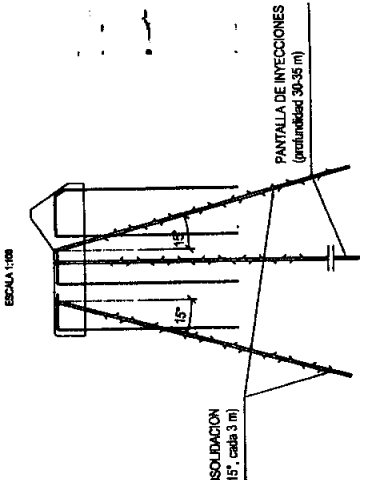
DETALLE DEL PLINTO EN EL LECHO DEL RIO



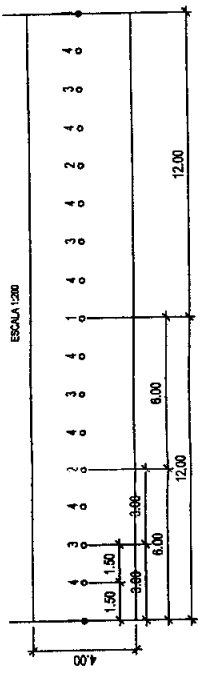
ARMADURA DEL PLINTO EN EL LECHO DEL RIO



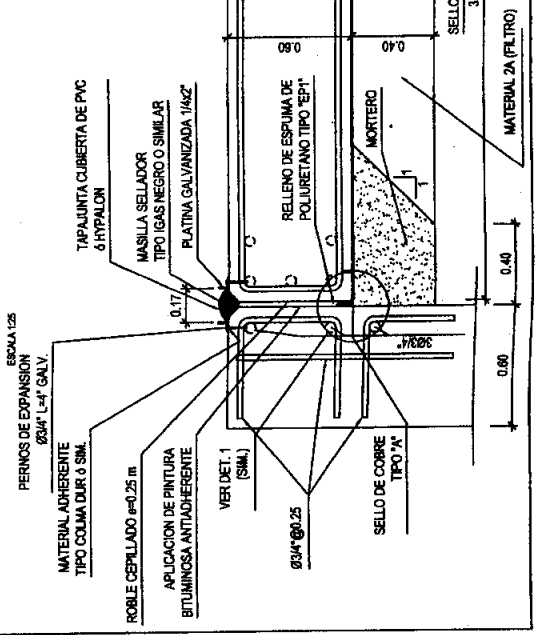
INYECCIONES DEL PLINTO EN LAS LADERAS



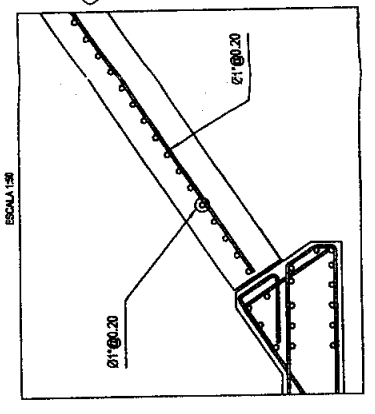
DISTRIBUCION DE INYECCIONES EN PANTALLA DEL PLINTO



DETALLE DEL PLINTO ARTICULADO EN EL LECHO DEL RIO



DETALLE DE ARMADURA DE LA LOSA



DE CONTROL Y REFERENCIA	FECHA
1. PRIMARIOS	
2. SECUNDARIOS	
3. TERCARIOS	
4. CUATERNARIOS	

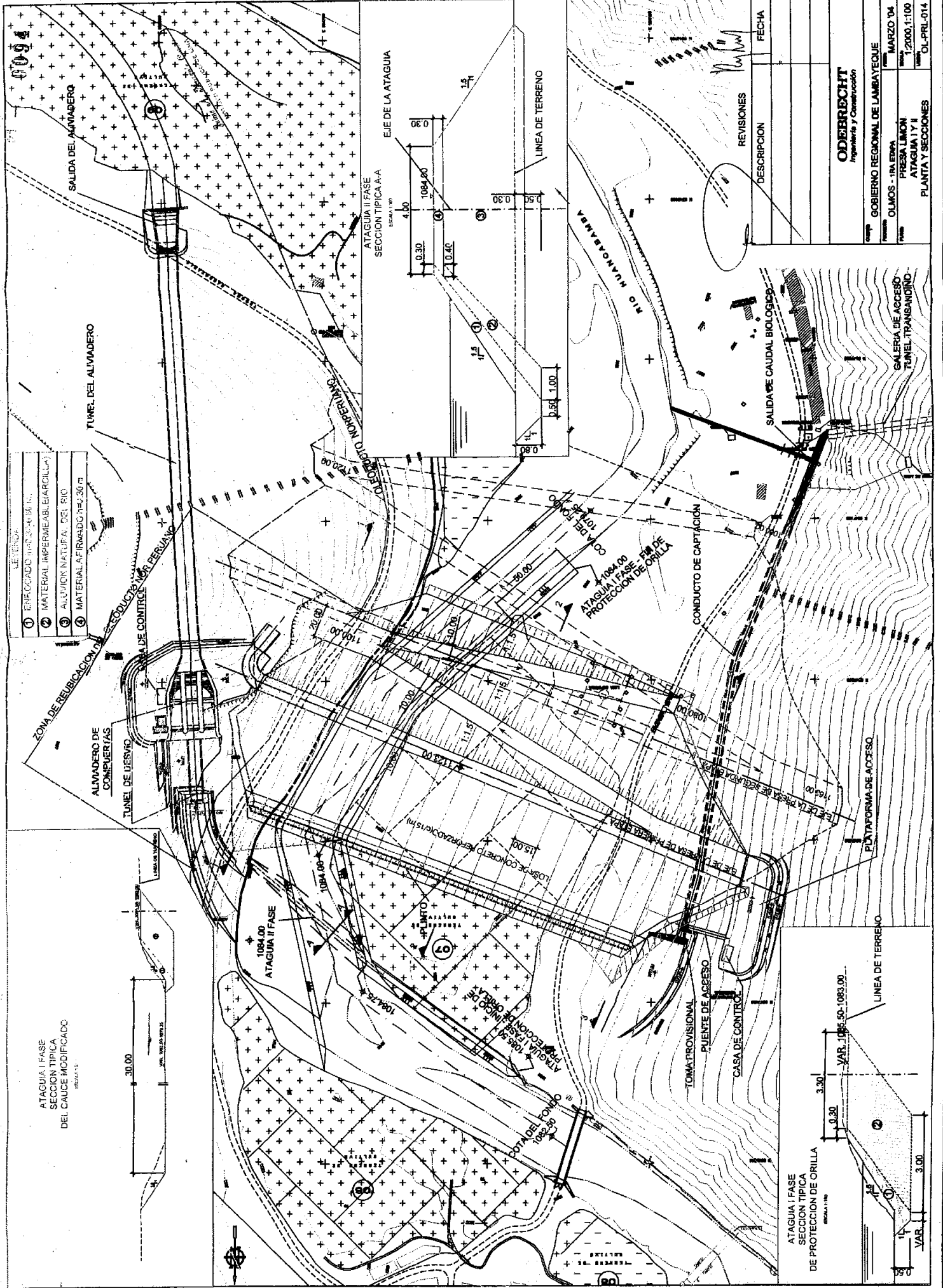
  

REVISIONES	DESCRIPCION	FECHA

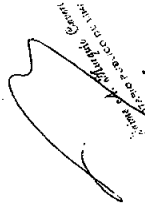
<b>ODEBRECHT</b> Ingeniería y Construcción	
GOBIERNO REGIONAL DE LAMBERTOQUE	PROYECTO
OLIVOS - RAETIVA	INDICADA
PRESA LIMON	INDICADA
DETALLES DEL PLINTO, BORDILLO, LOSA E INYECCIONES	INDICADA
MARZO '04	INDICADA
04-PRC-012	INDICADA



