

**REPÚBLICA DEL PARAGUAY
ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

**PROGRAMA DE ENERGIA SOSTENIBLE
PARA EL DESARROLLO**

PLAN DE MODERNIZACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ACARAY



REVISIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS ACARAY E YGUAZÚ

INFORME INTEGRADO N° 1

**RECONOCIMIENTO DE LOS ANTECEDENTES
Y DEL ESTADO DE LAS OBRAS**

RESUMEN DE LA VISITA DEL 10 AL 13 DE JULIO DE 2018

**CONSULTORES
ING. GEÓLOGO JUAN BUSTINZA
ING. ELECTRICISTA RAÚL CASARINO
ING. CIVIL MARCELO ETCHEGORRY
ING. MECÁNICO ABEL GROSSO**

REVISIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS ACARAY E YGUAZÚ

INFORME INTEGRADO N° 1 RECONOCIMIENTO DE LOS ANTECEDENTES Y DEL ESTADO DE LAS OBRAS

RESUMEN DE LA VISITA DEL 10 AL 13 DE JULIO DE 2018

ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| 1. OBJETO DEL INFORME..... | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA VISITA..... | 1 |
| 2.1 Aspectos relevantes de la seguridad de las presas..... | 1 |
| 2.2 Programa de la visita..... | 3 |
| 2.3 Participantes..... | 4 |
| 2.4 Principal información de referencia consultada | 5 |
| 3. OBRAS CIVILES Y EQUIPAMIENTO DE LA PRESA ACARAY | 7 |
| 3.1 Breve descripción de las obras y su equipamiento..... | 7 |
| 3.1.1 Obras civiles..... | 7 |
| 3.1.2 Equipamiento hidro-electromecánico..... | 8 |
| a) Equipamiento del vertedero: | 8 |
| b) Equipamiento del vano de descarga de elementos flotantes: | 9 |
| c) Equipamiento del descargador de fondo: | 10 |
| d) Equipamiento de las tomas de agua de las centrales: | 11 |
| e) Equipamiento del pozo de achique: | 12 |
| f) Instalaciones de alimentación eléctrica de la presa: | 12 |
| 3.2 Reconocimiento del estado de las obras y su equipamiento..... | 13 |
| 3.2.1 Presa de hormigón | 13 |
| a) Estado de la galería inferior: | 13 |
| b) Aforos de filtraciones y pozo de bombeo:..... | 13 |
| c) Niveles piezométricos: | 13 |
| d) Sistema de drenaje:..... | 14 |
| e) Inyecciones de contacto presa-fundación:..... | 14 |
| f) Cortina de inyecciones:..... | 15 |
| g) Extremo izquierdo de la galería:..... | 15 |
| h) Extremo derecho de la galería: | 15 |
| i) Deformaciones: | 15 |
| j) Canal de desvío:..... | 16 |
| k) Estado del hormigón:..... | 16 |
| l) Deslizamiento de talud en la entrada a la galería inferior:..... | 16 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.2.2 | Presa de materiales sueltos | 17 |
| a) | <i>Estado del terraplén:</i> | 17 |
| b) | <i>Control planialtimétrico:</i> | 18 |
| c) | <i>Presiones intersticiales:</i> | 18 |
| d) | <i>Filtraciones:</i> | 19 |
| 3.2.3 | Equipamiento hidro-electromecánico..... | 19 |
| a) | <i>Equipamiento del Vertedero:</i> | 20 |
| b) | <i>Equipamiento del vano de descarga de elementos flotantes:</i> | 21 |
| c) | <i>Equipamiento del descargador de fondo:</i> | 22 |
| d) | <i>Equipamiento de las tomas de agua de las centrales:</i> | 23 |
| e) | <i>Equipamiento del pozo de achique:</i> | 24 |
| f) | <i>Instalaciones de alimentación eléctrica de la presa:</i> | 24 |
| 4. | OBRAS CIVILES Y EQUIPAMIENTO DE LA PRESA YGUAZÚ | 25 |
| 4.1 | Breve descripción de las obras y su equipamiento..... | 25 |
| 4.1.1 | Obras civiles..... | 25 |
| 4.1.2 | Equipamiento hidro-electromecánico..... | 26 |
| a) | <i>Equipamiento del vertedero:</i> | 26 |
| b) | <i>Equipamiento del descargador de fondo:</i> | 27 |
| c) | <i>Equipamiento del pozo de achique:</i> | 28 |
| d) | <i>Instalaciones de alimentación eléctrica de la presa Yguazú:</i> | 29 |
| 4.2 | Reconocimiento del estado de las obras y su equipamiento..... | 30 |
| 4.2.1 | Presa de hormigón | 30 |
| a) | <i>Estado de la galería inferior:</i> | 30 |
| b) | <i>Aforos de filtraciones y pozo de bombeo:</i> | 31 |
| c) | <i>Niveles piezométricos:</i> | 31 |
| d) | <i>Deformaciones:</i> | 31 |
| e) | <i>Estado del hormigón:</i> | 32 |
| 4.2.2 | Presa de materiales sueltos | 32 |
| a) | <i>Reacondicionamiento de su auscultación:</i> | 32 |
| b) | <i>Estado del terraplén:</i> | 33 |
| c) | <i>Control planialtimétrico:</i> | 34 |
| d) | <i>Presiones intersticiales:</i> | 35 |
| e) | <i>Filtraciones:</i> | 35 |
| 4.2.3 | Equipamiento hidro-electromecánico..... | 36 |
| a) | <i>Equipamiento del vertedero:</i> | 36 |
| b) | <i>Equipamiento del descargador de fondo:</i> | 38 |
| c) | <i>Equipamiento del pozo de achique:</i> | 38 |
| d) | <i>Instalaciones de alimentación eléctrica de la presa Yguazú:</i> | 39 |

**ANEXOS: ILUSTRACIONES RECOPILADAS Y FOTOGRAFÍAS TOMADAS
DURANTE LA VISITA**

ANEXO I A: ILUSTRACIONES DE LAS OBRAS CIVILES DE LA PRESA DE
RETENCIÓN ACARAY

ANEXO I B: ILUSTRACIONES DEL EQUIPAMIENTO HIDROELECTRO-
MECÁNICO DE LA PRESA DE RETENCIÓN ACARAY

ANEXO II A: ILUSTRACIONES DE LAS OBRAS CIVILES DE LA PRESA DE
REGULACIÓN YGUAZÚ

ANEXO II B: ILUSTRACIONES DEL EQUIPAMIENTO HIDROELECTRO-
MECÁNICO DE LA PRESA DE REGULACIÓN YGUAZÚ

1. OBJETO DEL INFORME

El objeto de este informe es el de documentar la gestión de recopilación de antecedentes y los registros devenidos del reconocimiento del estado de las obras civiles e instalaciones hidro-electromecánicas de cierre de las Presas Acaray e Yguazú relevados durante la visita que los días 10 al 13 de julio de 2018 efectuaron los autores del presente, ingeniero geólogo Juan Bustinza; ingeniero electricista Raúl Casarino; ingeniero civil Marcelo Etchegorry e ingeniero mecánico Abel Grosso.

Éste constituye el Informe N° 1 (Inicial) requerido en el acápite 4.1 de los respectivos términos de referencia de los contratos suscriptos en junio de 2017 con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) por cada uno de los citados autores, en el marco de la solicitud de apoyo técnico al Equipo de la División de Energía que coordina el Ing. Roberto Aiello – Especialista Regional Principal de Energía (ENE/CPR) basado en la oficina del BID en Asunción del Paraguay –, en relación con la revisión de las condiciones de seguridad que exhiben las Presas Acaray e Yguazú con miras a la implementación a través del Préstamo PR-L1156 del Plan de Corto Plazo de Modernización y Repotenciación de la Central Hidroeléctrica Acaray I y obras conexas del Complejo Acaray-Yguazú, incluyendo sustanciales mejoras en los sistemas de auscultación e instalaciones hidro-electromecánicas de dichas presas y sus sistemas de alimentación eléctrica, entre otras.

Este informe se complementa con el Informe N° 2 en el cual los autores resumen su evaluación sobre el estado de las obras en lo atinente a la seguridad y ofrecen sus recomendaciones para su operación confiable.

2. INTRODUCCIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA VISITA

2.1 Aspectos relevantes de la seguridad de las presas

La seguridad de las presas está vinculada al mantenimiento de su integridad estructural y su estabilidad frente a las cargas normales y excepcionales a las que estará sometida, así como al correcto funcionamiento de sus órganos de evacuación.

El inicio de fenómenos que degraden tales condiciones puede ser detectado anticipadamente mediante un adecuado programa de vigilancia que, para el tipo de presas que nos ocupa, incluye normalmente lecturas de instrumental, inspecciones visuales frecuentes y pruebas funcionales de los órganos de evacuación, datos que procesados e interpretados por personal competente permiten diagnosticar el nivel de seguridad de la presa.

Atendiendo a las particulares características de cada presa y su cimentación, el plan de vigilancia o auscultación identifica los puntos de control o instrumentos que podrían

detectar desvíos en las condiciones de funcionamiento, debiendo atenderse principalmente las deformaciones tanto planimétricas como altimétricas, las sub-presiones en la cimentación, la aparición de fisuras, las filtraciones en el cuerpo de la presa y en la misma cimentación, junto al control de procesos de sifonaje o migración de material sólido o disuelto.

En ambas presas el macizo rocoso de fundación está integrado por coladas basálticas pertenecientes a la Formación Serra Geral de amplia difusión geográfica, cuya meteorización produce masas de suelo de cobertura predominantemente arcilloso o arcillo-limoso denominado suelo laterítico.

Normalmente las coladas son horizontales y con espesores variables desde pocos a decenas de metros, variando su tipología desde brechosa en la base, masiva a columnar en el centro, alveolar y amigdaloides hacia los sectores superiores y en su tope en ocasiones presenta material lapillítico granular.

No obstante la gran variabilidad de los parámetros geo-mecánicos e hidráulicos de estas coladas, la documentación analizada previamente a la visita a la que se refiere el presente informe muestra para ambas presas un macizo rocoso apto para la fundación de las estructuras, proveedor también de excelente material para los enrocados de protección de los terraplenes y áridos del hormigón por su dureza y consistencia.

Los suelos lateríticos, una vez retirada la capa superficial, constituyen la cimentación de los terraplenes de baja altura y han sido utilizados para construir las zonas impermeables de los terraplenes por su excelente aptitud geo-mecánica e hidráulica.

Por su parte, la verificación de la conservación y aptitud funcional de los órganos de evacuación, ya sea de erogación de caudales por los vertederos y descargadores de fondo controlados por compuertas así como de obturación de las tomas de agua, asume un rol fundamental para prevenir respectivamente el eventual sobrepaso, la carga excesiva de las presas en condiciones de falla y las consecuencias de la rotura de las conducciones forzadas dispuestas aguas abajo de las citadas tomas.

Lo expuesto, junto con la imprescindible atención que requiere el nuevo hidrograma de caudales afluentes en ocasión de la crecida máxima probable (CMP) determinada en 2017 en el marco de la Consultoría SP11 financiada por el BID, constituyeron la guía con la que los autores han planificado la recopilación in situ de la documentación técnica antecedente necesaria para poner en evidencia las hipótesis de diseño del proyectista, así como la visita de reconocimiento del estado de las presas Acaray e Yguazú, de sus sistemas de auscultación, del equipamiento hidro-electromecánico y de sus sistemas de alimentación eléctrica normal y de emergencia.

2.2 Programa de la visita

Conforme con lo previamente convenido entre la delegación local del BID y el personal de dirección de la Central Hidroeléctrica Acaray a cargo de la operación del Complejo Acaray-Yguazú, entre los días martes 10 y viernes 13 de julio de 2018 los ingenieros Bustinza, Etchegorry y Grosso se constituyeron en el emplazamiento de las obras desarrollando la siguiente agenda de actividades planificadas.

- Día 10/Jul-Mañana: Reunión inicial en dependencias de la Central Acaray en la que se informó al personal técnico de conducción del Complejo Acaray-Yguazú los objetivos y alcance de las inspecciones de reconocimiento y pruebas funcionales a realizar sobre el equipamiento hidro-electromecánico, luego de lo cual se coordinaron los detalles programáticos de la visita a las obras.
- Día 10/Jul-Tarde: Toma de conocimiento y recopilación de la información de interés exhibida en el Data-Room preparado al efecto por ANDE (Ver Acápites 2.4 “Principal información de referencia consultada”).
- Día 11/Jul-Mañana: Recorrida general de reconocimiento visual de las obras de la presa de regulación Yguazú.
- Día 11/Jul-Tarde: Revisión del estado de conservación y funcionamiento del sistema de auscultación de las obras civiles de la presa de regulación Yguazú, por parte de los Ings. Bustinza y Etchegorry.
- Reconocimiento del estado de conservación y operación del equipamiento hidromecánico de la presa de regulación Yguazú por parte del Ing. Grosso, incluyendo el vertedero, el descargador de fondo, el sistema de drenaje de la presa y los sistemas de alimentación eléctrica normal y de emergencia.
- Ejecución de pruebas de cierre y apertura parcial con carga de ambas compuertas radiales del vertedero, instruidas a pie de equipo.
- Día 12/Jul-Mañana: Recorrida general de reconocimiento visual de las obras de la presa Acaray.
- Ejecución de pruebas funcionales de cierre en aguas muertas sobre las compuertas de guardia de la toma de la Central Acaray II, instruidas a distancia y a pie de equipo.

| | |
|--------------------|--|
| | Inspección de reconocimiento sub-acuático mediante cámara de video del estado de la toma y la sección de la ataguía de mantenimiento del descargador de fondo de la presa Acaray. |
| Día 12/Jul-Tarde: | Revisión del estado de conservación y funcionamiento del sistema de auscultación de las obras civiles de la presa Acaray por parte de los Ings. Etchegorry y Bustinza. Reconocimiento del estado de conservación y operación del equipamiento hidromecánico de la presa de Acaray por parte del Ing. Grosso, incluyendo los sistemas de alimentación eléctrica normal y de emergencia. Ejecución de pruebas de apertura y cierre total con carga de la compuerta radial del vano N° 4. |
| Día 13/Jul-Mañana: | Revisión de la rehabilitación y mejoras introducidas en 2012/13 en el sistema de auscultación de la presa Yguazú. Toma de conocimiento de videos realizados durante la etapa de la construcción de las obras de la presa Acaray. |
| Día 13/Jul-Tarde: | Reunión con el personal de conducción técnica del Complejo Acaray-Yguazú para tomar conocimiento de los planes vigentes de operación y mantenimiento de las obras de las presas Acaray e Yguazú, incluyendo el equipamiento hidro-electromecánico. Reunión de cierre de la misión. |

2.3 Participantes

Participaron de la visita a la que se refiere el presente informe, los siguientes profesionales de ANDE pertenecientes al staff de conducción del Complejo Acaray-Yguazú:

| | |
|---------------------|--|
| Ing. Héctor Vera | Jefe de División Generación. |
| Ing. Félix Barrios | Jefe de Departamento Central Acaray. |
| Ing. Gustavo Arias | Jefe de Sección Operación y Programación de Mantenimiento. |
| Ing. José Maldonado | Jefe de Sección Mantenimiento. |
| Ing. José Sánchez | Inspector de los trabajos ejecutados en 2012/13 para la mejora del sistema de auscultación de la presa Yguazú. |
| Arq. Nilda Giménez | Jefe de la Oficina Técnica a cargo de la documentación de las obras. |

Asimismo, acompañaron la recorrida efectuada por las obras, respondieron las consultas formuladas y ejecutaron las pruebas antes citadas de acuerdo con su especialidad, los

siguientes técnicos calificados de la planta permanente de ANDE afectados al Complejo Acaray-Yguazú:

| | |
|-----------------------|--|
| Sr. Alcides Duarte | Sección Mantenimiento Mecánico |
| Sr. Víctor Aranda | Sección Mantenimiento Mecánico |
| Sr. Pedro Velázquez | Sección Mantenimiento Mecánico |
| Sr. José Lobera | Sección Mantenimiento Mecánico |
| Sr. Isidoro Fernández | Sección Mantenimiento Mecánico |
| Sr. José Martínez | Sección Mantenimiento Mecánico |
| Sr. Teódulo Ferreira | Sección Mantenimiento Eléctrico |
| Sr. Pablo Duarte | Sección Mantenimiento Electrónico y Mediciones |
| Sr. Mario Sosa | Sección Mantenimiento Electrónico y Mediciones |
| Sr. José Cabrera | Sección Mantenimiento Electrónico y Mediciones |

Las reuniones con el Jefe de la Central y el personal de la planta permitieron a los autores conocer detalles del diseño, la construcción y la modalidad con que se operan las presas de Acaray e Yguazú, constituyendo un valioso complemento de la documentación que nos fue provista; en especial, cabe destacar la reunión mantenida con el Ing. José Sánchez quien, por haber participado en el seguimiento de las tareas de reacondicionamiento que en 2012/13 se practicó sobre el sistema de auscultación de la presa Yguazú, brindó importante información sobre esa obra.