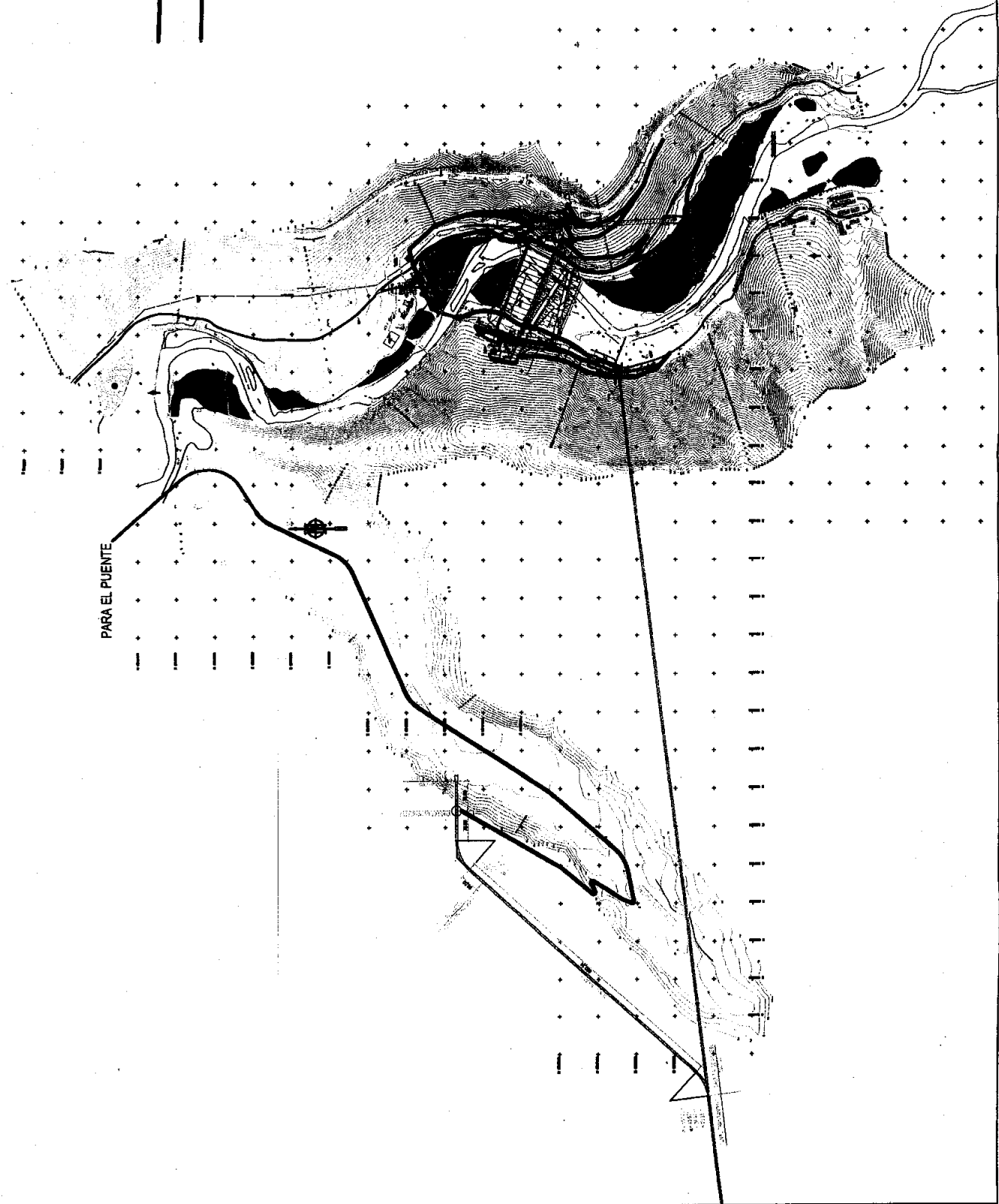








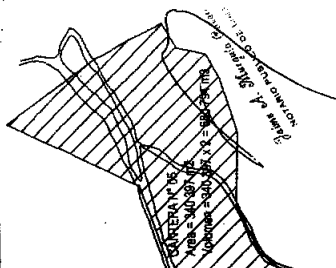
— ACCESO PROVISÓRIO  
 — TROCHA EXISTENTE



REVISIONES	FECHA

<b>ODEBRECHT</b> Ingeniería y Construcción	
Cliente	GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE
Proyecto	OLIMPOS - IIRIA ETAPA
Fecha	MARZO '84
Escala	1:10000
Documento	CAMINOS DE ACCESOS PROVISORIOS
Plan	PLANTA GENERAL
	OL-PRL-018



CANTERA NUEVA N° 02  
 Area = 69 378 m<sup>2</sup>  
 Volumen = 69 378 x 2 = 138 756 m<sup>3</sup>

BOTADERO BOCATOMA DEFINITIVA  
 Capacidad = 30 000 m<sup>3</sup>

CANTERA NUEVA N° 01  
 Area = 24 883 m<sup>2</sup>  
 Volumen = 24 883 x 2 = 49 766 m<sup>3</sup>

BOTADERO BOCATOMA DEFINITIVA  
 Capacidad = 30 000 m<sup>3</sup>

PRESA LIMON  
 (MATERIA)

BOTADERO	FRENTE	POTENCIA	DMT
Bocatoma Definitiva	Oriente	30,000 m <sup>2</sup>	1.4 km
Botadero Cantera Nueva N 02	Oriente	70,000 m <sup>2</sup>	0.5 km
Quebrada Lajas*	Occidente	300,000 m <sup>2</sup>	7.5 km

\* Ver ubicación de Botadero en el Plano OL-CLJ-001

DIAGRAMA GRANULOMETRICO SUMARIO	% PASANTE
24" - 600mm	100
12" - 300mm	90 - 100
6" - 150mm	85 - 98
3" - 75mm	75 - 95
1 1/2" - 38mm	60 - 85
3/4" - 19mm	50 - 75
3/8" - 600mm	40 - 65
n.4" - 5mm	30 - 50
n.100 - 0.15mm	5 - 20
n.200 - 0.075mm	2 - 12

CANTERA	FRENTE	POTENCIA	DMT
Cantera n01	Oriente	1,060,894 m <sup>2</sup>	1.7 km
Cantera Nueva n01	Oriente	48,766 m <sup>2</sup>	0.3 km
Cantera Nueva n02	Oriente	138,756 m <sup>2</sup>	0.5 km
Cantera Nueva n05	Oriente	680,794 m <sup>2</sup>	1.5 km
Cantera Rio Citros	Occidente	200,000 m <sup>2</sup>	20.0 km

REVISIONES

DESCRIPCION	FECHA

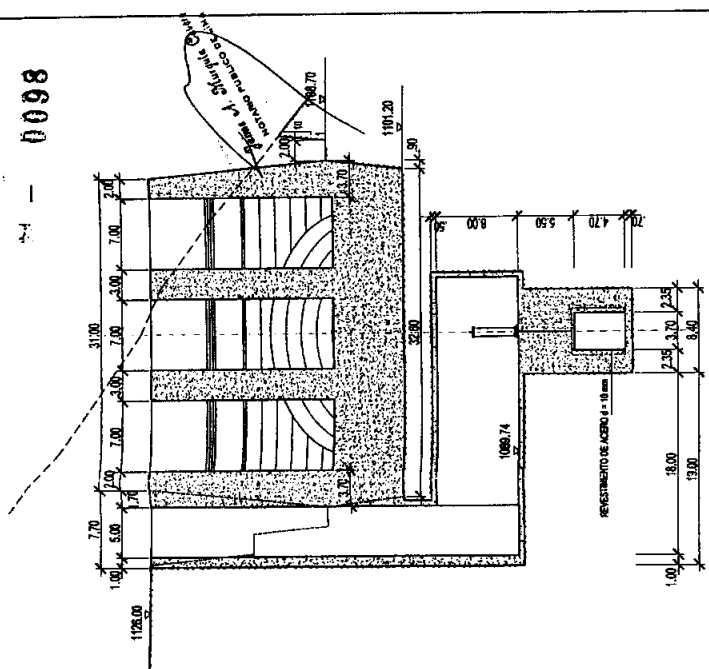
**ODEBRECHT**  
 Ingeniería y Construcción

GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE  
 OBRAS ORIENTE  
 CANTERAS DE PRESTAMO Y BOTADEROS

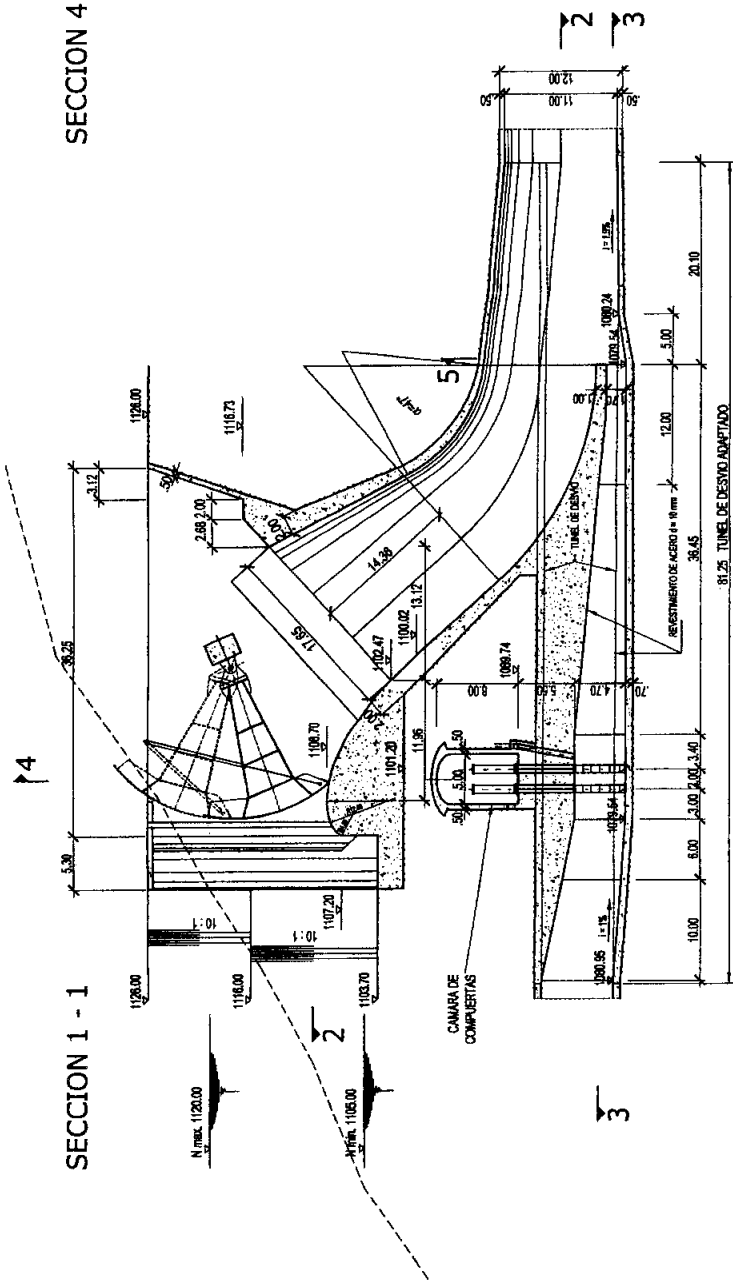
FECHA: MARZO 04  
 ESCALA: 1:12 500  
 PLAN: OL-PRJ-017

*[Handwritten signature]*

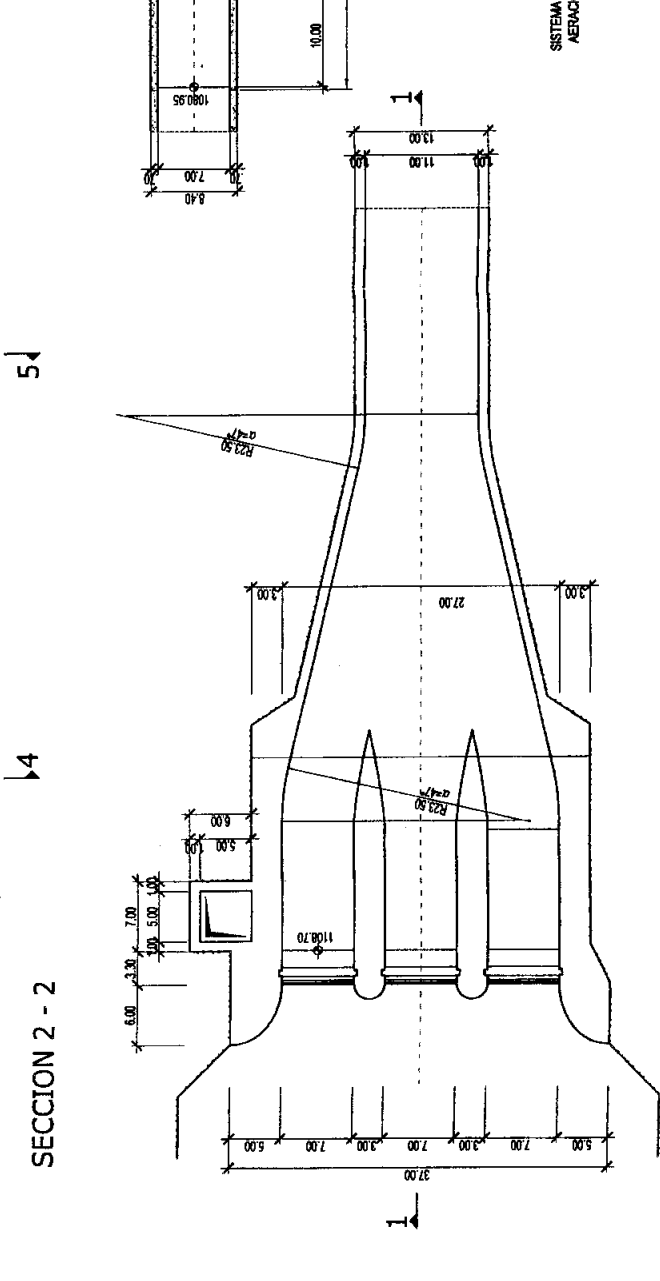
SECCION 4 - 4



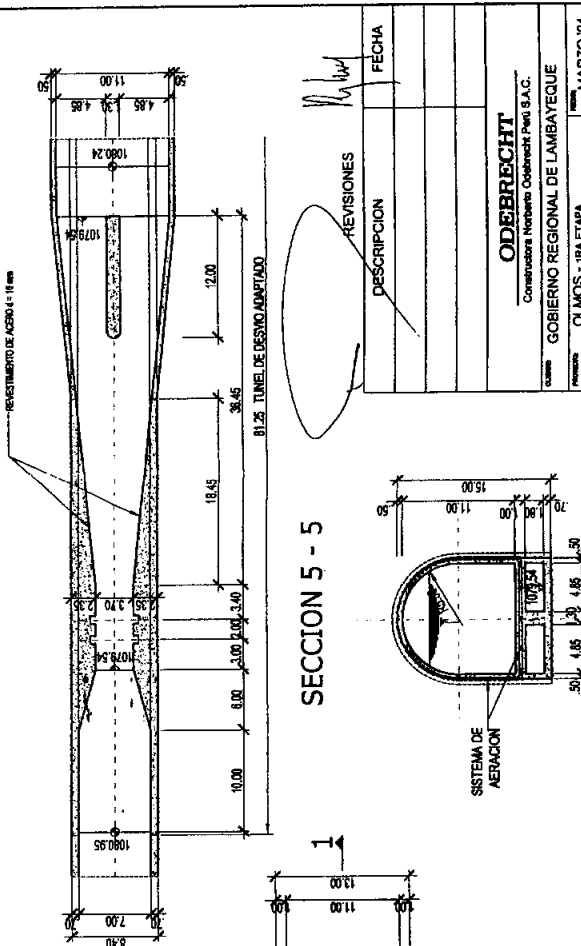
SECCION 1 - 1



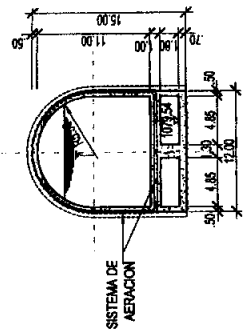
SECCION 2 - 2



SECCION 3 - 3



SECCION 5 - 5



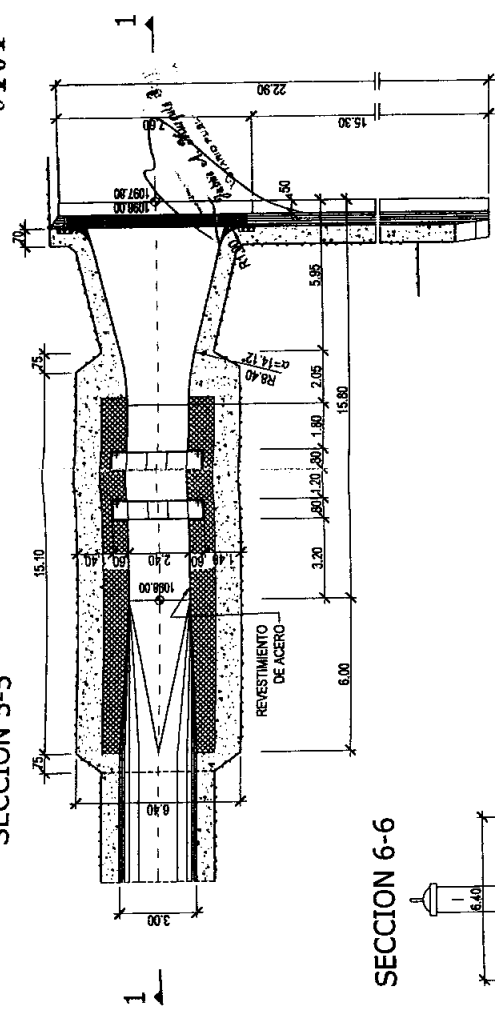
REVISIONES	FECHA

**ODEBRECHT**  
 Constructora Horizonte Odebrecht Peru S.A.C.  
 CLIENTE: GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE  
 PROYECTO: OLMOS - 1RA ETAPA  
 OBRERA: ALIVIADERO Y TUNEL DE DESVIO  
 INDICADA: ENTRADA - PLANTA, PERFILES Y SECCIONES  
 VALOR: OL-ALV-001  
 FECHA: MARZO '04