2.4 Principal información de referencia consultada

A los fines de la gestión de la encomienda a la que se refiere el presente informe, los autores consultaron, entre otra, la información relevante de referencia que se indica a continuación, cuya mención fue ordenada cronológicamente por su fecha de elaboración:

- | | | |
|---|--|---|
| 1 | Planos de Proyecto de las Obras Civiles de la Presa Acaray y de la Central Acaray I | ELC-Electroconsult Milán – Italia Mayo de 1964 |
| 2 | Planos de Proyecto del Equipamiento Hidromecánico de la Presa Acaray y Diagramas Unifilares Eléctricos de la Central Acaray I. | ELC-Electroconsult Milán – Italia Junio de 1964 |
| 3 | Informe de Factibilidad del Aprovechamiento Hidroeléctrico Integral del Río Acaray. Volumen I – Anteproyecto. | ELC-Electroconsult Milán – Italia Junio de 1970 |

**REPÚBLICA DEL PARAGUAY
ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

- | | | |
|----|---|---|
| 4 | Informe de la Presa Acaray. Controles y Mediciones en la Presa de Hormigón y en la Presa de Tierra. | Estudios de Campo ANDE Asunción–Paraguay Julio de 1972 |
| 5 | Informe Final del Contrato de Obras Civiles y Electromecánicas de la Central Hidroeléctrica de Acaray I. Incluye información relevante de la presa. | ELC-Electroconsult Milán – Italia Mayo de 1973 |
| 6 | Planos de Detalle del Equipamiento Hidromecánico de la Presa Yguazú. Incluye Compuertas Descargador de Fondo (ATB-Brasil-S/F) y Compuertas Vertedero (SERMEC-Brasil-Octubre 1975). | ATB+SERMEC San Pablo-Brasil Octubre de 1975 |
| 7 | Planos de Proyecto y Construcción (As Built) de las Obras Civiles de la Presa Yguazú. Incluye Esquema Desvío (Main-Enero 1973) y Puente sobre Río Yguazú (Tecnipar-S/F). | CBPO San Pablo-Brasil Mayo de 1977 |
| 8 | Planos de Ubicación de Mojones y Vertederos Triangulares de la Presa Yguazú. Incluye Plano Ubicación Drenes Presa Hormigón (ANDE-S/F) | NIPPON KOEI Tokyo-Japón Setiembre de 2008 |
| 9 | Plan de Supervisión y Monitoreo de la Presa Yguazú. Informe de los Valores Umbrales de los Instrumentos de Auscultación e Inspecciones Visuales. Incluye Datos Hidrométricos 2013. | LOGOS Asunción-Paraguay Marzo de 2013 |
| 10 | Informe Final de Fase I del Contrato de Consultoría SP10 Diagnóstico Integral de los Equipos e Infraestructura del Complejo Acaray – Yguazú. Volúmenes I y III – Informe Principal y Anexos | MHI-HATCH Manitoba– Canadá Julio de 2017 |
| 11 | Informe Final Contrato Consultoría SP11 Estudio Hidrológico Integral de la Cuenca del Río Acaray Incluyendo Crecida Máxima Posible y Efectos del Cambio Climático | MWH-IATASA-ELC Argentina Agosto de 2017 |

Una versión de toda la información antes enumerada en el orden citado, puede obtenerse siguiendo el enlace de Internet indicado en el correo de envío del presente.

Los documentos referenciados con los índices 1 a 9 inclusive se presentan como imágenes digitales de la información original, en tanto los más recientes 10 y 11 están en formato Adobe (pdf) con acceso a la adición de comentarios. Sobre estos últimos citados hemos resaltado los párrafos en los que los respectivos autores consideran temas que guardan relación con el objeto de este informe.

3. OBRAS CIVILES Y EQUIPAMIENTO DE LA PRESA ACARAY

3.1 Breve descripción de las obras y su equipamiento

3.1.1 Obras civiles

La presa de retención Acaray consta de dos tramos, el primero está constituido por una presa de hormigón que se desarrolla desde la margen izquierda y ocupa el centro del valle, y el segundo conformado por una presa de materiales sueltos que a partir de la anterior cierra el valle hacia la margen derecha. La ilustración N° I A.1 muestra en planta esta disposición, mientras que la ilustración I A.2 presenta las secciones transversales típicas de la presa de hormigón y materiales sueltos.

La presa de hormigón tiene una altura máxima de 41 m y una longitud de coronamiento de unos 381 m; aloja a los órganos de toma, descargador de fondo y vertedero como se ilustra en I A.3 e I A.4, donde también se muestra que en su interior y aproximadamente a un metro por arriba del contacto presa-fundación contiene una galería inferior.

Esta galería permite controlar filtraciones de juntas verticales y contactos horizontales entre tongadas del hormigón mediante 81 drenes verticales ascendentes (separados 5 m entre sí), y aliviar sub-presiones en la fundación mediante drenes verticales descendentes ubicados en correspondencia con los anteriores; el agua drenada es conducida por una canaleta equipada con aforadores triangulares tipo Thompson hacia un pozo de bombeo desde el cual se extrae el agua hacia el exterior. Para reducir las filtraciones por la roca de fundación fue ejecutada una cortina de inyecciones que inclina unos 15° hacia aguas arriba, que fue reforzada con una cortina suplementaria para reemplazar a un dentellón o trinchera en el talón de la presa previsto originalmente en el proyecto y que se observa en la ilustración I A.4. En la misma ilustración se muestra la cortina de drenaje vertical que se dispuso hacia aguas abajo de la cortina de inyecciones para reducir las sub-presiones en la fundación.

El terraplén que cierra hacia margen derecha tiene una longitud de coronamiento de 387 m y una altura máxima de 32 m. Como puede verse en las secciones transversales de las ilustraciones I A.5 y I A.6, se trata de una presa homogénea con un dren inclinado ubicado aguas abajo del eje de la presa, que se conecta con un dren horizontal en la base del espaldón de aguas abajo y éste con el dren de pie de presa conformado por enrocado que conduce las eventuales filtraciones hacia el río.

Todos estos elementos drenantes están protegidos con un filtro arenoso. En el dentellón de su fundación se ejecutó una cortina de inyecciones. En los últimos 100 m donde el terraplén reduce su altura a menos de 10 m, no se construyeron los drenes inclinados y horizontal, disponiéndose sólo el dren de pie de presa como se observa en la ilustración I A.6.

Para el control de la seguridad de la presa de hormigón se instalaron 15 piezómetros en el contacto presa-fundación, los 81 drenes ascendentes y otros 81 descendentes a la fundación y los 8 aforadores tipo Thomson arriba mencionados, con más 2 líneas de colimación con sus bases fijas y 3 bases a controlar.

Para el control de la presa de materiales sueltos se instalaron 9 asentímetros, 9 piezómetros tipo Casagrande, 20 células piezométricas electroacústicas, 9 puntos de nivelación y su base fija, una línea de colimación con su base fija y 3 puntos a controlar, y finalmente una caseta aforadora totalizadora de las filtraciones al pie de la presa en proximidades del río.

Las ilustraciones I A.7 y I A.9 muestran la distribución prevista en el proyecto ejecutivo de ELC, luego levemente ajustado durante la obra conforme se describió más arriba y se ilustra en I A.8 y I A.10.

3.1.2 Equipamiento hidro-electromecánico

La presa Acaray dispone de órganos de control hidro-electromecánicos que sirven a los siete (7) vanos del vertedero, al vano de descarga de elementos flotantes, las dos (2) descargas de fondo y las tomas de las centrales Acaray I y Acaray II, así como también un sistema de achique por bombeo de las aguas de filtración colectadas en el pozo sumidero de la presa. En la Ilustración B.1 se muestra en planta la ubicación de los equipos hidro-electromecánicos principales y en la Ilustración I B.2 se resumen en elevación los esquemas básicos del proyecto en las secciones en que éstos han sido dispuestos.

En los acápites siguientes se ofrece una breve descripción de sus características de diseño principales, así como también se presentan los componentes que en cada caso han sido instalados para efectuar tanto su operación como su mantenimiento y alimentación eléctrica.

a) *Equipamiento del vertedero:*

El vertedero ha sido equipado con siete (7) compuertas radiales de segmento – tipo Taintor – destinadas al control de las erogaciones hacia el curso histórico del río Acaray. Fabricadas en acero al carbono no aleado, cada una tiene 14,5 m de ancho, 8,9 m de altura y un radio de giro de 10,0 m medido desde el centro del gorrón hasta el escudo. El umbral de apoyo ha sido dispuesto a la cota 176,7 aguas abajo de la cresta (Ver ilustraciones I B.3 a I B.5).

Según los cálculos realizados por MWH-IATASA-ELC durante el desarrollo de la Consultoría SP11 (Referencia 10) la capacidad de descarga del vertedero de la presa Acaray operando en su nivel máximo normal de cota 185,2 es de aproximadamente 5.100 m³/s y a la cota de operación máxima excepcional de 187,0

– la que aún guarda una revancha de 2,2 m respecto de la cota 189,2 del coronamiento – el caudal total de descarga asciende a unos 7.000 m³/s.

Siendo la cota de la cresta la 177,0 y 158,0 la correspondiente al umbral de la obra de desvío – hoy desagüe de fondo –, la descarga del embalse hasta alcanzar la primera representa disminuir en aproximadamente un 40% la altura de la carga hidrostática que solicita a la presa. Esto requiere erogar a partir del nivel máximo normal un volumen de unos 120 hm³.

Cada compuerta del vertedero cuenta con un sistema de accionamiento propio operado a pie de equipo; del tipo electromecánico propulsado por un motor eléctrico dispuesto en el centro del vano, el que está vinculado a los tambores de arrollamiento de los cables de izaje ubicados en proximidades de las respectivas pilas, mediante sendos árboles de transmisión del par torsor y cajas reductoras de engranajes.

Mediante cuatro (4) paños de ataguías metálicas puede obturarse la aducción de un vano del vertedero por vez para proceder al mantenimiento de la respectiva compuerta radial o, eventualmente, cerrar el vano en caso de emergencia ante una falla de la compuerta radial. El manipuleo de estas ataguías ha sido confiado a un pórtico de 30 tn de capacidad, desplazamiento longitudinal sobre rieles e izaje por cable asistido mediante una viga pescadora.

b) Equipamiento del vano de descarga de elementos flotantes:

Sobre los módulos 12 y 13 de la presa de hormigón, en línea con el eje longitudinal del vertedero y entre éste y las tomas de las centrales Acaray I y II, se emplazan los dos conductos descargadores de fondo, también denominados en la documentación de referencia como desagües profundos. Entre ambos y por encima, a cota 183,0 se ha dispuesto un vano destinado a la descarga de elementos flotantes que pudieran ser arrastrados hasta la presa por la corriente del río Acaray.

Dicho vano está equipado con una compuerta del tipo vagón de ruedas de eje fijo, fabricada en acero al carbono no aleado, de 9,0 m de ancho y una altura de 2,6 m, cuyo umbral se ha ubicado levemente por debajo de la cota de la cresta (183,0) (Ver ilustraciones I B.6 y I B.7).

Su capacidad de descarga es de aproximadamente unos 60 m³/s cuando el nivel de embalse alcanza su máximo normal (185,2).

El accionamiento, operado a pie de equipo, es del tipo electromecánico propulsado por un motor eléctrico dispuesto en el centro del vano, el que está vinculado a los tambores de arrollamiento de los cables de izaje ubicados en proximidades de las

guías laterales, mediante sendos árboles de transmisión del par torsor y cajas reductoras de engranajes.

Las intervenciones de mantenimiento deben programarse en ocasión en que el pelo de agua del embalse se encuentre por debajo de la cresta de este vano, en razón de que no cuenta con previsiones en las obras civiles para disponer ataguías aguas arriba de la sección de trabajo de la compuerta de servicio.

c) *Equipamiento del descargador de fondo:*

El descargador de fondo consta de dos aberturas equipadas con sendas compuertas radiales de sector – con la cara aguas abajo cubierta y los muñones enrasados con el techo de cada conducción de desagüe –, fabricadas en acero al carbono no aleado, de 5,0 m de ancho por 6,0 m de altura, con un radio de giro de 7,5 m medido desde el centro del gorrón hasta el escudo (Ver ilustraciones I B.8 y I B.9).

Con el umbral de la toma dispuesto al nivel 158,0 la capacidad total de ambas descargas ha sido dimensionada para que escurra el caudal máximo de desvío esperado durante la segunda etapa de construcción de la obra; es decir, una vez completados los tramos de la presa de hormigón de margen izquierda y el vertedero emplazado en el valle del río Acaray. En su función de descargador de fondo, con el asiento de la compuerta radial a cota 157,8, a plena apertura y nivel de embalse máximo normal (cota 185,2), la capacidad de ambas conducciones de desagüe es de unos 1.000 m³/s. Inmediatamente por debajo de la cota de la cresta del vertedero (177,0), dicha capacidad se reduce a unos 820 m³/s y cuando el nivel del embalse alcanza el dintel del descargador (cota ≈164,0) el caudal erogado se estima en aproximadamente unos 300 m³/s.

La operación de cada compuerta radial se efectúa mediante la acción simultánea de dos servomotores asistidos por una central oleo-hidráulica dedicada propulsada por dos motores eléctricos, actuando indistintamente uno como respaldo del otro.

Para efectuar el mantenimiento de la compuerta radial de cada vano del descargador de fondo se han previsto dos (2) paños de ataguías metálicas para la obturación de una toma por vez, en correspondencia con las piezas fijas dispuestas en proximidad del paramento aguas arriba de la presa de hormigón. Hacia aguas abajo el canal de descarga no cuenta con una sección de cierre ni stop-logs para poner en seco el recinto de cada compuerta.