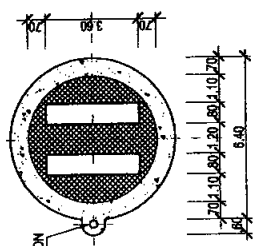




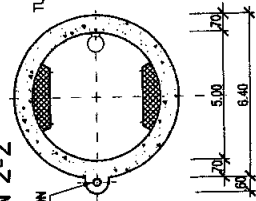
SECCION 5-5



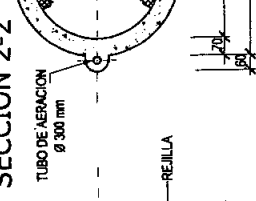
SECCION 4-4



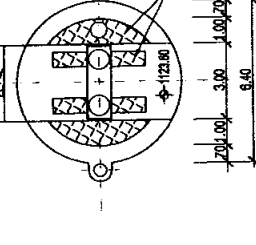
SECCION 3-3



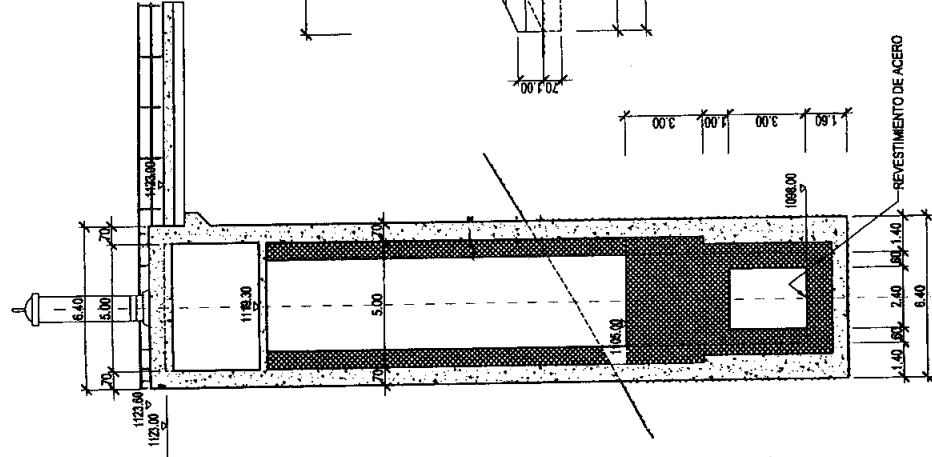
SECCION 2-2



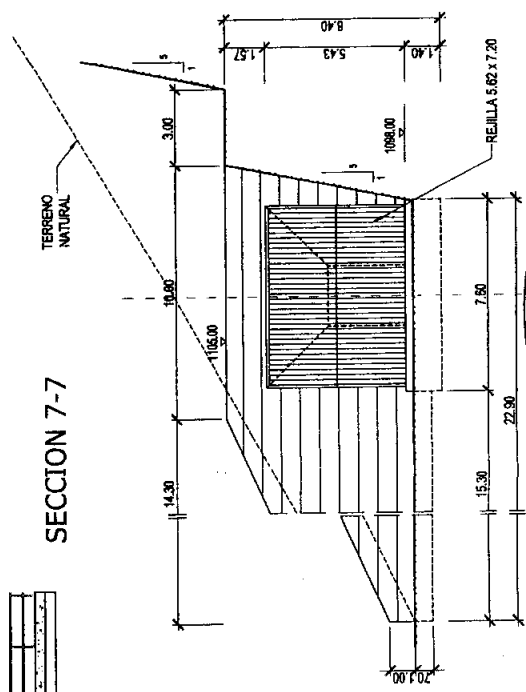
SECCION 1-1



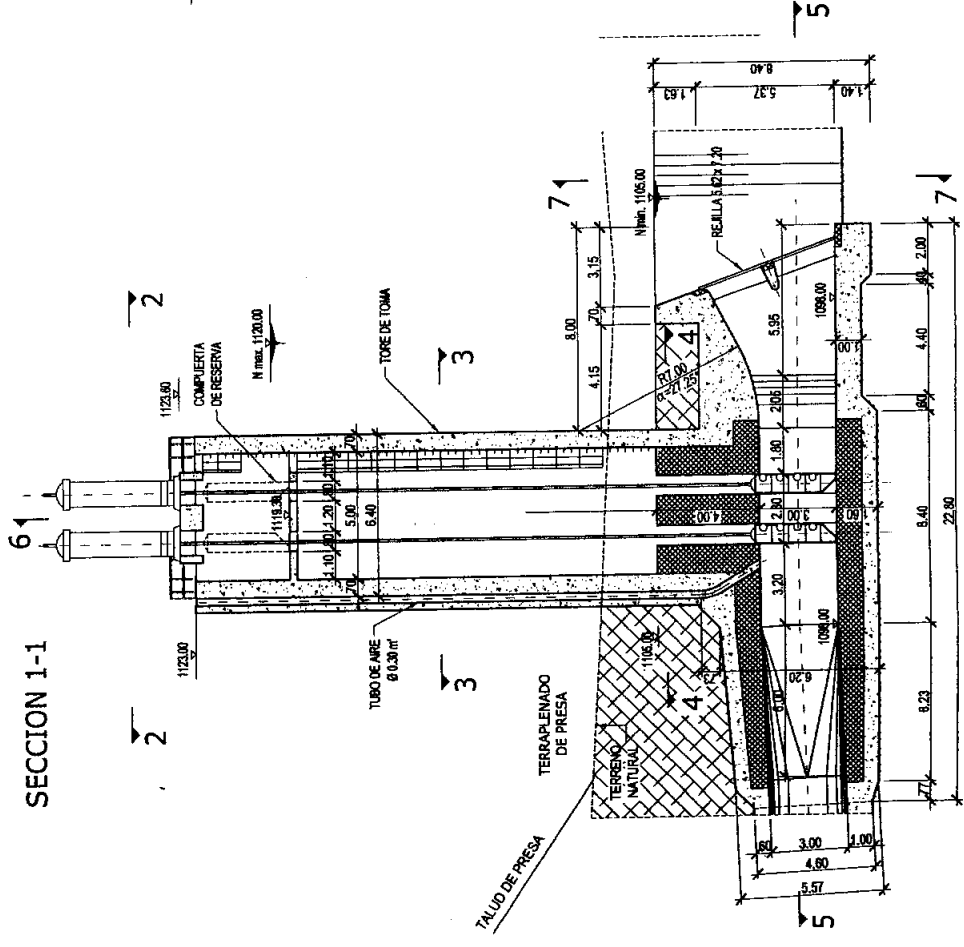
SECCION 6-6



SECCION 7-7



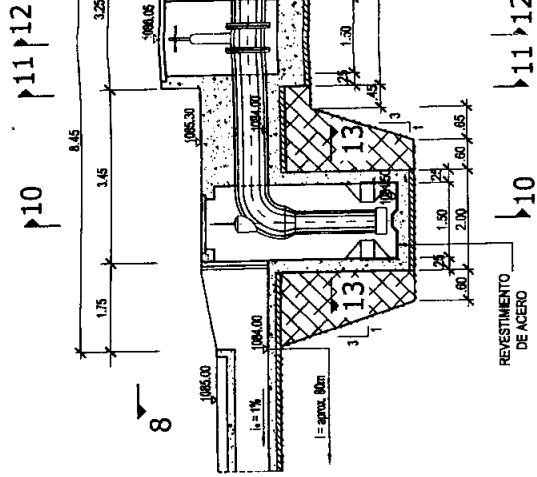
SECCION 1-1



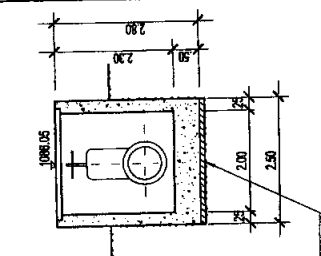
REVISIONES		FECHA
DESCRIPCION		

<b>ODEBRECHT</b>	
Construtora Odebrecht Participações S.A.C.	
Cliente	GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE
Proyecto	OLMOS - IRA ETAPA
Fecha	MARZO '04
Indicada	BOCATOMA PROVISIONAL
Indicada	ESTRUCTURA DE ENTRADA
Indicada	PLANTA Y SECCIONES
Indicada	OL-BPV-002

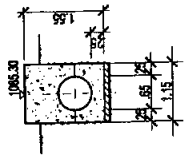
SECCION 9-9  
ESCALA 1:100



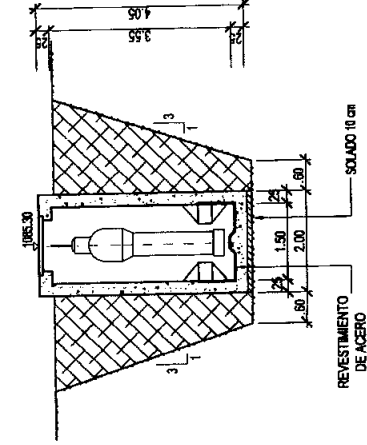
SECCION 12-12  
ESCALA 1:100



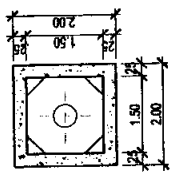
SECCION 11-11  
ESCALA 1:100



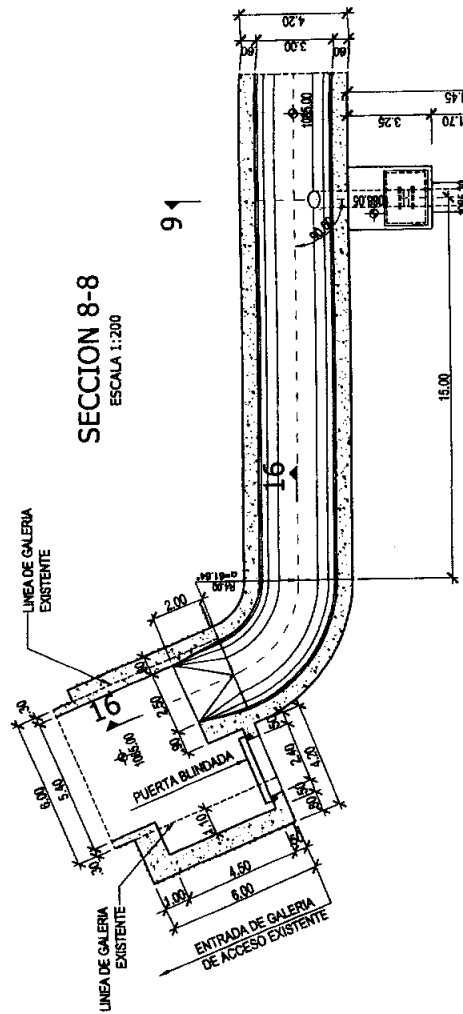
SECCION 10-10  
ESCALA 1:100



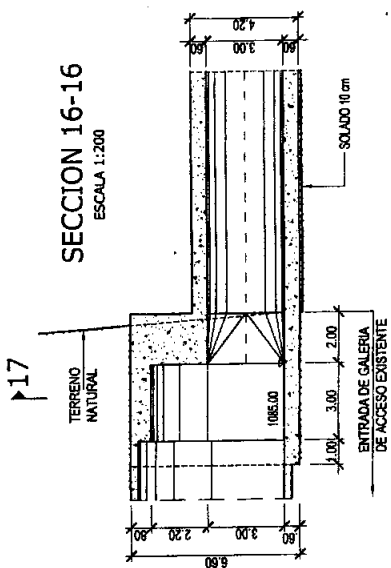
SECCION 13-13  
ESCALA 1:100



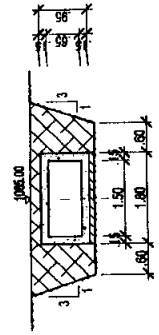
SECCION 8-8  
ESCALA 1:200



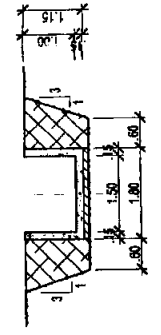
SECCION 16-16  
ESCALA 1:200



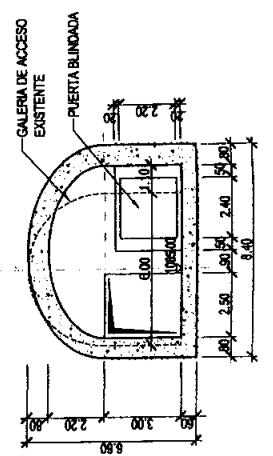
SECCION 14-14  
ESCALA 1:100



SECCION 15-15  
ESCALA 1:100



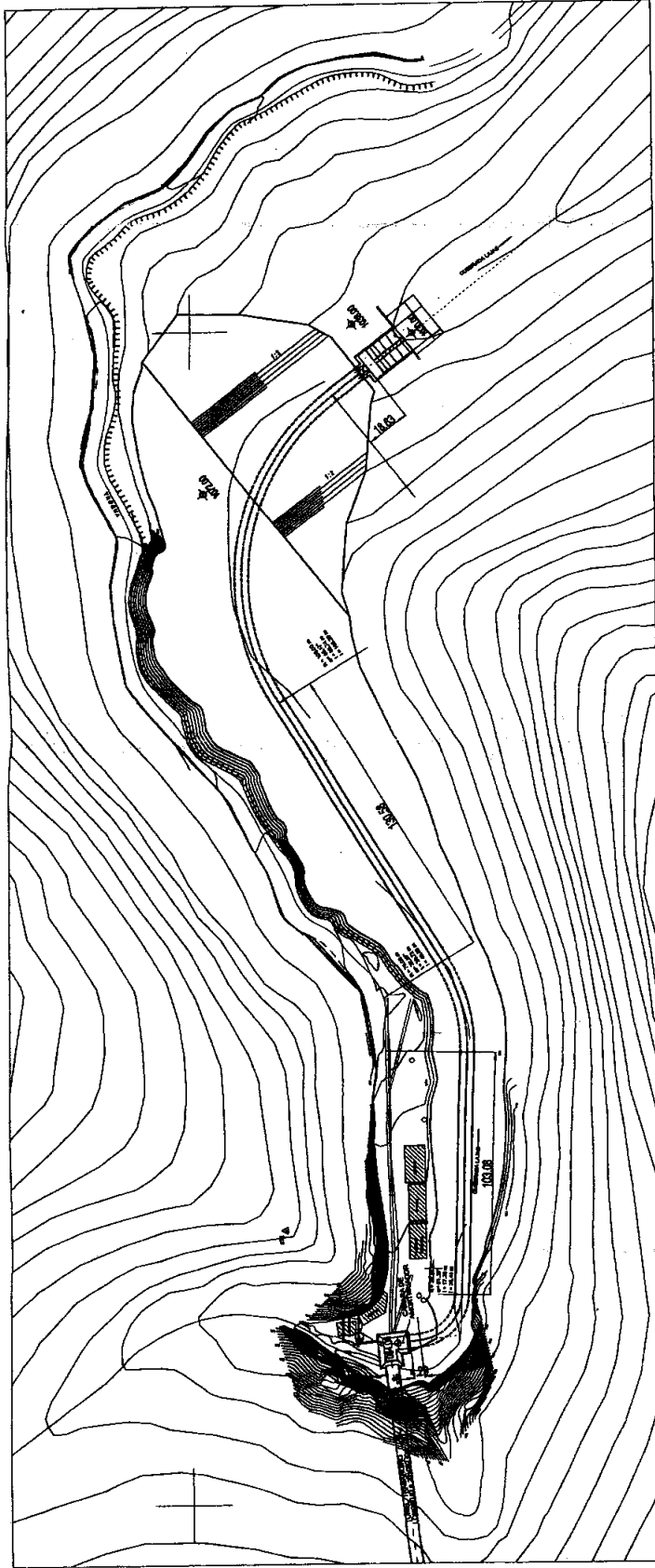
SECCION 17-17  
ESCALA 1:200



REVISIONES	DESCRIPCION	FECHA

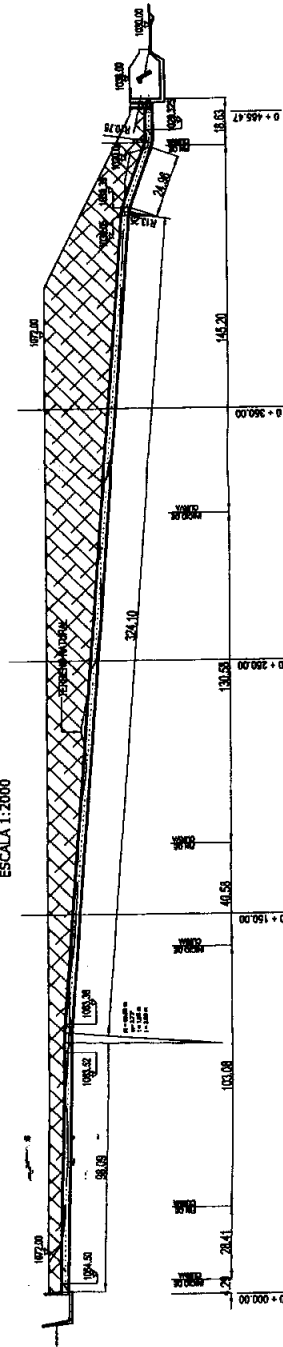
<b>ODEBRECHT</b> Constructora Norberto Odebrecht Peru S.A.C.	
CLIENTE	GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE
PROYECTO	OLIMPOS - IIR-ETAPA
FECHA	MARZO 04
INDICADA	BOCATONA PROVISIONAL CAUDAL BIOLÓGICO
PLANTA Y SECCIONES	OL-BPV-003

PLANTA  
ESCALA 1:2000

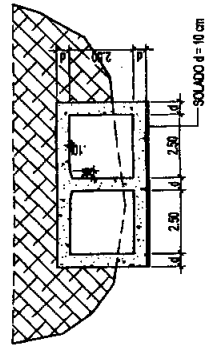


1. No se debe permitir el paso de vehículos pesados por el puente.  
 2. No se debe permitir el paso de camiones por el puente.

PERFIL LONGITUDINAL  
ESCALA 1:2000



SECCION TRANSVERSAL TIPICA  
ESCALA 1:2000



ESPESOR "d" SEGUN PROGRESIVA

d	PROGRESIVA
0.40	0 + 000.00 - 0 + 150.00
0.50	0 + 150.00 - 0 + 250.00
0.60	0 + 250.00 - 0 + 350.00
0.80	0 + 350.00 - 0 + 465.47

*Revisión*

REVISIONES

FECHA

DESCRIPCION

**ODEBRECHT**

Constructora Nichardo Odebrecht Peru S.A.C.

GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE

OLMOS - 1RA ETAPA

CONDUCTO LAJAS

PLANTA GENERAL (BOTADERO OCCIDENTE)