El manipuleo de traslación e izaje de dichas ataguías se realiza mediante el mismo pórtico que asiste al vertedero.

d) *Equipamiento de las tomas de agua de las centrales:*

Cada toma cuenta con dos (2) vanos separados por un pilar central, habiendo sido equipada con sendas dos (2) compuertas de servicio tipo vagón de ruedas de eje fijo, las que han sido previstas para cerrar simultáneamente en condiciones de emergencia – flujo pasante – ante una falla ya sea de la conducción forzada alimentada desde la toma respectiva o bien de una u otra de las válvulas de acometida a las correspondientes dos turbinas de cada central.

Cada compuerta, fabricada en acero al carbono no aleado, tiene un ancho de 3,8 m y una altura de 6,0 m, habiendo sido diseñada para descender por propio peso desde su posición de guardia (Ver ilustraciones I B.10 a I B.12).

El umbral de asiento fue dispuesto a la cota 168,7, habiéndose previsto para la operación normal de las turbinas una sumergencia mínima para las tomas de unos 3,3 m medidos desde el dintel del respectivo ducto de acometida a cada conducción forzada, razón por la cual la cota del nivel mínimo de embalse fue establecida en 178,0.

El accionamiento de cada compuerta es del tipo oleo-hidráulico integrado por un servomotor que controla la velocidad de descenso vía el paso de aceite a través de un orificio calibrado, en tanto para el izaje es asistido mediante una centralina común a los servomotores de las cuatro compuertas.

Su descenso puede instruirse desde la sala de control de las centrales o bien a pie de equipo en forma eléctrica o mecánica, en tanto su reposicionamiento luego de un disparo de emergencia sólo puede hacerse a pie de equipo.

El equipamiento de servicio incluye también un juego de paños de rejas fijas para proteger al equipamiento aguas abajo de la intromisión de objetos arrastrados hacia las tomas por la corriente del río Acaray. La abertura de cada toma en correspondencia con la sección en la que se emplazan las rejas es de 15,2 m de ancho por 11,0 m de altura, siendo el área de paso cubierta por dieciséis (16) paños de reja de 1,6 m de ancho por 5,60 m de altura cada uno.

Para el mantenimiento de las compuertas de emergencia de cada toma se previeron cuatro (4) paños de ataguías metálicas para el cierre total de los dos vanos. El manipuleo de traslación e izaje de estas ataguías se efectúa mediante un pórtico el que también cuenta con un rastrillo limpiarrejas y una vagoneta para la recolección de la basura removida del frente de los paños de rejas.

e) *Equipamiento del pozo de achique:*

En el sitio más bajo de la galería longitudinal de la presa de hormigón, entre ambas conducciones de descarga de fondo, a la cota 151,0 se ha dispuesto la boca del pozo de achique de las filtraciones provenientes de los drenajes. De 0,5 m de profundidad, 1,2 m de ancho y 1,2 m de largo, el pozo está equipado con dos bombas de idéntica capacidad cuyos rodetes y motores eléctricos operan sumergidos, las que indistintamente funcionan una como respaldo de la otra.

Una tubería de impulsión común de un diámetro de aproximadamente 4" conduce el agua producto del bombeo hacia la boca superior del ducto de aireación del descargador dispuesto hacia la margen derecha, ubicada en la cota 169,0; es decir, luego de elevarse topográficamente unos 18 m.

El control se ha confiado a un sistema de detección de nivel compuesto por cuatro sensores del tipo boya reguladora Flygt, uno para ordenar la parada de ambas bombas, dos para instruir el arranque de cada una y el último para avisar a la sala de control de una eventual excedencia.

Los conductores eléctricos de fuerza motriz y los correspondientes a los sensores de nivel se hallan directamente conectados a un tablero dispuesto en el local de cota 169,0 donde se emplazan los medios de accionamiento de la compuerta radial del descargador de fondo dispuesto hacia la margen derecha; tablero desde el cual también es posible ordenar manualmente a distancia el arranque de las bombas siempre que el sensor de parada por bajo nivel lo permita.

f) *Instalaciones de alimentación eléctrica de la presa:*

Todas las instalaciones hidro-electromecánicas de la Presa Acaray vienen alimentadas en condiciones normales desde una línea aérea de 23 KV, interconectada con la barra C del tablero principal de media tensión de la Central Acaray, la que recibe energía desde: las barras de 66 KV de la Sub-estación Acaray; y, a través del acoplamiento con la barra A del citado tablero de media tensión, desde las barras de 220 KV energizadas desde las centrales Acaray I y Acaray II, así como también desde la Central Hidroeléctrica Itaipú a través de las líneas LT-IPU 1 y LT-IPU 2.

Sobre la margen izquierda, elevada unos 5 m por encima del coronamiento de la presa, al pie de la postación doble metálica terminal de la citada línea de 23 KV en la que también se emplaza el transformador reductor 23/0,4 KV, se ha dispuesto un local cerrado en el que se aloja el tablero general de distribución en baja tensión

(380/220V) de corriente alterna a los servicios de la presa. Un local lindero de la misma construcción se destina a la guardia policial de las instalaciones de la presa.

El citado tablero de baja tensión admite la alimentación desde el transformador antes mencionado, así como también desde un grupo generador Diésel móvil conservado por ANDE en la Central Acaray.

Cabe destacar que los consumos de cada compuerta radial del vertedero al igual que los correspondientes a cada conducto descargador de fondo, son alimentados desde dicho tablero de forma independiente, con un cable dedicado tendido desde el cubicle respectivo hasta el pie del tablero local de cada servicio.

3.2 Reconocimiento del estado de las obras y su equipamiento

3.2.1 Presa de hormigón

a) *Estado de la galería inferior.*

Esta importante galería de drenaje e inspección en la parte inferior de la presa de hormigón se encuentra limpia y bien iluminada (Ilustración I A.11). Contiene una canaleta al pie del hastial de aguas abajo que conduce las aguas de filtración hacia un pozo de bombeo ubicado en la parte central y más baja de la galería.

b) *Aforos de filtraciones y pozo de bombeo:*

En la canaleta se encuentran instalados diversos aforadores tipo Thomson (Ilustración I A.12) que es necesario mantener limpios y bien calibrados. Es notable que la mayor parte del caudal que se colecta en el pozo de bombeo proviene de un dren ubicado en el extremo derecho de la galería (ver 3.2.1.h, 3.2.2.a, e ilustración I A.13), siendo mínimos los aportes por el resto de los drenes ascendentes o descendentes y por fisuras o juntas en el hormigón. Las bombas funcionan adecuadamente y no se observa material fino de arrastre depositado en las canaletas o en el pozo. No se cuenta con registros de aforos.

c) *Niveles piezométricos:*

Los 15 piezómetros de fundación están constituidos por tubos de ϕ 1½" de diámetro profundizados en roca 0,5 m en cuyo extremo dentro de la galería se los equipó con grifo y manómetro para medir caudal y presión, hoy desinstalados.

En la documentación analizada (Referencia 4) se expresa: "*Todos los valores de sub-presión hasta hoy observados desde el llenado del embalse, son nulos...*". Aparentemente se trata lecturas manométricas y no de niveles dentro del tubo los que por la configuración quebrada con la que se los instaló, según se muestra n la

ilustración I A.10, resulta difícil medir. Como se menciona más adelante, hemos observado dentro de la galería otros conductos por arriba del nivel de solera de la galería probablemente utilizados para las inyecciones de contacto que drenan agua indicando la existencia de sub-presiones.

Estas tareas de inyección podrían haber anulado la captación de los piezómetros explicando sus lecturas con valor nulo. De cualquier modo, no se dispone de información piezométrica adicional a la ya mencionada desconociéndose el valor de las subpresiones actuantes sobre la base de la estructura. En los cálculos de estabilidad incluidos en el "Informe Final del Contrato-ELC-1973" (Referencia 5) se asume que la acción combinada de las cortinas de inyección y drenaje tiene una eficiencia del 50% en la reducción de las subpresiones provocadas por el máximo nivel de embalse. Hoy tales valores de sub-presión no pueden registrarse y por ello no es posible verificar los grados de estabilidad de la estructura en los distintos escenarios de carga requeridos en las normativas actuales de ingeniería de presas.

d) *Sistema de drenaje:*

Se ha comentado anteriormente que esta galería aloja drenes ascendentes para drenar las juntas verticales entre módulos y los contactos entre tongadas, y drenes descendentes para aliviar las sub-presiones en la fundación. Estos últimos son los que tienen mayor afectación sobre la evaluación de la estabilidad de la presa como se mencionó anteriormente y, sin embargo, se encuentran obstruidos por carbonatación y con una eficiencia nula o reducida. Al tomar contacto con el oxígeno del aire, el calcio disuelto en el agua precipita en forma de carbonato de calcio que provoca la obstrucción a modo de tapón en la parte superior del dren, siendo recomendable eliminar periódicamente esta carbonatación.

e) *Inyecciones de contacto presa-fundación:*

Se observaron también otros conductos metálicos carbonatados a media altura del hastial de aguas abajo (Ilustración I A.14) que podrían corresponder a bocas de inyección del contacto presa-fundación. Al quitar parte del carbonato en algunos de ellos, se verificó afluencia de agua lo cual indicaría en primer lugar la existencia de sub-presiones, como se mencionó más arriba, y en segundo lugar que la inyección del contacto no ha sido eficiente probablemente, entre otras causas, debido a la utilización de lechadas cementicias pobres en cemento, inestables, con gran decantación y baja resistencia final, lo que explicaría que los mismos tubos de inyección no hayan sido sellados con tales lechadas.

f) *Cortina de inyecciones:*

Si esta hipótesis de lechadas inestables se traslada a la ejecución de la cortina de inyección, la misma también podría haberse degradado lo cual, sumado a la ineficiencia de la cortina de drenaje, podría traducirse en sub-presiones actuando en la base de la estructura con valores más elevados que los esperables. Por tal razón es recomendable determinar el valor actual de estas sub-presiones luego de la rehabilitación de drenes y evaluar, sobre la base de los estudios de estabilidad de esta estructura de hormigón, la condición de normalidad, alerta y extrema.

g) *Extremo izquierdo de la galería:*

En el extremo izquierdo de la galería se expone la roca basáltica de fundación (Ilustración I A.15) la cual se muestra consistente aunque fracturada y por cuyas diaclasas drena agua proveniente del embalse. Si bien se trata de un flujo muy escaso sin aparente incidencia en la seguridad, podría estar indicando la ineficiencia del abanico de drenes colocado en este sector, obturados también por el fenómeno de carbonatación arriba mencionado. Incrementos en el caudal y el eventual transporte de sólidos o sustancias solubles podría indicar alguna degradación provocada por este flujo siendo recomendable registrarlos y evaluarlos.

h) *Extremo derecho de la galería:*

Se observa aquí un ducto que drena agua desde la base de la presa de materiales sueltos desde un manantial encontrado al construir la presa en la progresiva 80 y cota 156 (Ilustración I A.13). Este hecho se describe luego en el punto 3.2.2.a. Aquí arriban los terminales de los cables de los piezómetros electro-acústicos instalados en la presa de materiales sueltos donde se instaló un tablero de medición hoy ausente. Como se observa en la ilustración mencionada, hoy están inutilizados.

i) *Deformaciones:*

Para el control de deformaciones de la presa de hormigón se instalaron tres líneas de colimación para controlar cinco puntos ubicados sobre el coronamiento. Según se nos informó, desde hace más de un semestre no se realizan estas mediciones de control y no ha sido posible verificar si la precisión del equipo utilizado es la adecuada para este tipo de control. Sin embargo, durante nuestra visita no hemos apreciado deformaciones ni grietas significativas en las estructuras de hormigón que pudiesen indicar deformaciones diferenciales entre bloques.

j) *Canal de desvío:*

Durante la etapa de construcción se realizó el desvío del río de primera etapa por un canal paralelo al río sobre la margen derecha, de sección trapecial, excavado en roca y revestido con losas de hormigón de 15 cm de espesor. La ilustración I A.16 muestra el trazado tentativo de este canal. En la segunda etapa del desvío, con el río pasando por los descargadores de fondo, sobre este canal se construyeron los últimos módulos de hormigón próximos al contacto con la presa de materiales sueltos. La cota de solera de este canal de desvío, hoy cubierto con suelo y vegetación (ilustración I A.17), es inferior al mínimo nivel de fundación de la presa de materiales sueltos por lo que las aguas de filtración escurren por este canal y son visibles a 130 metros aguas abajo donde se origina una laguna que luego descarga al río. Esto explicaría que el aforador del dren de pie de la presa de materiales sueltos haya estado siempre seco. Este es un fenómeno que debe ser investigado y evaluado pudiendo concluirse en la necesidad de aforar los caudales líquidos y sólidos para controlar su evolución.

k) *Estado del hormigón:*

Durante la recorrida de las obras se observó el estado de fisuras, juntas y de las reparaciones anteriormente ejecutadas en el hormigón, principalmente en la rápida del vertedero. Aunque no se observaron fisuras estructurales que condicionen el funcionamiento de las estructuras de hormigón o de sus componentes hidro-mecánicos, se considera necesario efectuar las reparaciones de las fisuras existentes, el sellado de las juntas entre bloques que eviten que las aguas superficiales enmascaren las filtraciones provenientes del embalse y las reparaciones del hormigón en la rápida del vertedero donde se observan sectores puntuales deteriorados e incluso áreas ya reparadas donde es necesario repetir la reparación.

l) *Deslizamiento de talud en la entrada a la galería inferior:*

Las excavaciones necesarias para fundar la presa de hormigón en la margen izquierda requirieron la conformación de taludes de hasta unos cinco metros de altura en roca basáltica, cuyo sistema de fracturamiento define bloques prismáticos de regular tamaño. La influencia combinada de las lluvias y el empuje de la vegetación ha provocado derrumbes de bloques amenazando la entrada a la galería de inspección y drenaje de la presa de hormigón, como se observa en la ilustración I A.18.

Esto debe ser reparado mediante la remoción tanto de los bloques caídos como de los inestables, y la aplicación sobre el talud remanente de medidas de protección estática y/o, dinámica; entre las primeras podría recurrirse al refuerzo con anclajes y malla y entre las segundas a enmallados fijados en la zona superior y sueltas sobre el talud de tal modo de permitir la caída de los bloques al pie pero sin proyección sobre el acceso a la galería. El empleo de uno de estos sistemas o la combinación de ambos según sectores, debe provenir de un estudio de las condiciones geoestructurales del talud.

3.2.2 Presa de materiales sueltos

a) *Estado del terraplén:*

El terraplén se encuentra en buenas condiciones geométricas, es decir sin asentamientos, deslizamientos o fisuras notables. Tanto el enrocado de protección de aguas arriba como el talud de aguas abajo se muestran sin signos visibles de deterioro. No obstante ello, la documentación analizada (Referencia 4) describe un “*accidente grave*” de migración de finos durante al menos tres años.

Durante la construcción fue encontrado un manantial en la zona de fundación de la presa de materiales sueltos, aproximadamente en la progresiva 80 y en la cota 156 que impedía la correcta compactación del núcleo. No se especifica su dimensión areal ni su posición respecto al pie de presa tanto aguas arriba como aguas abajo. Se decidió construir una cámara o nicho en hormigón que captara las aguas y las derivase mediante dos tubos galvanizados de 2” de diámetro hacia la galería inferior de la presa en su extremo derecho.