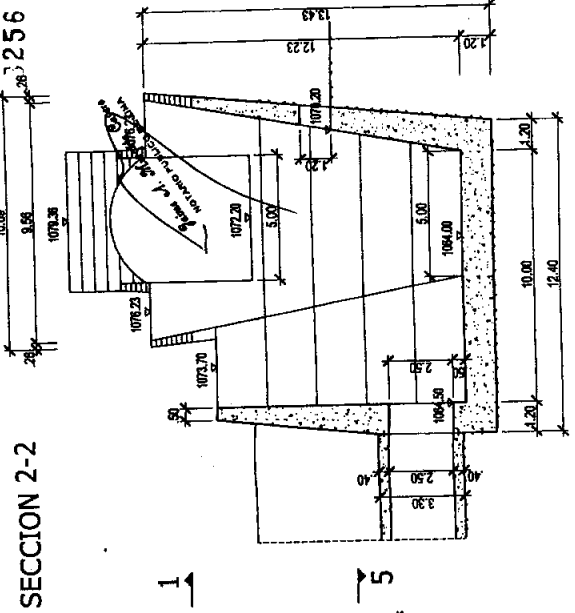
MARZO '04

1:2000

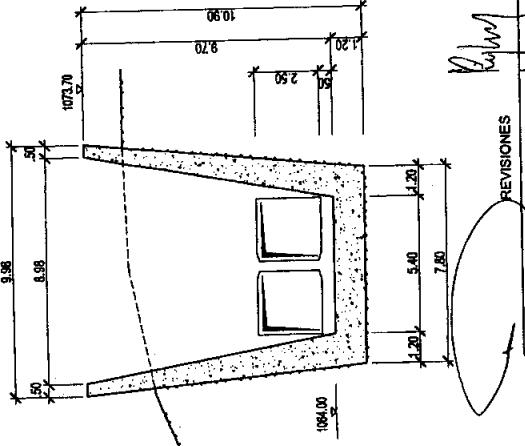
OL-CLJ-001



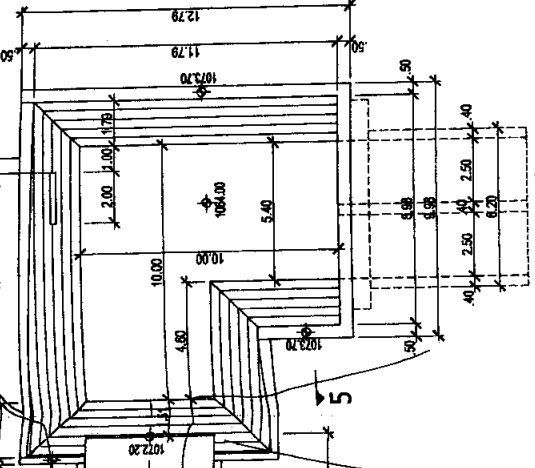
0104



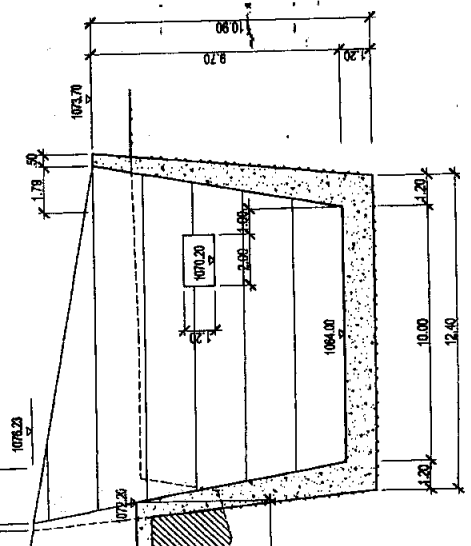
SECTION 5-5



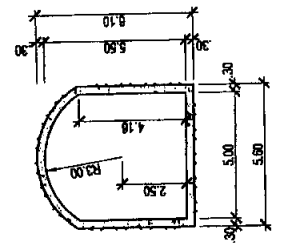
SECTION 2-2



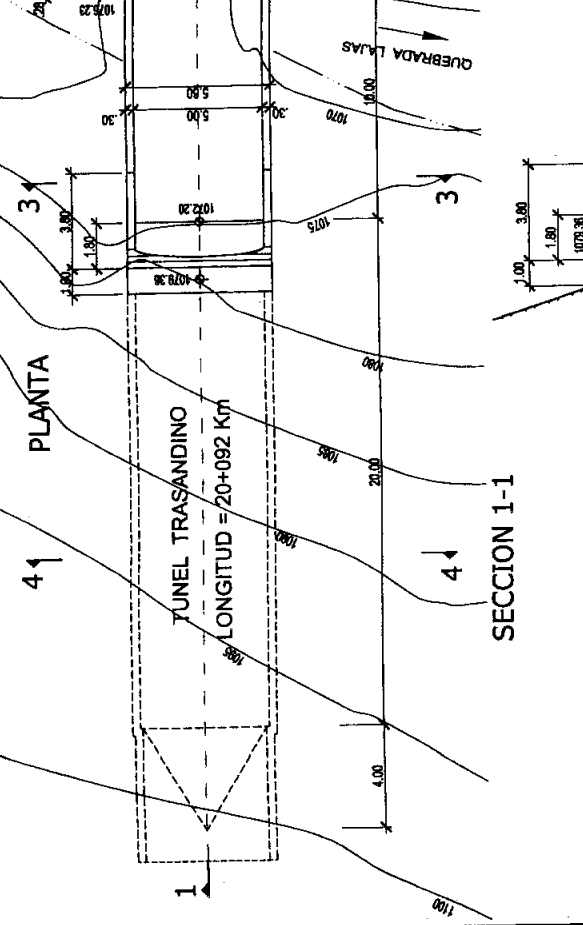
SECTION 2-1



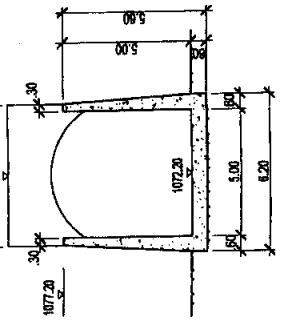
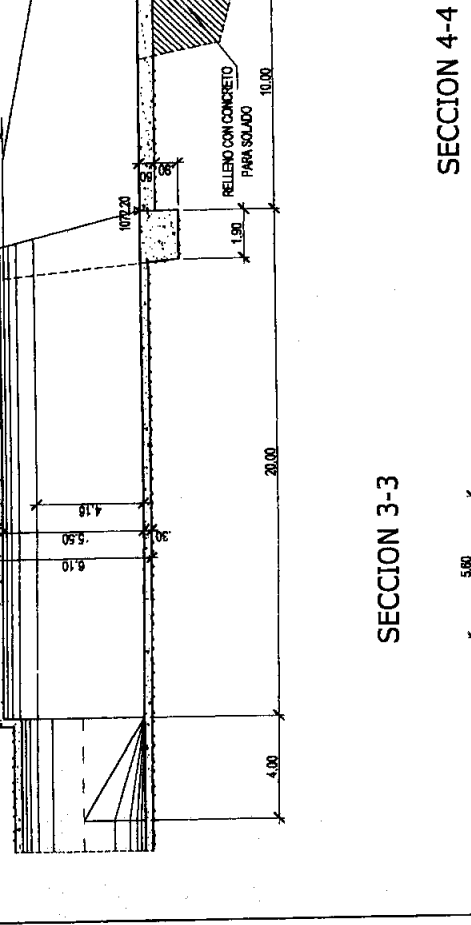
SECTION 4-4



SECTION 3-3



SECTION 1-1



REVISIONES	FECHA

ODEBRECHT

CONSTRUCTORA NORBERTO ODEBRECHT PERU S.A.C.

GOBIERNO REGIONAL DE LAMBATEQUE

OLMOS - 1RA ETAPA

CONDUCTO LAJAS

AMORTIGUADOR SALIDA TT

FECHA: MARZO 04

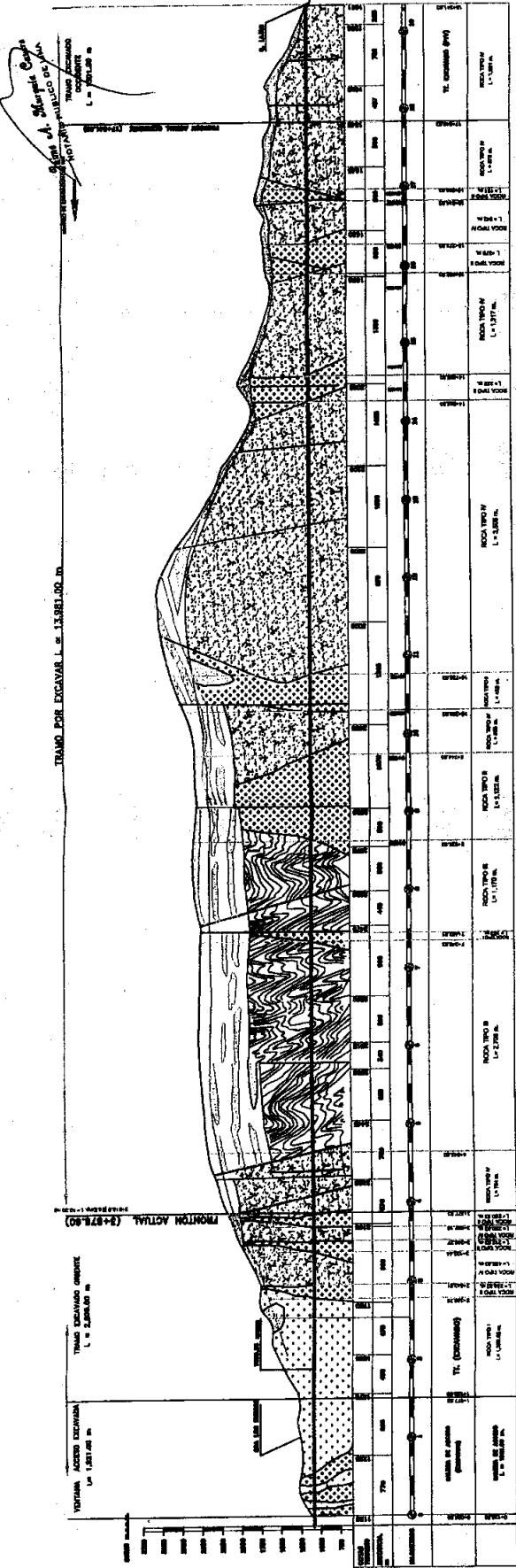
VAR.

CL-CL-002



CORTE LONGITUDINAL POR EL TRAZADO DEL TUNEL TRANSENDINO

Escala: 1:500



TUNEL TRANSENDINO EJECUTADO A JUNIO DEL 85	
<b>SECTOR</b>	<b>GALERIA DE ACCESO</b>
<b>CONDICIONES GEOLOGICAS</b>	ROCA VOLCANICA ANDESITICA COMPACTA A LA FORMACION DYTUM DEL JURASICO (J-4) INTRUSION POR PUNTO DE CONTACTO. EN EL TRAZADO DEL TUNEL SE ENCUENTRAN LAS FORMACIONES DE LAS QUE COMPONEN LA FORMACION TRANSENDINO Y CORRESPONDEN A LA FORMACION TRANSENDINO JURASICO (J-4) SUPERIOR (L-4).
<b>CONDICIONES GEOTECNICAS</b>	ROCA VOLCANICA COMPACTA A Roca Tipo II y IV. Las andesitas compactas corresponden a Roca II y Roca Tipo IV. Roca Tipo III y Roca Tipo V.
<b>CONDICIONES GEOLOGICAS</b>	ROCA TIPO I: Roca tipo I es una roca tipo I. Roca Tipo II: Roca tipo II es una roca tipo II. Roca Tipo III: Roca tipo III es una roca tipo III. Roca Tipo IV: Roca tipo IV es una roca tipo IV. Roca Tipo V: Roca tipo V es una roca tipo V.

**FORMACIONES VOLCANICAS**

- ROCA TIPO I: Roca tipo I es una roca tipo I.
- ROCA TIPO II: Roca tipo II es una roca tipo II.
- ROCA TIPO III: Roca tipo III es una roca tipo III.
- ROCA TIPO IV: Roca tipo IV es una roca tipo IV.
- ROCA TIPO V: Roca tipo V es una roca tipo V.

**COMPLEJO METAMORFICO DEL PALEOZOICO**

- FORMACION CUARZO: Formacion cuarzosa por recristalizacion de cuarzo y clastos de cuarzo.
- COMPLEJO METAMORFICO: Formacion cuarzosa y porfidos epitaxiales.

REVISIONES	FECHA

**ODEBRECHT**  
Ingeniería y Construcción

GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAEQUE

CLIENTE: OLMOS - RAETA

PROYECTO: TUNEL TRANSENDINO

PERFIL GEOLOGICO

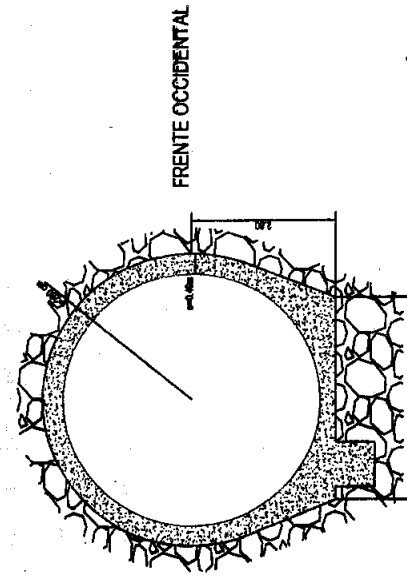
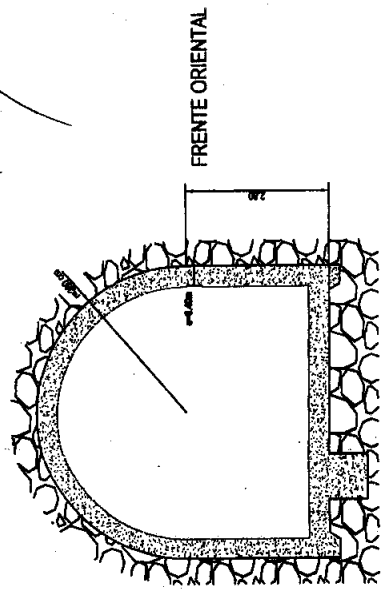
FECHA: MARZO '84

ESCALA: 1:2500

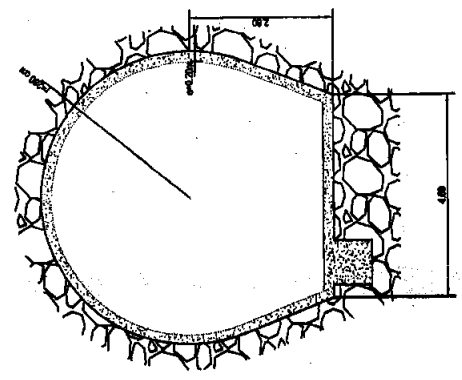
HOJA: 01-TR-001

TUNEL TRASANDINO  
TRAMOS EXCAVADOS

Sección en planta con el eje del túnel



TUNEL TRASANDINO  
TRAMO EN D&B  
SECCIONES A EXCAVAR

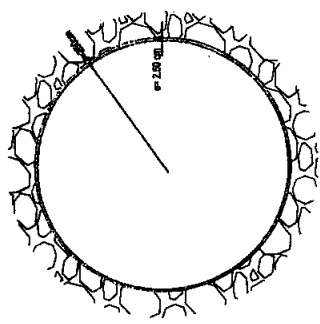


Largo Total en Roca Tipo IV: 7,569 m  
(10% con e=2,50cm de shotcrete)

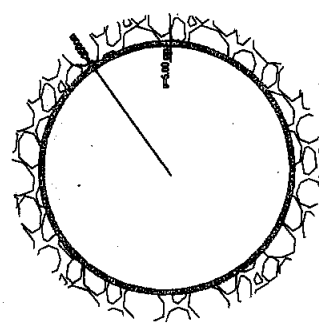
Largo Total en Roca Tipo III: 3,878 m  
(20% con e=5,00cm de shotcrete)

Largo Total en Roca Tipo I y II: 2,526 m  
(80% con e=5,00cm de shotcrete; marco metálico en perfil U de 5" con 8 pernos de 1" a cada 90 cm)

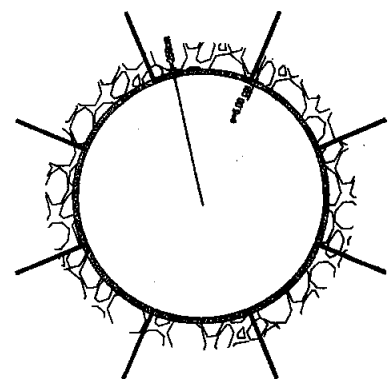
TUNEL TRASANDINO  
TRAMO EN TBM  
SECCIONES A EXCAVAR



ROCA TIPO IV



ROCA TIPO III



ROCA TIPO I y II

REVISIONES

DESCRIPCION

FECHA

*[Handwritten signature]*

**ODERRECHT**  
Ingeniería y Construcción

GOBIERNO REGIONAL DE LANARQUE	
CLMOS - SA. LOMA	MANZO VA
TUNEL TRASANDINO	SIM ESCOBA
SECCIONES TÍPICAS DE EXCAVACIONES	CL-3174-002