Al menos tres años después del primer llenado el embalse, en 1972 debió ser intervenido pues se verificó que su caudal en ese período se había incrementado en un 60% (de 0,75 a 1,20 l/s) que provocaba un inaceptable transporte de arcilla coloidal de más de 220 kg/día.

Al suponerse que la rotura de los tubos galvanizados se habían producido en la interfaz terraplén/hormigón por asentamiento diferencial, se intervino inyectando bentonita en tal interfaz la cual podría haber alcanzado o no el nicho de hormigón; posteriormente se reemplazaron ambos tubos por uno nuevo que es el que aún hoy drena (ilustración I A.13). Al terminar el tratamiento había reducido su caudal a 1,02l/s y el transporte de sólidos a 0,235 Kg/día. Si bien el agua drenada actualmente se la observa limpia no se controla su caudal ni el transporte de material sólido o en disolución.

Aunque no evolucionó en el primer período bajo control posterior al tratamiento, ese fenómeno pudo haber provocado un deterioro en el material de núcleo y no solamente en la interfaz inyectada; por tal razón requiere una investigación específica que determine el estado actual de este sector de la presa.

En el espaldón se observaron sectores con vegetación arbustiva y arbórea que debe ser eliminada por sus consecuencias negativas sobre la integridad del terraplén; sus raíces pueden ocasionar caminos preferenciales de escurrimiento y por otra parte, la gran cobertura en algunos sectores del espaldón de aguas abajo no permite observar anomalías durante el control visual de auscultación.

b) *Control planialtimétrico:*

Como se mencionó al describir la presa de materiales sueltos, para su control de deformaciones se instalaron 9 asentímetros, 9 puntos de nivelación y su base fija, una línea de colimación con su base fija y 3 puntos a controlar (Ilustración I A.8). En el documento analizado (Referencia 4) se presentan los registros obtenidos hasta esa fecha, es decir al menos tres años después del llenado del embalse, y que fuesen presentados al proyectista “...confirmando el mismo – el proyectista – el normal funcionamiento de la presa”. Las lecturas posteriores a dicho informe, si las hubo, no están aún disponibles y desde hace tiempo no se realizan registros.

Se observa que en la actualidad la red de apoyo de puntos fijos no se considera confiable y que algunos puntos de nivelación presentan deficiencias que podrían impedir que el cierre de la medición tenga la precisión suficiente para observar movimientos de la presa del orden de 2 mm, aunque se cuente con equipos microgeodésicos que permitan apreciar deformaciones milimétricas. Esta falta de precisión indicaría que aquellos registros de desplazamientos o hundimientos de hasta 5 mm podrían no haber ocurrido quedando enmascarados en el cierre de mediciones no tan confiables. Es recomendable entonces implementar una nueva red planialtimétrica apoyada en un cuadrilátero base y en una terna de puntos de arranque de nivelación a medir con equipos de precisión microgeodésica. Considerando el fenómeno de migración de finos mencionado en el punto anterior, es importante investigar si hubo deformaciones en el terraplén en la zona próxima al contacto con la presa de hormigón.

c) *Presiones intersticiales:*

Para su control se han instalado piezómetros en el talud de aguas arriba, en el mismo coronamiento, en el talud de aguas abajo y en el pie de presa (Ilustración I A.8). Al igual que para las deformaciones, hace tiempo que no se registran lecturas en los

piezómetros. El informe antes citado (Referencia 4) expresa que los registros obtenidos hasta ese entonces mostraban curvas de percolación “...características del tipo de material empleado en la construcción ($k=10^{-6}$ a $K=10^{-7}$ cm/s) pudiéndose afirmar que el filtro funciona normalmente y que los niveles freáticos permanecen constantes”.

En nuestra visita pudimos observar que todos los piezómetros electro-acústicos están hoy inutilizados y que muchos de los piezómetros abiertos están obturados; en algunos de aquellos aún abiertos pudo verificarse que no hay carga en el espaldón de aguas abajo. Se entiende necesario restablecer una nueva red de piezómetros y freatímetros para el control de este importante parámetro en la seguridad de la presa de materiales sueltos.

d) *Filtraciones:*

No se observan filtraciones y la caseta de aforos totalizadores ha estado seca desde el inicio del llenado del embalse. Quizás las aguas de infiltración se canalizan por el dren de pie de presa hacia el canal de desvío que se encuentra en cotas inferiores, como se describió anteriormente al mencionar la presencia del canal de desvío bajo la presa de hormigón (punto 3.2.1.j).

3.2.3 Equipamiento hidro-electromecánico

En los acápite siguientes se presenta el resultado del reconocimiento del estado de conservación y funcional del equipamiento hidro-electromecánico instalado en el vertedero, la descarga de elementos flotantes, las descargas de fondo, las tomas de las centrales Acaray I y Acaray II, el sistema de achique por bombeo de las aguas de filtración colectadas en el pozo sumidero de la presa y las instalaciones de alimentación eléctrica normal y de emergencia que asisten a dicho equipamiento.

Si bien la información disponible en relación con las intervenciones de mantenimiento practicadas durante el servicio no permite hacer una caracterización completa del estado de los equipos, así como tampoco es esperable que tal relevamiento pueda efectuarse en el breve tiempo asignado a la encomienda a la que se refiere el presente informe, las observaciones visuales efectuadas y las pruebas funcionales que pudieron ser realizadas durante la visita del 10 al 13/Jul/2018 pueden considerarse en general representativas de dicho estado.

Las soluciones adoptadas en ocasión de la selección y diseño del equipamiento hidromecánico principal – es decir, las compuertas del vertedero, la compuerta de elementos flotantes, las compuertas del descargador de fondo, las compuertas de la toma – mantienen actualmente plena vigencia.

El comentario aplica también al diseño de la lógica operativa de los accionamientos y su alimentación eléctrica; sin embargo en este caso, la tecnología de la instrumentación de señalización y los sistemas de mando, protección y comunicaciones es obsoleta, no habiendo recibido actualizaciones más que las mínimas obligadas por la necesaria reposición de partes averiadas durante los cerca de 50 años de servicio.

Siguiendo los lineamientos generales de la guía de evaluación de activos hydroAMP – Hydropower Asset Management Partnership, preparada en conjunto a tal fin por el U.S. Bureau of Reclamation, el U.S. Army Corps of Engineers, la Bonneville Power Administration de los Estados Unidos e Hydro-Quebec de Canadá, entre otras –, las observaciones y pruebas efectuadas por los autores durante la visita se dirigieron en cada caso a estimar: la condición física y funcional de los componentes principales para el cumplimiento del rol asignado a cada parte de las obras; la condición operativa de los respectivos accionamientos; y la frecuencia con que es necesario aplicar prácticas de mantenimiento correctivo para conservar la funcionalidad de dichos componentes principales.

En cada caso fueron evaluados también los medios que las obras disponen para efectuar el mantenimiento de los aludidos componentes principales, como es el caso de sus respectivas ataguías y medios de izaje.

a) *Equipamiento del Vertedero:*

Las siete compuertas radiales del vertedero, incluyendo: su estructura, las ruedas de guía lateral, sellos y aprieta sellos, brazos y gorriones de apoyo y articulación, se conservan en buen estado (Ver Ilustraciones I B.13 a I B.18).

No se observan signos de corrosión relevantes, exhibiendo todos los recubrimientos protectores – de unos 9 años de antigüedad –, tanto de superficie como aquellos sumergidos que pudieron ser visualizados durante las pruebas, un buen aspecto.

Los cables de izaje se aprecian en buena condición y lubricados.

No se observaron fisuras en el hormigón de las pilas en proximidad de los gorriones, así como tampoco deformaciones en el asiento de la placa post-tesada que sostiene a los mismos.

Las piezas fijas empotradas de guía lateral no muestran signos de roces del escudo, exhibiendo sólo la marca circunferencial del apoyo de los sellos de estanqueidad y el apoyo suave de las ruedas laterales.

Las pérdidas por las estanqueidades de todas las compuertas son mínimas, muy inferiores a las normalmente admisibles.

Al azar se seleccionó la compuerta del vano 4 para efectuar una prueba funcional de apertura de 1 m de altura a la carga en que en ese momento se encontraba el embalse (cota $\approx 184,5$), para luego proceder al cierre.

Los movimientos se desarrollaron en forma suave y progresiva, demandando un tiempo de unos 3' 15" en subir la altura indicada y prácticamente el mismo tiempo en descender. Al cerrar pudo comprobarse que las pérdidas repetían rápidamente la configuración inicial.

Para comprobar la aptitud de las ataguías y el pórtico para cortar el flujo en caso de avería de los accionamientos de la compuerta, la obturación de la sección de aducción al vano 4 fue realizada mediante el paño superior de las ataguías en ocasión de encontrarse la compuerta abierta 1 m.

En ningún caso fue necesario acudir a intervenciones correctivas para completar las instrucciones impartidas a pie de los equipos citados. La posición de la compuerta pudo observarse en el cuadrante del instrumento de realimentación mecánica previsto a tal fin; sin embargo, los sensores de posición analógicos que envían la señal a la sala de control no se encuentran operativos.

Al vaciar el vano en el espacio comprendido entre las ataguías y el escudo de la compuerta, pudo comprobarse que las zonas próximas a los sellos se hallan invadidas por colonias de moluscos de tamaño reducido, aunque esto no impide el normal funcionamiento del equipamiento.

b) Equipamiento del vano de descarga de elementos flotantes:

Si bien no puede ser considerado un componente cuya insuficiencia operativa puede repercutir en la seguridad de las obras, la evaluación en este caso apuntó fundamentalmente a verificar su estado de conservación para resistir la carga del embalse como parte integrante del cierre de la presa (Ver Ilustración I B.19).

Al igual que en el caso de las compuertas y ataguías del vertedero, su recubrimiento protector fue renovado en 2009. El trabajo realizado y los materiales empleados han dado buenos resultados a juzgar por la durabilidad del esquema de pintura. No se observaron signos subyacentes de corrosión previa, exhibiendo las chapas del escudo – vistas desde aguas abajo – así como las almas y platabandas de las vigas transversales una superficie lisa.

También en este equipamiento los cables se encuentran en buena condición y lubricados; la estanqueidad es buena, con pérdidas muy inferiores a las normalmente admisibles.

c) *Equipamiento del descargador de fondo:*

El descargador de fondo no se ha utilizado desde la finalización de la construcción de la obra y el llenado del embalse; ninguna prueba de funcionamiento se ha incluido en el plan de mantenimiento como práctica detectiva de la eventual necesidad de efectuar intervenciones correctivas.

Las superficies de la estructura resistente de las compuertas expuestas al aire y solidaria a la cara aguas abajo del escudo, los brazos, los gorriones y el recubrimiento cenital del sector, han sido objeto de renovación de los recubrimientos protectores en 2009.

Los medios de accionamiento – las centralinas oleohidráulicas y los servomotores de cada compuerta – se encuentran completamente armados y con la carga de aceite a nivel normal; la alimentación de fuerza motriz y los respectivos tableros de mando local cuentan con los dispositivos de maniobra originales, hallándose consignados para indisponer su uso (Ver Ilustraciones I B.20 a I B.24).

La contingencia de no poder volver a cerrar las compuertas en caso que el embancamiento obstruya parcialmente un conducto e impida al escudo alcanzar el umbral o bien que la compuerta no sea capaz de descender por propio peso, constituyen las razones principales que argumenta el personal de conducción de la central para justificar la inmovilidad del equipamiento.

Con el propósito de evaluar preliminarmente el estado de embancamiento en correspondencia con las tomas del descargador, por la abertura de la ataguía del vano de margen izquierda y siguiendo la vertical de la pieza fija de guía lateral izquierda, durante la visita se descendió desde el coronamiento de la presa una cámara de video retro-iluminada montada en un dispositivo hermético preparado por ANDE para el reconocimiento subacuático. Las imágenes captadas fueron siendo proyectadas en tiempo real sobre un monitor y registradas en un medio digital.

De resultados de las observaciones efectuadas se pudo constatar que al menos tanto sobre la superficie de la citada guía como sobre el marco de sellado del dintel de la ataguía se han desarrollado en amplias extensiones colonias de moluscos. El hormigón se aprecia, como también en otras partes de las obras, sin la pasta de recubrimiento superficial e intersticial, dejando expuesto los áridos a modo de granos independientes. En la solera, en correspondencia con el umbral de la ataguía, se tomó contacto y visualizó un depósito de material en apariencia y suelto y fino, de una altura de aproximadamente unos 0,5 m.

Cabe destacar que en aguas de la turbiedad que presenta el embalse a la profundidad del fondo de la presa, el dispositivo de reconocimiento subacuático

utilizado no tiene un alcance visual de más de unos 0,5 m, motivo por el cual no pudo apreciarse el estado del posible embancamiento frente a toma.

d) *Equipamiento de las tomas de agua de las centrales:*

Al momento de la visita, las compuertas de la toma de las centrales Acaray I y Acaray II se encontraban en posición de guardia en razón de hallarse en servicio las unidades 1, 2 y 3, en tanto sobre la unidad 4 – indisponible – se llevaba a cabo el reemplazo del generador.

Conforme con las previsiones de la agenda, ANDE coordinó con el despacho de cargas la indisponibilidad programada de la unidad 3 de modo de efectuar la prueba de verificación en aguas muertas de la respuesta a la actuación del disparo de emergencia.

El ámbito del reconocimiento de las tomas se muestra en las Ilustraciones I B.25 a I B.28.

En el marco de dicha prueba, desconectando previamente el vínculo entre el actuador eléctrico y el dispositivo mecánico de liberación de los émbolos de las compuertas, en primer lugar se procedió a ordenar el citado disparo desde la sala de control comprobándose que la señal era recibida en la toma operando el citado actuador.

Una vez restableciendo dicho vínculo, se procedió a repetir la señal de disparo observándose que sólo una compuerta – la correspondiente a la Central Acaray II dispuesta hacia la margen izquierda – descendió como era esperado, en tanto la otra permaneció inmóvil. Forzando manualmente el tiro descendente del dispositivo mecánico que provocó el descenso de la aludida compuerta, la de margen derecha finalmente descendió. En ambos casos el tiempo que demandó completar la carrera de cierre, fue de 2' 39"; tiempo que es considerado normal para este tipo de servicio.

El accionamiento mecánico en modo local operó correctamente. La reposición de ambas compuertas a la condición de guardia demanda un trabajo considerable en razón del antiguo tipo de servomotores instalados, los que sujetan mediante una suerte de pinza mecánica la cabeza del émbolo para evitar su descenso en servicio. La falta de un adecuado sincronismo entre estos dispositivos de uno y otro servo parece ser la razón de la falla detectada durante la prueba de descenso ordenada desde la sala de control.

La centralina oleohidráulica y los tableros de alimentación de fuerza motriz y mando se encuentran en condiciones operativas.

e) *Equipamiento del pozo de achique:*

No obstante su aspecto – caracterizado por la falta de un adecuado recubrimiento de pintura que permite observar una corrosión incipiente de la superficies externas de las tuberías, válvulas retentoras y esclusas de mantenimiento, así como de la bulonería, sumado a la disposición desprolija y riesgosa para la seguridad de las personas de los cables de alimentación eléctrica y las boyas del sistema de detección de niveles de agua en el pozo –, el sistema de achique por bombeo de las filtraciones de la presa Acaray opera conforme con lo previsto (Ver Ilustraciones I B.29 a I B.32).

El diámetro de la conducción de descarga, previsto en etapa de diseño de ϕ 1 ½ ", fue modificado durante la construcción para elevarlo a ϕ 4". Este tubo fue reemplazado por ANDE por otro de ϕ 3 ½ " en razón de la reducción de sección consecuente de las pústulas de corrosión avanzada desarrolladas sobre la superficie interior del original.

Las filtraciones de la presa son bajas en relación con la capacidad del pozo de modo que los arranques son poco frecuentes; las pruebas funcionales efectuadas durante la visita debieron ser realizadas forzando la actuación de las boyas o bien instruyendo manualmente su operación desde el tablero de mando a distancia. En ambos casos la respuesta funcional del sistema fue la esperada.

f) *Instalaciones de alimentación eléctrica de la presa:*

La postación de la línea de 23 KV de alimentación normal a la presa, incluyendo la estructura terminal de soporte elevado del transformador, el propio transformador 23/0,4 KV, así como el tablero de distribución de baja tensión en corriente alterna, los cables y las conducciones para cables, no obstante su antigüedad de la que su apariencia da cuenta, se ha verificado que aún conservan su aptitud para el servicio (Ver Ilustraciones I B.33 a I B.35).

En el aludido tablero se concentra sin excepción la distribución a los consumos de todo el equipamiento hidro-electromecánico de la presa, así como la acometida de las fuentes de alimentación normal y de emergencia.

La caja exterior que establece el vínculo del grupo portátil de generación de emergencia – accionado por un motor Diésel – con el respectivo cubicle del tablero de baja tensión, se encuentra oculta entre la vegetación circundante al costado de la escalera de ingreso al local en el que se emplaza el citado tablero, debiendo removerse su tapa atornillada para acceder a los bornes de conexión.

Cabe destacar que para llegar a la presa Acaray desde la central en la que se desempeñan los cuadros operativos y de mantenimiento de ANDE, se debe cruzar una autovía de cuatro carriles muy transitada que, en condiciones de emergencia, dificultará las acciones de traslado de personal y equipos que las intervenciones requieran ejecutar in situ, entre ellos el citado grupo Diésel portátil.

4. OBRAS CIVILES Y EQUIPAMIENTO DE LA PRESA YGUAZÚ

4.1 Breve descripción de las obras y su equipamiento

4.1.1 Obras civiles

El cierre de Yguazú está conformado por una presa de gravedad de hormigón en el centro del valle y dos presas de enrocamiento hacia ambos márgenes, como se muestra en las ilustraciones II A.1 a II A.4.

La presa de hormigón tiene aproximadamente 226 m de longitud y unos 42 m de altura máxima sobre cimientos, alojando un vertedero libre y otro regulado más un descargador de fondo. En su interior y a pocos metros sobre el contacto presa-fundación contiene una galería inferior que controla filtraciones de juntas verticales y contactos horizontales entre tongadas del hormigón mediante 62 drenes verticales ascendentes, mientras que alivia sub-presiones en la fundación mediante 81 drenes verticales descendentes. El agua drenada es conducida por una canaleta equipada con aforadores triangulares tipo Thompson hacia un pozo de bombeo desde el cual se extrae el agua hacia el exterior. Las ilustraciones II A.5 a II A.15 muestran aspectos de lo mencionado.

Las presas de materiales sueltos de margen izquierda y derecha tienen una longitud de aproximadamente 1.430 y 1.892 metros respectivamente, y presentan un diseño zonificado con los materiales siguientes como se muestra en las ilustraciones II A.16 y 17:

| | |
|------------|--|
| Zona 1 | Arcilla compactada |
| Zona 3 y 4 | Filtro de rocas compactadas |
| Zona 5 | Enrocamiento |
| Zona 6 | Arena natural |
| Zona 7 | Arcilla lanzada no requiere compactación |

Como puede apreciarse en las ilustraciones mencionadas, en función de la altura varía la disposición de materiales e incluso la inclinación de taludes; en los tramos de mayor altura se colocaron filtros y drenes de arena para el control y drenaje de las filtraciones de modo de asegurar la estabilidad del espaldón de aguas abajo.

Desde su construcción en los años 1975/76 la seguridad de las estructuras se confió a un monitoreo de asentamientos mediante mediciones topográficas, piezómetros distribuidos en el cuerpo de los terraplenes y un sistema de drenaje bajo la estructura de hormigón.

En los años 2012/13 se realiza una renovación del sistema de auscultación (referencia 9) consistente en la recuperación de los dispositivos de drenaje existentes en la galería de la presa de hormigón afectados por la carbonatación, en la instalación de nuevos piezómetros tipo Casagrande en las presas de enrocado, medidores tri-ortogonales en juntas entre módulos en la galería y mojones de asentamiento en ambos terraplenes y en los bloques 1 y 16 de la estructura de hormigón, margen izquierda y derecha respectivamente. Las ilustraciones II A.18 a 20 muestran la ubicación de estas instalaciones. Se materializaron así nueve secciones instrumentadas, seis en el enrocado de margen izquierda y tres en el de margen derecha como se observa en la ilustración II A.18. Se elaboró un Plan de Supervisión y Monitoreo que incluye el sistema y método de ejecución de las lecturas e inspecciones visuales, la gestión de datos y la determinación de umbrales o valores límites admisibles de los registros compatibles con la estabilidad de las estructuras en cada sección instrumentada en función de los modelos matemáticos de flujo y estabilidad.

Los parámetros geotécnicos para los diferentes materiales que conforman las presas y su fundación fueron adoptados considerando los resultados de ensayos geotécnicos de laboratorio sobre las muestras obtenidas en las perforaciones y la experiencia de los profesionales participantes. Junto a la frecuencia de lecturas del instrumental, el Plan de Supervisión y Monitoreo incluyó las inspecciones visuales para detectar fenómenos de filtraciones, deformaciones y erosiones, además de la gestión de los datos de auscultación.

4.1.2 Equipamiento hidro-electromecánico

La presa Yguazú cuenta con equipamiento hidro-electromecánico en los dos (2) vanos del vertedero de descarga regulable y en los dos (2) desagües de fondo, más un sistema de achique por bombeo de las aguas de filtración colectadas en el pozo sumidero de la presa.

A continuación se presenta una breve descripción de las características de diseño principales del citado equipamiento, así como también las previsiones para efectuar tanto su operación como su mantenimiento y alimentación eléctrica.

Las ilustraciones II.B.1 y 2 muestran la ubicación de los módulos de la presa de hormigón en los que se dispone el equipamiento hidromecánico principal del cierre.

a) *Equipamiento del vertedero:*

El vertedero de la presa Yguazú está compuesto por un vertedero regulado dispuesto en proximidad del centro del valle y dos tramos de vertido libre a cada lado, los que en total suman una capacidad de evacuación de 2.700 m³/s cuando el nivel del embalse alcanza la cota 223,5; es decir, 0,5 m por encima de la cresta de los vertederos de descarga libre (223,0).

El vertedero principal está regulado por dos compuertas radiales de segmento – tipo Taintor – materializadas en acero al carbono, de 11,0 m de ancho y 14,8 m de altura, las que apoyadas en un umbral dispuesto a cota 208,7 – levemente por debajo de la cresta ubicada a cota 209,0 – hace que el labio superior supere en 0,5 m la cresta del vertedero libre.

El radio medido entre el centro del gorrón y la cara interna del escudo es de 14,7 m. En la Ilustración II B.3 se muestra una vista desde aguas abajo y un corte transversal de la compuerta con su medio de accionamiento electromecánico; nótese que el plano da cuenta de la previsión original de construir las obras en dos etapas, en tanto fueron ejecutadas hasta la cota de coronamiento actual (227,5) en una única. Es por ese motivo que la solución mecánica finalmente implementada para los brazos difiere de la indicada en los documentos iniciales de ingeniería.

Teniendo en cuenta que entre la cota del umbral del desagüe de fondo (188,0) y la correspondiente a la cresta del vertedero regulado (209,0) median 21 m y 39,5 m hasta la cota del coronamiento (227,5), la descarga del embalse hasta la citada cresta equivale a reducir en aproximadamente un 50% la altura de la carga hidrostática que solicita a la presa. Esto requiere erogar a partir del nivel máximo normal coincidente con la cresta del vertedero libre (223,0) un volumen aproximado de unos 4.500 hm³.

Cada compuerta del vertedero cuenta con un sistema de accionamiento propio operado a pie de equipo, propulsado por un motor eléctrico dispuesto en la pila central que separa los dos vanos; éste transmite el par torsor al tambor de dicha pila mediante una caja reductora y desde ésta al tambor de la pila opuesta mediante un árbol de dos tramos acoplados elásticamente para permitir tomar las deformaciones propias del movimiento de los bloques de hormigón del vertedero, cuya junta fue dispuesta en el medio del vano. En la Ilustración II B.4 puede apreciarse además que los tambores son del tipo de discos preparados para arrollar de forma independiente cada uno de los ocho (8) cables de izaje de cada lateral.

El mantenimiento de cada compuerta radial se ha resuelto mediante la provisión de siete (7) paños de ataguías metálicas y una viga pescadora, las que deben colocarse en las recatas del vano a ser obturado mediante el auxilio de una grúa móvil externa de no menos de 90 tn de capacidad operando desde el coronamiento.

b) Equipamiento del descargador de fondo:

El descargador de fondo de la presa Yguazú fue diseñado y construido aprovechando parte de las obras civiles de desvío del río durante la etapa de

construcción. Cuenta con dos conductos rectangulares de 3,0 m de ancho y 4,0 m de altura, habiéndose dispuesto su umbral a la cota 188,0. (Ver Ilustraciones II B.5 y 6).

Su capacidad de descarga ha sido estimada por Nippon Koei en 355 m³/s cuando el nivel del embalse es el máximo normal (223,0); en tanto, cuando el pelo de agua alcanza la cresta del vertedero regulado (209,0) esta capacidad se reduce a unos 270 m³/s, para descender a unos 80 m³/s inmediatamente por encima del dintel (190,0). Entre la cota de la cresta del vertedero regulado y la del dintel del descargador de fondo el volumen de embalse a achicar es de unos 1.400 hm³.

La regulación de los caudales erogados por los dos conductos de desagüe profundo ha sido confiado a sendas compuertas tipo Bureau, accionadas cada una por un servomotor hidráulico comandado desde una centralina oleo-hidráulica común a ambas compuertas.

Según se informa en la documentación de proyecto disponible, estas compuertas han sido diseñadas para soportar la carga hidrostática del embalse, aún si éste alcanzara el nivel de coronamiento de la presa (227,5). La estructura fue prevista en acero al carbono no aleado, al igual que la caja que aloja la compuerta en posición abierta, la recata y el blindaje de cada conducto, el que se extiende 1,0 m hacia aguas arriba de la cara anterior de la recata y 2,0 m aguas abajo de la cara posterior de apoyo.

La superficie de apoyo y sellado se ha previsto revestida en acero inoxidable, en tanto los patines deslizantes se han especificado revestidos en teflón.

Aguas arriba del eje de la presa se disponen las recatas para las ataguías metálicas de mantenimiento y cierre en condiciones de emergencia, operadas desde el coronamiento con un puente grúa previsto para sostener el tiro descendente que solicitaría a dichas ataguías en caso de requerírseles cerrar con carga desequilibrada.

Según las memorias de cálculo del citado puente grúa, si bien no se informan las hipótesis de trabajo adoptadas, la carga máxima de izaje contemplada es de 75 tn.

c) *Equipamiento del pozo de achique:*

El achique del pozo sumidero de los drenajes de la presa de hormigón – de 1,2 m de ancho, 2,0 m de largo y 2,5 m de profundidad, dispuesto en el punto más bajo de la galería de inspección (189,0) – ha sido resuelto instalando tres bombas electrosumergibles, dos de las cuales – de similares curvas características H-Q, tal como fue previsto en el proyecto de construcción – operan impulsando la descarga a través

de una tubería dedicada, en tanto la tercera – de aproximadamente el doble de la capacidad de las anteriores, adicionada por ANDE – lo hace contra una tubería independiente.

Ambas tuberías de ϕ 4" recorren la galería desde el citado pozo hasta el portal de salida de margen derecha, sorteando una elevación topográfica de aproximadamente unos 15,0 m.

El pozo está equipado con un sistema de detección de nivel de agua, al cual están asociadas las instrucciones de arranque y parada de las bombas.

En proximidades y levemente por encima del nivel de la boca del pozo, se ha instalado un sensor de nivel dedicado a emitir una señal de alarma dirigida a la casa del operador del dique, para advertirle que el nivel máximo normal del pozo ha sido superado y que la galería ha comenzado a inundarse.

La alimentación de fuerza motriz y el comando del sistema de bombeo, se hallan integrados al tablero de distribución de baja tensión en corriente alterna dispuesto en el local en el que se aloja el equipamiento de accionamiento de las compuertas de regulación del descargador de fondo, contiguo a la galería de inspección (197,0).

En el acceso desde el nivel de coronamiento de la presa de hormigón se ha dispuesto un gabinete para el arranque manual forzado de la tercera bomba del sistema de achique de los niveles de agua en el pozo sumidero.

d) Instalaciones de alimentación eléctrica de la presa Yguazú:

Los equipos hidro-electromecánicos de la presa Yguazú, al igual que su iluminación y los consumos de las edificaciones de servicio como es el caso de la vivienda del operador de turno, se alimentan en condiciones normales desde una línea eléctrica de 23 KV de distribución pública, la que acomete al emplazamiento de las obras por la margen derecha. Tan pronto cruza el río Yguazú, se conectan a la misma dos derivaciones en media tensión.

La línea de derivación principal – trifilar y de postación de madera – se dirige a un puesto de transformación 23/0,4 KV dispuesto aguas abajo de la presa, en proximidades de la margen izquierda, contiguo al local donde se emplaza el grupo Diésel de emergencia y el tablero de conmutación de fuentes.

Desde el aludido local parte hacia el módulo de acceso a la galería de la presa de hormigón, un cable pre-ensamblado de baja tensión en 380 VCA, en la cúspide de cuyo poste terminal se emplaza la cruceta de la restante derivación de la línea pública de 23 KV; sujeto a ese mismo poste se ha instalado un transformador trifásico

de rebaje, desde cuyos bornes de baja tensión parte hacia la presa otro cable de alimentación en 380 VCA.

Ambos cables acometen por el mismo cañero a un tablero de conmutación manual ubicado en el acceso a la presa de hormigón desde el coronamiento, desde el cual se alimenta el tablero general de baja tensión de distribución a los consumos, ubicado en el local del sistema de accionamiento de las compuertas de regulación del descargador de fondo (197,0).

4.2 Reconocimiento del estado de las obras y su equipamiento

4.2.1 Presa de hormigón

a) Estado de la galería inferior:

La galería de drenaje e inspección ubicada en la parte inferior de la presa es de sección abovedada con 3 metros de altura y 2 metros de ancho y se encuentra limpia y bien iluminada, como se observa en las ilustraciones II A.7 a 11.

Esta presa no tiene cortina de inyecciones y la reducción de las subpresiones se confió al sistema de drenaje que se describe en el punto 4.2.1.b y que se ilustra en II A.20. Está conformado por una línea de perforaciones de $\varnothing=5"$ separadas cada 2,5 metros que alcanzan una franja drenante de hormigón poroso colocado sobre la superficie de fundación y extendido a lo largo de toda la presa de hormigón; este elemento, cuyos detalles se muestran en la ilustración II A.21, tiene aproximadamente 1m de ancho y 0,5m de altura con un medio tubo de $\varnothing=15$ cm de cemento amianto en su techo; se lo ha cubierto con papel alquitranado para separarlo del hormigón convencional superior que conforma los módulos o bloques de la presa. Una de cada dos de estas perforaciones se profundizó en el macizo rocoso de fundación hasta alcanzar 10 metros de profundidad bajo el contacto conformando así una cortina de drenaje en roca con perforaciones separadas entre sí 5 m. Todo el sistema descarga en la canaleta de drenaje ubicada al pie del hastial de aguas arriba de la galería la que conduce las aguas de filtración hacia el pozo de bombeo ubicado en la parte central y más baja de la galería, estando equipados estos drenes con una descarga horizontal como se observa en las ilustraciones II A.9 a 11, que permiten aforar su caudal.

También sobre esta canaleta descargan los drenes ascendentes de $\varnothing=8"$ destinados a recoger las aguas que se infiltran por las juntas entre módulos, y en cada módulo otras perforaciones del mismo diámetro para drenar eventuales filtraciones entre tongadas separadas entre sí 3,5 metros. Todas estas perforaciones ascendentes están equipadas con un mangón para conducir las aguas drenadas hacia la canaleta como se observa en las ilustraciones II A.7 a 11.

Las tareas de reacondicionamiento del sistema de auscultación ejecutadas en el año 2012/13 incluyeron la limpieza de los drenes removiendo la carbonatación. También en dicha oportunidad se incorporaron medidores triaxiales en las juntas en el sector izquierdo de la presa, como el que se muestra en la ilustración II A.13.

b) Aforos de filtraciones y pozo de bombeo:

En general, se observan algunas pocas filtraciones a través de fisuras en el hormigón y juntas que mojen o humedezcan la superficie de hormigón. Los drenes ascendentes aportan bajos caudales, siendo los descendentes integrantes de la cortina de drenaje en la fundación los que drenan la mayor parte del caudal que llega a la galería, probablemente debido a la ausencia de tratamientos de inyecciones cementicias en el contacto y en la misma roca basáltica. En la canaleta de drenaje se encuentran instalados cinco aforadores tipo Thomson (ilustración II A.14 y 15), para registrar caudales parciales y totales los que están limpios y sin señales de arrastre de sólidos. El aforo se realiza por medio de una escala graduada que por vaso comunicante permite observar el nivel aguas arriba de la placa aforadora (ilustración II A.13).

Las bombas del pozo funcionan adecuadamente.

c) Niveles piezométricos:

En la documentación analizada no se encuentra referencia alguna sobre instrumentación que permita medir subpresiones aguas abajo de la cortina de drenaje, y quizás ello responda a que no habiendo medido subpresiones importantes bajo la presa Acaray, como se mencionó en el punto (3.2.1.c.) el proyectista consideró innecesarias estas mediciones en Yguazú, al igual que la cortina de inyecciones. Algunos de los drenes de fundación fueron equipados con llave y manómetro como se observa en la ilustración II A.12 y podrían eventualmente medir la presión pero sus lecturas se verían alteradas por los drenes vecinos que permanecen abiertos y no reflejarían el nivel de subpresiones que podrían actuar hacia aguas debajo de la línea de la galería. Es decir, no se cuenta con registro de subpresiones bajo la presa en puntos alejados de los drenes que permita verificar las hipótesis de estabilidad asumidas en el proyecto.

d) Deformaciones:

Al no contarse con mojones de control microgeodésicos, el control de deformaciones en esta presa de hormigón se limita actualmente a la medición de cinco triaxiales ubicados en la galería en las juntas como se describe en la tabla siguiente:

| Junta | Medidor |
|-------|---------------|
| B1/B2 | MT1 |
| B2/B3 | MT2 |
| B3/B4 | no se instaló |
| B4/B5 | MT3 |
| B5/B6 | MT4 |
| B6/B7 | no se instaló |
| B7/B8 | MT5 |

Si bien no hemos podido analizar los registros, durante nuestra visita no observamos deformaciones ni grietas significativas en las estructuras de hormigón que pudiesen indicar deformaciones diferenciales entre bloques.

e) *Estado del hormigón:*

No hemos advertido en nuestra visita fisuras en el hormigón que pudiesen responder a daños estructurales. No obstante ello, tanto en las rápidas del vertedero a pelo libre como en el vertedero con regulación de compuertas observamos la necesidad de realizar reparaciones en el hormigón para lograr su reacondicionamiento integral.

4.2.2 Presa de materiales sueltos

a) *Reacondicionamiento de su auscultación:*

En la reunión mantenida con el Ing. José Sánchez de ANDE analizamos lo realizado por la empresa LOGOS entre los años 2012 y 2013 (referencia 9), cuyo objetivo fue el de modernizar el sistema de auscultación de la presa previo a las obras correspondientes a la construcción de la central hidroeléctrica Yguazú. Como se mencionó anteriormente, se definieron secciones de análisis en los sectores de mayor altura de ambos terraplenes donde se instalaron piezómetros y mojones de asentamiento (ilustraciones II A.18 y 19) y, paralelamente, se instalaron también medidores triaxiales en algunas juntas de la presa de hormigón. Se incluyeron los registros geológicos de perforación (logs). Se realizó un análisis de estabilidad del terraplén y sobre esta base se establecieron valores umbrales para cada instrumento en escenarios de máxima carga hidráulica. Se diseñó un plan de supervisión y monitoreo que incluye la frecuencia de mediciones de cada instrumento; la definición, alcance y frecuencia de las inspecciones visuales; la gestión de datos; los parámetros para la toma de decisiones; remarcándose también la necesidad de generar informes para su análisis y archivo. Allí se estableció también la necesidad de que las lecturas, el procesamiento, la evaluación e interpretación de las lecturas instrumentales, junto a las inspecciones visuales, sea ejecutada por un equipo de

técnicos y profesionales altamente calificados y familiarizados con el diseño, construcción y auscultación de este tipo de obras. En la actualidad se realizan las mediciones e inspecciones visuales y desconocemos si se realiza el procesamiento, evaluación técnica o diagnóstico de comportamiento, más allá de que se controle que no se superen aquellos valores umbrales.

Lo realizado en aquel entonces representa un gran avance en el control de la presa, no obstante lo cual consideramos necesario complementar aquel estudio con modelos de análisis que representen las reales condiciones geométricas y estructurales del terraplén sometidos a diferentes escenarios de carga, estableciendo para cada instrumento los umbrales de comportamiento normal y de alerta además de los de situación extrema analizada, de modo de advertir con una anticipación adecuada el inicio de eventuales procesos de degradación de la seguridad del terraplén.

b) Estado del terraplén:

En términos generales puede decirse que tanto el terraplén de margen izquierda como el de la derecha no presentan evidencias de debilidad estructural.

Sin embargo, en el sector de mayor altura del terraplén de margen izquierda y próximo al contacto con la presa de hormigón se observa una alteración en la geometría tanto del talud hacia aguas arriba como hacia aguas abajo, probablemente debida a hundimientos o erosiones y donde, según nos informan, se ha procedido en varias oportunidades a reponer material de enrocado, lo cual se muestra en las ilustraciones II A.24 a 27. Se desconoce cuál ha sido la magnitud del hundimiento o desplazamiento y en qué medida pudiese haber afectado a los materiales del filtro y del núcleo impermeable. La superficie de los espaldones en este sector es un enrocado que impide observar posibles afluencias de filtraciones en el terraplén o en su contacto con la estructura de hormigón, fenómeno que no debe desecharse si se observa la cárcava inundada y con juncos a pie de presa que descarga sus aguas en la restitución luego de ser medido su caudal en el aforador totalizador de margen izquierda que se muestra en las ilustraciones II A.28 y 29. Hay posibilidades de este fangal esté alimentado desde el embalse debido a filtraciones del espaldón, y ello podría corresponderse con una inconveniente saturación del espaldón afectaría su estabilidad. Cabe también la posibilidad de que las filtraciones ocurran por debajo del terraplén sin afectar su estabilidad atravesando discontinuidades del macizo rocoso basáltico. Consideramos necesario iniciar próximamente una investigación que determine las condiciones de seguridad en la situación actual, es decir: pendientes reales de los espaldones, grado de integridad

de los materiales de protección del núcleo y el núcleo mismo y nivel de saturación del espaldón de aguas abajo. Paralelamente, deben acondicionarse las pendientes de los taludes y el sistema de captación de filtraciones a pie de presa para permitir registrar y evaluar la evolución de los caudales de filtración como también el eventual desarrollo de fenómenos de migración de partículas o “*piping*” del material del núcleo.

Es de destacar que en este sector del terraplén de margen izquierda, a lo largo de los 250 metros de mayor altura no se cuenta con registros piezométricos en el cuerpo del espaldón, no siendo posible en la situación actual determinar su condición de seguridad. Los fenómenos de deterioro ya mencionados en proximidades del contacto con la presa de hormigón, junto a la presencia de la cárcava inundada al pie, son señales que indican la necesidad de una pronta investigación y eventual reacondicionamiento.

El terraplén de margen derecha también muestra señales de que sus taludes han sido reforzados con enrocado, tanto aguas arriba como aguas abajo, pero no se advierten señales externas de deterioro (ilustraciones II A.30 a 33). A diferencia del terraplén de margen izquierda, el pie de presa en toda su extensión se encuentra seco y el nivel freático determinado por la perforación correspondiente al piezómetro P14 se ubica a poco más de un metro bajo la superficie del terreno. Por otra parte, si bien no disponemos de los registros, en el aforador de pie de presa mostrado en las ilustraciones II A.34 y 35 se observa un caudal del orden del 50% de aquel observado en la margen izquierda. Todos estos aspectos indican que el terraplén de margen derecha no presenta grandes incertidumbres acerca de su condición de seguridad; no obstante ello y como se mencionó anteriormente, es recomendable completar los análisis de estabilidad ya realizados con escenarios que representen las reales condiciones geométricas y estructurales del terraplén sometidos a diferentes escenarios de carga, estableciendo para cada instrumento los umbrales de comportamiento normal y de alerta además de los de situación extrema analizada. Se recomienda también aquí el control del transporte de materiales sólidos y en disolución en las aguas aportadas por el dren de pie de presa.

Al igual que lo señalado para la presa Acaray, en el espaldón se observaron sectores con vegetación arbustiva y arbórea que debe ser eliminada por sus consecuencias negativas sobre la integridad del terraplén.

c) *Control planialtimétrico:*

El sistema de control de deformaciones plani-altimétricas implementado en el año 2012/13 abarca aproximadamente los 260 y 160 metros con mayor altura de

terraplén en margen izquierda y derecha respectivamente. Se controlan cuatro mojones contruidos sobre el coronamiento, tanto en la presa de materiales sueltos de margen izquierda como en la de margen derecha, más dos mojones sobre ambos extremos de la presa de hormigón (ilustración II A.19). A diferencia de los mojones implementados en la época de la construcción (ilustración II A.30), los actuales (ilustración II A.31) permiten lecturas más precisas al tener un disco central plano en sobre relieve para el apoyo de la mira; no obstante, al carecer de una protuberancia convexa las mediciones obtenidas no alcanzan la confiabilidad necesaria para mediciones microgeodésicas de presas donde es necesario detectar desplazamientos del orden de los 2 mm. No nos fue posible conocer los equipos de medición utilizados ya que no se realizaron mediciones en el momento de nuestra visita y en el emplazamiento no se dispone de la información correspondiente.

d) *Presiones intersticiales:*

En la modernización del sistema de auscultación ya citada, se instalaron 8 nuevos piezómetros en cada presa de materiales sueltos en los sectores de mayor altura, tanto desde el coronamiento como en su pie, conformando 6 secciones de análisis en la presa izquierda y 3 en la derecha. Si bien no hemos podido analizar los registros de auscultación, se realizan mediciones semanales de los niveles controlando que no sean superados los umbrales en aquel entonces establecidos que, como se mencionó, se han determinado para la máxima carga hidráulica. Cabe aquí mencionar que en estas secciones no se cuenta con piezómetros que permitan advertir el nivel de saturación del espaldón. Tampoco se cuenta con umbrales de alerta, riesgo y situación extrema en cada uno de los piezómetros, vinculados a las variaciones del nivel de embalse. La falta de estos umbrales no permite advertir anticipadamente el inicio de algún evento que pudiese afectar la integridad de la presa.

e) *Filtraciones:*

La presa de materiales sueltos de la margen izquierda presenta, como ya se mencionó, filtraciones que conforman a pie de presa un fangal con juncos el que drena sus aguas hacia el río donde previamente es registrado su caudal en un aforador tipo Thomson mostrado en las ilustraciones II A.28 y 29. Si bien no se observa transporte de sólidos en el canal de dicho aforador, una eventual migración de finos desde la presa podría ser sedimentada en el fangal sin que hoy pueda ser advertido. Considerando las deformaciones anteriormente mencionadas ocurridas en este sector de la presa, esta es una situación que debe ser corregida para

controlar eventuales fenómenos de “*piping*” en esta zona y principalmente en el sector próximo al contacto con la presa de hormigón. Las filtraciones de la presa de margen derecha son captadas por el filtro de pie de presa el que descarga en el aforador próximo a la presa de hormigón que se muestra en las ilustraciones II A.34 y 35.

Ambos aforadores requieren limpieza y tareas de mantenimiento. Como fuera mencionado anteriormente, si bien se observa clara y limpia al agua drenada es recomendable controlar el transporte de materiales en suspensión o disolución.

4.2.3 Equipamiento hidro-electromecánico

A continuación se expone el resultado del reconocimiento del estado de conservación y funcionamiento del equipamiento hidro-electromecánico instalado en el vertedero, el descargador de fondo, el sistema de achique por bombeo de las aguas de filtración colectadas en el pozo sumidero de la presa y las instalaciones de alimentación eléctrica normal y de emergencia que asisten a dicho equipamiento.

Este reconocimiento ha sido relevado siguiendo los mismos criterios antes enunciados en 3.2.3 para los componentes homólogos de la presa Acaray; es decir, se orientaron en cada caso a estimar: la condición física y funcional de los componentes principales para el cumplimiento del rol asignado a cada parte de las obras; la condición operativa de los respectivos accionamientos; y la frecuencia con que es necesario aplicar prácticas de mantenimiento correctivo para conservar la funcionalidad de dichos componentes principales.

También para estas obras fueron evaluados los medios disponibles para efectuar el mantenimiento de los aludidos componentes principales, como es el caso de sus respectivas ataguías y medios de izaje.

a) *Equipamiento del vertedero:*

Las dos compuertas radiales del vertedero, incluyendo: su estructura, las ruedas de guía lateral, sellos y aprieta sellos, brazos y gorriones de apoyo y articulación, se conservan en buen estado (Ver Ilustraciones II B.7 a II B.12).

Los recubrimientos protectores, tanto de superficie como aquellos sumergidos que pudieron ser visualizados durante las pruebas, presentan buen aspecto.

Los ocho cables de izaje de cada lado con se acciona cada compuerta se aprecian en buena condición y lubricados.

No se observaron fisuras en el hormigón de las pilas en proximidad de los gorriones.

Las piezas fijas empotradas de guía lateral no muestran signos de roces del escudo,

exhibiendo sólo la marca circunferencial del apoyo de los sellos de estanqueidad y el apoyo suave de las ruedas laterales. Las pérdidas por las estanqueidades de todas las compuertas son mínimas, muy inferiores a las normalmente admisibles.

Durante la visita el vertedero regulado se encontraba operando con las dos compuertas radiales abiertas unos 0,5 m de altura, hallándose el embalse ≈ 1 m por debajo el nivel máximo normal definido por la cota de la cresta de los vertederos libres (223,0).

Contemplando los requerimientos del servicio durante la visita, la respuesta funcional de las compuertas se comprobó cerrando la compuerta radial de la margen derecha mientras se compensaba la reducción de caudal mediante la mayor apertura de la compuerta de margen izquierda; para luego proceder a normalizar la posición de ambas compuertas a su condición inicial.

En ambos casos, a partir de las mediciones practicadas durante las pruebas, el tiempo que demanda cada compuerta en recorrer un arco de 1 m en correspondencia con el radio del escudo (14,7 m) es de 2' 40", tanto durante la apertura como en la maniobra de cierre.

Los movimientos fueron suaves y silenciosos; no obstante, para aperturas bajas la compuerta de margen izquierda requiere ser descendida para reposicionarse en un nivel superior al que se encontraba antes de instruirse la maniobra, defecto atribuible posiblemente a alguna deformación singular en la planitud de la pieza fija sumado a una excesiva precompresión del sello lateral, responsable también de la buena estanqueidad que exhibe el conjunto.

El reloj original indicador de la posición de cada compuerta esta fuera de servicio, habiendo sido reemplazados por sendas reglas graduadas pintadas sobre los muros extremos de cada vano.

El tablero de fuerza motriz y comando de cada una de las compuertas están ubicados juntos en el centro de la pila intermedia, hacia aguas abajo, en un lugar en que los mecanismos de izaje impiden al operador observar las maniobras instruidas sobre cada compuerta.

Los siete tableros de las ataguías metálicas de cierre para el mantenimiento de las compuertas radiales exhiben buen aspecto, habiendo sido renovado su recubrimiento protector durante el año 2009 (Ver Ilustraciones II B.13 y 14).

b) Equipamiento del descargador de fondo:

Al igual que en el caso del descargador de fondo de la presa Acaray, según informa el personal de ANDE tampoco el equipamiento del descargador de fondo de la presa Yguazú se ha vuelto a operar después de la finalización de la obra y el llenado del embalse, por las mismas razones antes citadas en el acápite 3.2.3.c.

Con excepción de la renovación en 2009 del recubrimiento protector de la ataguía de cierre de emergencia y de la respectiva viga pescadora a los fines de su conservación a la intemperie, ninguna tarea de mantenimiento fue practicada sobre ningún otro componente del descargador de fondo (Ver Ilustraciones II B.15 a 20).

La central oleohidráulica prevista para el accionamiento de las compuertas de regulación, se encuentra actualmente fuera de servicio; el tablero de alimentación eléctrica y de mando, con la lógica operativa para ejecutar las maniobras de apertura y cierre, fue desmontado así como los conductores de fuerza motriz y comando.

El puente grúa provisto para el manipuleo de la ataguía de mantenimiento y cierre en condiciones de emergencia de uno u otro vano del desagüe de fondo, se encuentra imposibilitado de prestar servicio: el cable de izaje ha sido removido, habiendo sido desmontada la pasteca y el gancho; el enrollador de la alimentación eléctrica está seriamente averiado y no cuenta con cable de alimentación eléctrica; los tableros de control exhiben un deterioro avanzado y los fines de carrera están destruidos.

Se desconoce el estado de conservación de las piezas fijas de la sección de cierre de la ataguía de mantenimiento, así como tampoco de los blindajes, de las guías ni de la compuerta de regulación.

c) Equipamiento del pozo de achique:

Las instalaciones del sistema de bombeo de achique de las filtraciones de la presa de hormigón se aprecian en razonable estado de conservación, aunque el tendido de los conductores de alimentación eléctrica se observe inconveniente y riesgoso para la seguridad de las personas (Ver Ilustraciones II B.21 a 22).

Las conducciones de descarga, originalmente de acero al carbono, han sido reemplazadas por tuberías plásticas en el interior y hasta prácticamente el extremo de la galería; el tramo de salida a la intemperie se conservó en acero para evitar roturas por vandalismo o por golpes ocasionales en el portal de acceso. Los soportes mantienen en general el distanciamiento de las tuberías de acero; si bien la flecha de las conducciones plásticas se observa adecuada, los golpes de ariete provocados

por el cierre brusco de las respectivas válvulas de retención, han obligado a ANDE a reforzar las fijaciones.

Los sistemas de detección de nivel de agua en el pozo son de antigua tecnología, no obstante lo cual ANDE afirma que el desempeño es confiable, motivo por el cual aún no ha procedido a reemplazarlos; durante las pruebas funcionales efectuadas durante la visita estos dispositivos operaron adecuadamente y las bombas respondieron a las instrucciones de arranque y parada conforme con las previsiones funcionales.

La frecuencia de operación de las bombas se observa elevada, en correspondencia con los caudales afluentes al pozo desde ambas márgenes; ante esta exigencia ANDE cuenta con bombas de repuesto listas para efectuar el inmediato reemplazo en caso necesario.

d) Instalaciones de alimentación eléctrica de la presa Yguazú:

Las instalaciones de alimentación eléctrica conservan su operatividad; no obstante, la funcionalidad del sistema se ve afectada por la indisponibilidad del automatismo de conmutación de fuentes previsto en el proyecto original y actualmente averiado, obligando al único operador de turno a atender manualmente la reconexión de los consumos a la fuente utilizable.

El tendido del cable pre-ensamblado que va desde el local en el que se emplaza el aludido tablero de conmutación de fuentes y el poste terminal dispuesto en proximidades del muro de margen izquierda del canal de restitución, presenta flechas excesivas y, en algunos vanos, la ausencia o falla de los herrajes que ha provocado que el cable llegue prácticamente a tocar el suelo.

Con buen criterio ANDE ha decidido reemplazar por un tanque de combustible independiente al provisto con el grupo Diésel de emergencia, colocado – como es habitual en los equipos portátiles – debajo del propio motor de combustión; sin embargo, para evitar robos, dicho tanque independiente se ha dispuesto en el interior del local conservando aún una cuota elevada de riesgo para el conjunto de los componentes del sistema de alimentación eléctrica en caso de incendio.

En las Ilustraciones II B.23 a 26 se puede apreciar el estado general que presenta este equipamiento.

**REPÚBLICA DEL PARAGUAY
ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

**PROGRAMA DE ENERGIA SOSTENIBLE
PARA EL DESARROLLO**

**PLAN DE MODERNIZACIÓN Y REPOTENCIACIÓN
DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ACARAY**

**REVISIÓN DE LA SEGURIDAD
DE LAS PRESAS ACARAY E YGUAZÚ**

INFORME INTEGRADO N° 1

**RECONOCIMIENTO DE LOS ANTECEDENTES
Y DEL ESTADO DE LAS OBRAS**

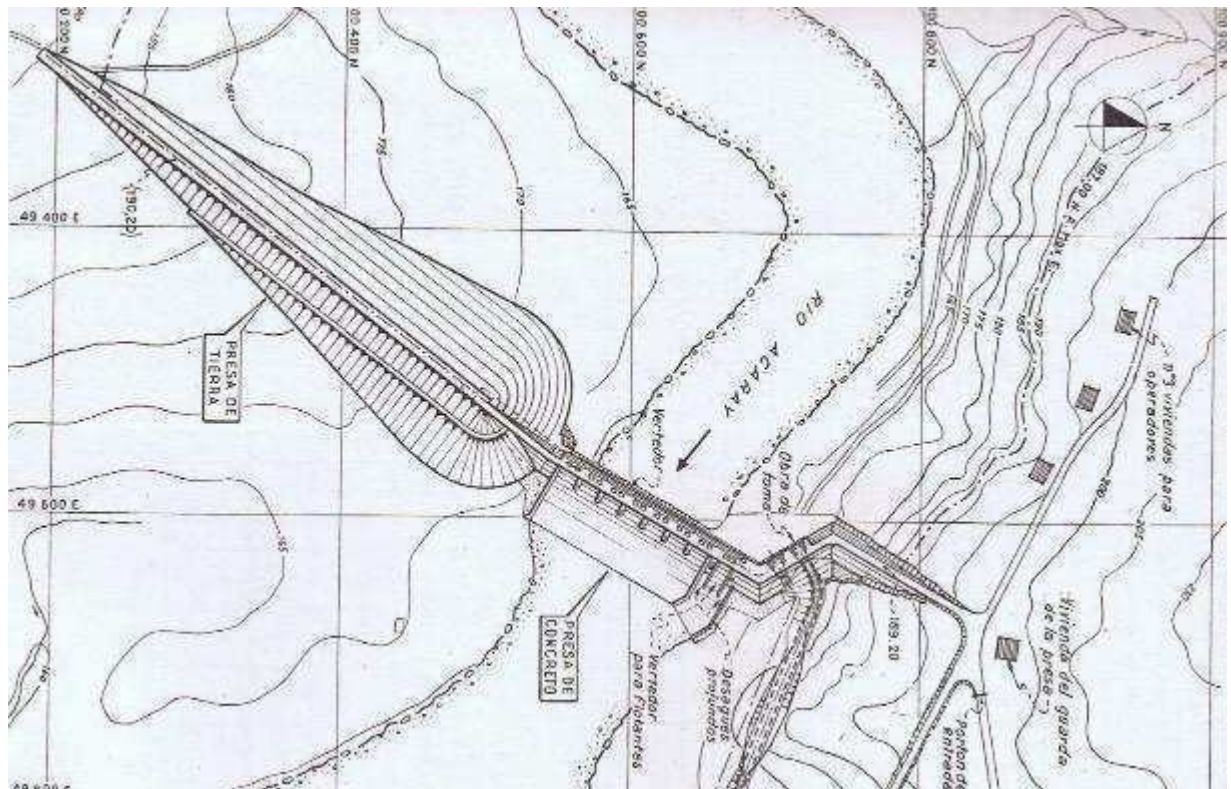
RESUMEN DE LA VISITA DEL 10 AL 13 DE JULIO DE 2018

ILUSTRACIONES RECOPIADAS Y FOTOGRAFÍAS TOMADAS DURANTE LA VISITA

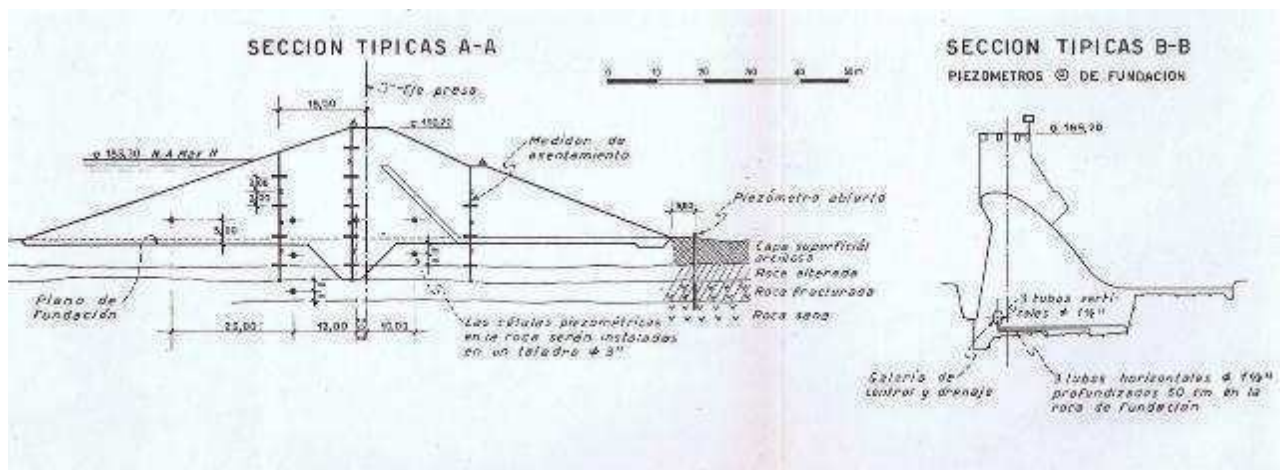
ANEXO I A

**ILUSTRACIONES DE LAS OBRAS CIVILES
DE LA PRESA DE RETENCIÓN ACARAY**

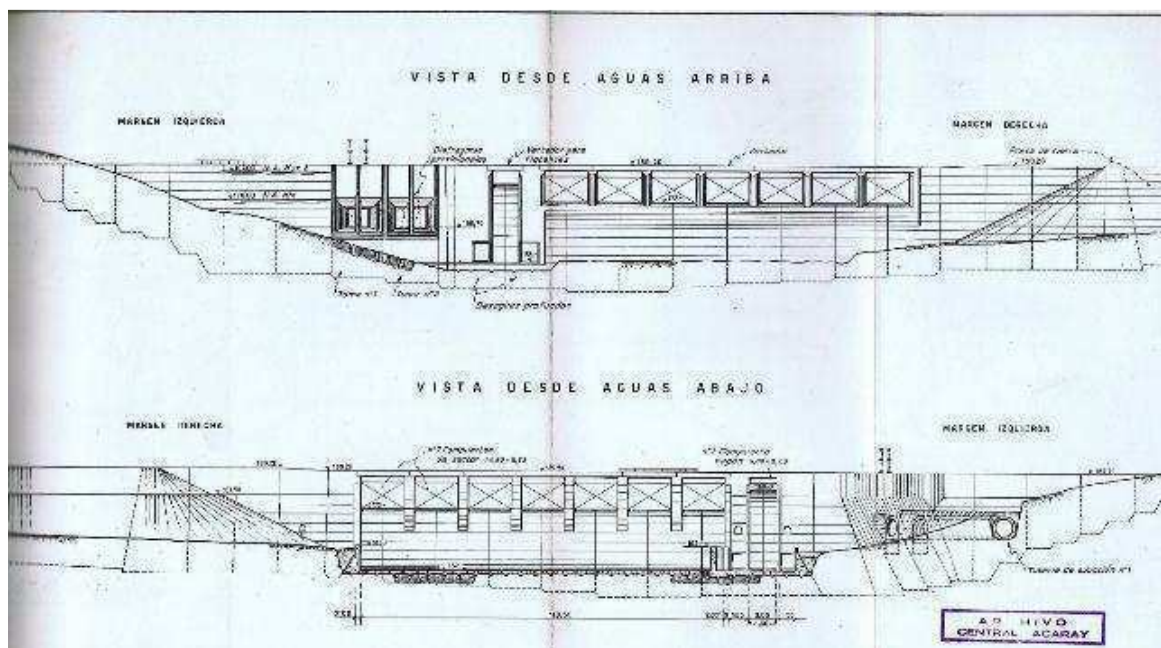
**CONSULTORES
ING. GEÓLOGO JUAN BUSTINZA
ING. ELECTRICISTA RAÚL CASARINO
ING. CIVIL MARCELO ETCHEGORRY
E ING. MECÁNICO ABEL GROSSO**



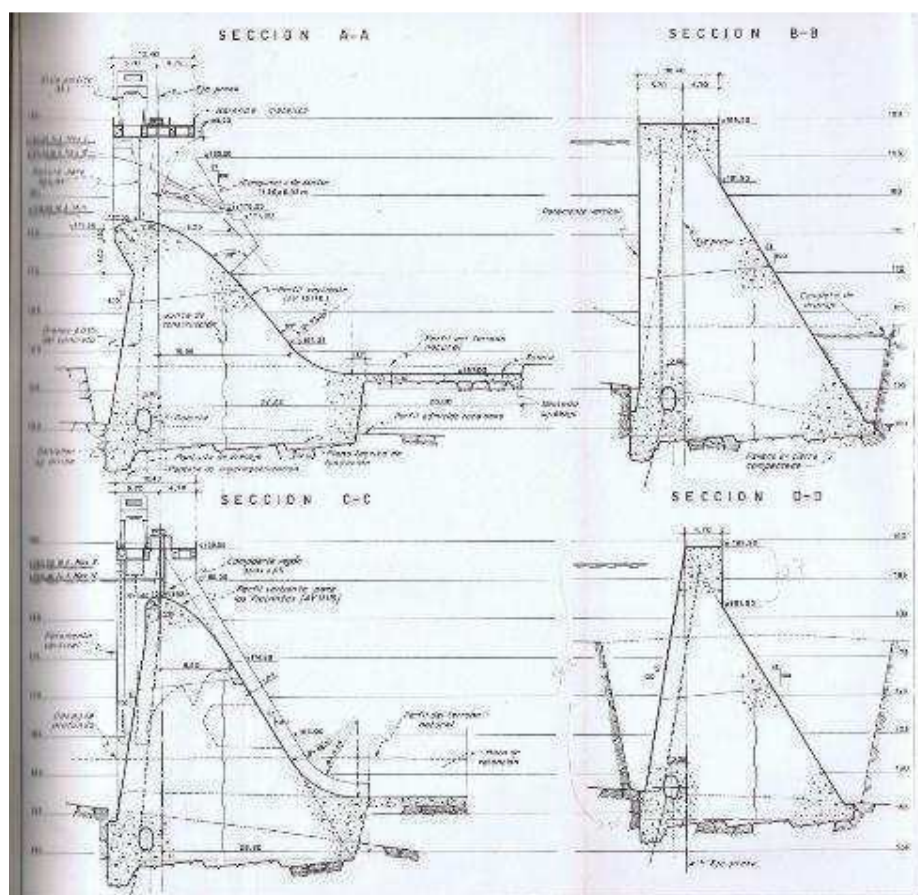
I A.1: Planta general. Tomado de referencia 1



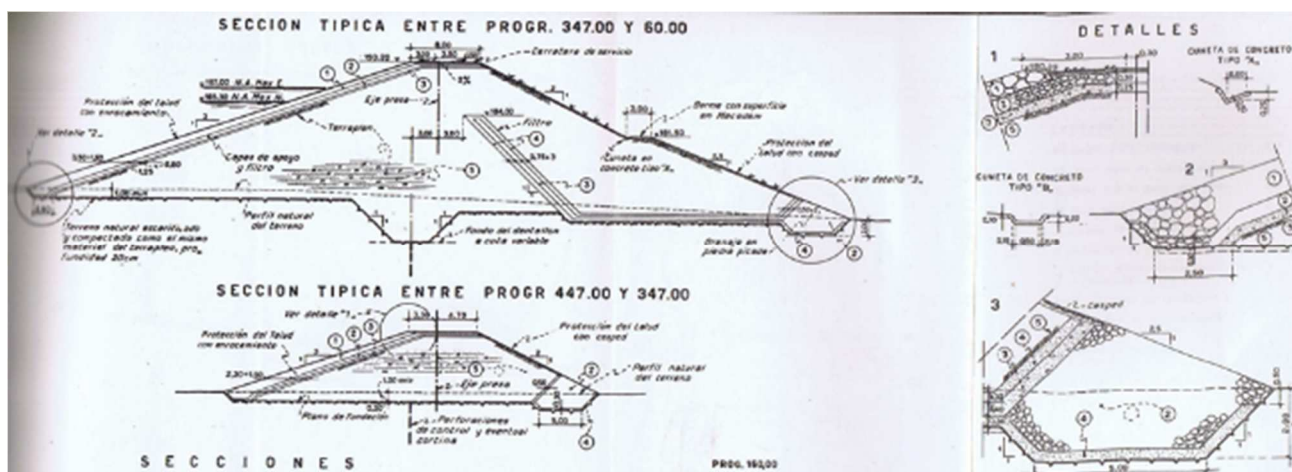
I A.2: Secciones transversales típicas. Tomado de referencia 1



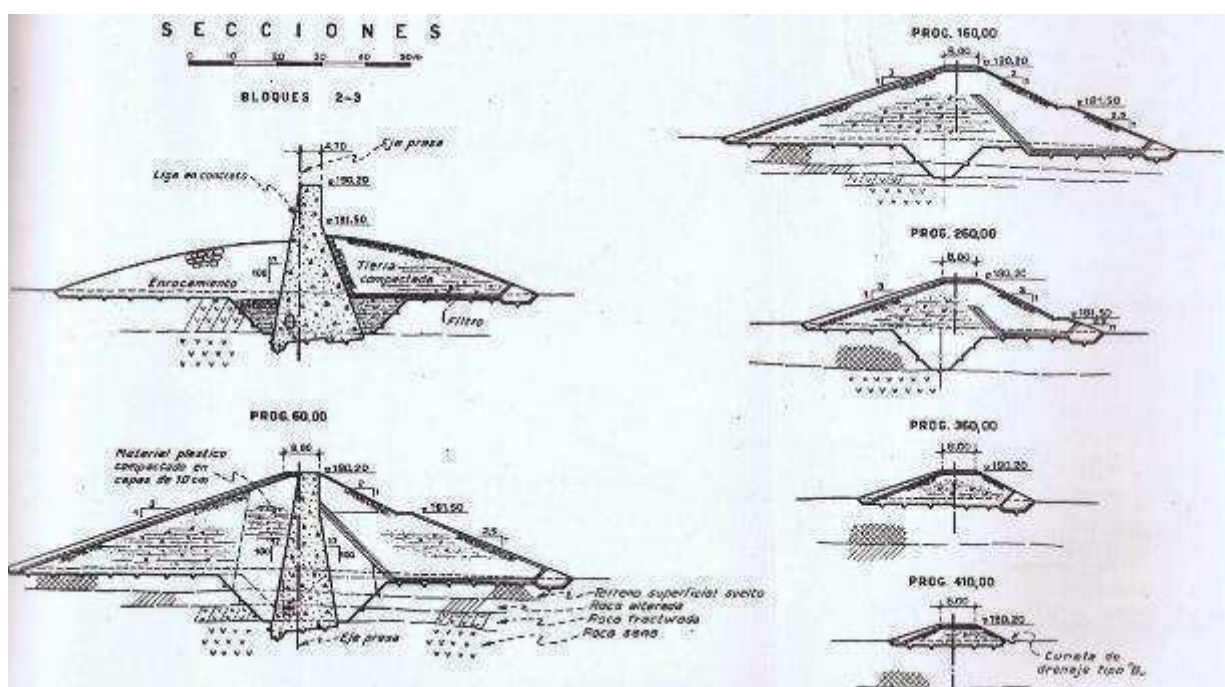
I A.3: Vista frontal de la presa de hormigón desde aguas arriba y abajo mostrando la disposición de los órganos de descarga. Tomado de referencia 1



I A.4: Secciones transversales típicas en la presa de hormigón. Tomado de referencia 1



I A.5: Secciones transversales típicas de la presa de materiales sueltos. Tomado de referencia 1



I A.6: Ídem anterior. Tomado de referencia 1

UBICACION GENERAL

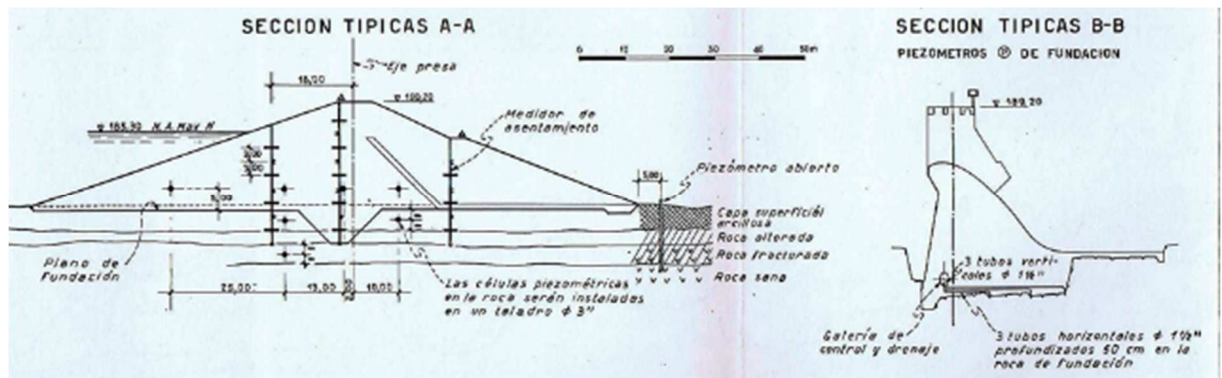
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 km

LEYENDA

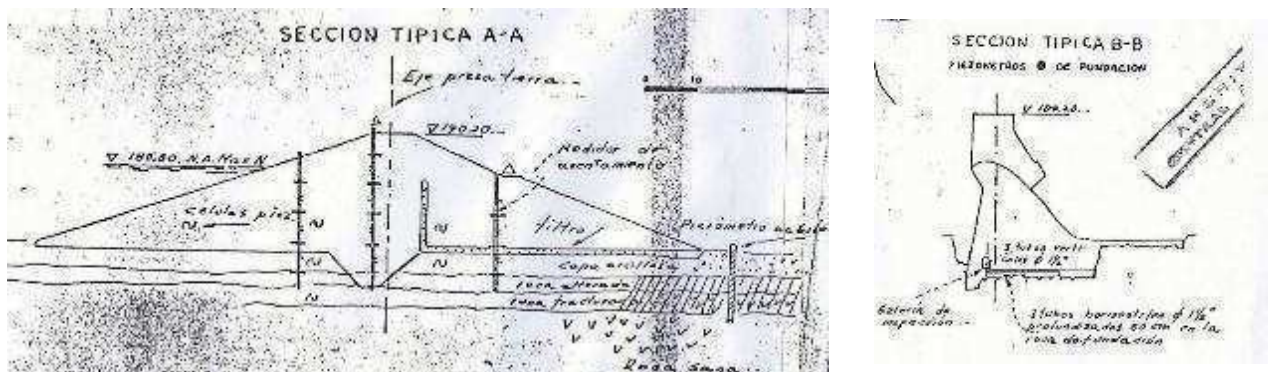
- [Symbol] Bases para estimador
- [Symbol] Obras tipo de irrigación
- [Symbol] Líneas eléctricas para electrificación
- [Symbol] Obras para conservación
- [Symbol] Fuentes de riego
- [Symbol] Puntos de riego
- [Symbol] Puntos de riego
- [Symbol] Cables eléctricos individuales o colectivos
- [Symbol] Puntos de riego
- [Symbol] Instalaciones de almacenamiento y distribución
- [Symbol] Manuales de riego de irrigación
- [Symbol] Instalación del tipo de estudio e investigación

[illegible]

REVISIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS ACARAY E YGUAZÚ
INFORME INTEGRADO N° 1 – RESUMEN DE LA VISITA DEL 10 AL 13 JULIO DE 2018
INGS. BUSTINZA, CASARINO, ETCHEGORRY Y GROSSO



I A.9: Distribución de los instrumentos de auscultación según proyecto. Cortes típicos. Tomado de referencia 1.



I A.10: Ídem anterior, conforme a obra. Tomado de referencia 4.



I A.11: Galería inferior; drenes ascendentes y descendentes drenando hacia la canaleta ubicada hacia aguas abajo y ésta hacia el pozo de bombeo.



I A.12: Aforador tipo Thomson en el interior de la galería.



I A.13: Extremo derecho de la galería. Tubo de drenaje instalado en 1972 en la interfaz terraplén/hormigón. En la base se observan los tubos anulados y a la izquierda el cañero de los piezómetros electro-acústicos hoy fuera de servicio.



I A.14: Conductos metálicos probablemente de inyección de contacto presa/fundación, drenando agua.



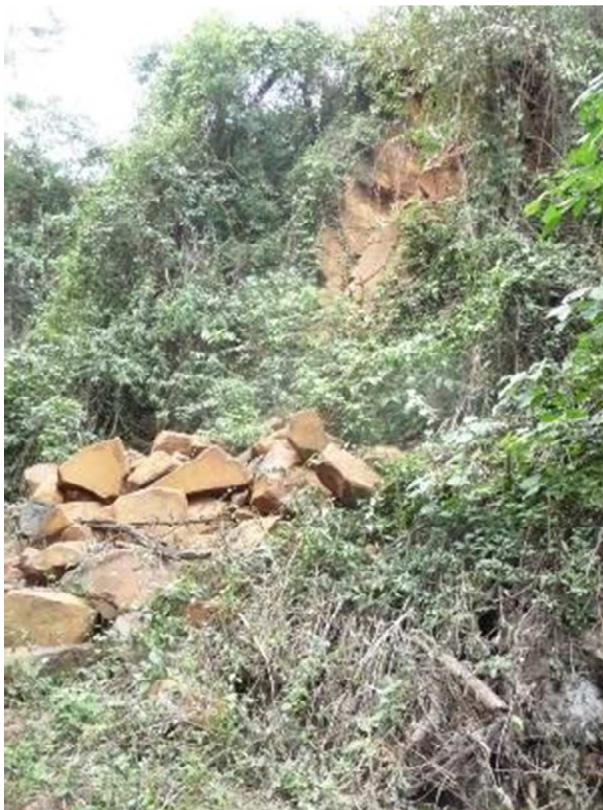
I A.15: Extremo izquierdo de la galería con la roca de fundación expuesta y abanico de drenes.



I A.16: Canal de desvío de primera etapa, descargando filtraciones sobre la laguna y ésta al río.



I A.17: Estado actual del tramo hacia aguas abajo del canal de desvío, cubierto con suelo y vegetación, drenando aguas de filtración de la presa sin registro.



I A.18: Derrumbe de talud en el acceso a la galería en margen izquierda.

**REPÚBLICA DEL PARAGUAY
ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

**PROGRAMA DE ENERGIA SOSTENIBLE
PARA EL DESARROLLO**

**PLAN DE MODERNIZACIÓN Y REPOTENCIACIÓN
DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ACARAY**

**REVISIÓN DE LA SEGURIDAD
DE LAS PRESAS ACARAY E YGUAZÚ**

INFORME INTEGRADO N° 1

**RECONOCIMIENTO DE LOS ANTECEDENTES
Y DEL ESTADO DE LAS OBRAS**

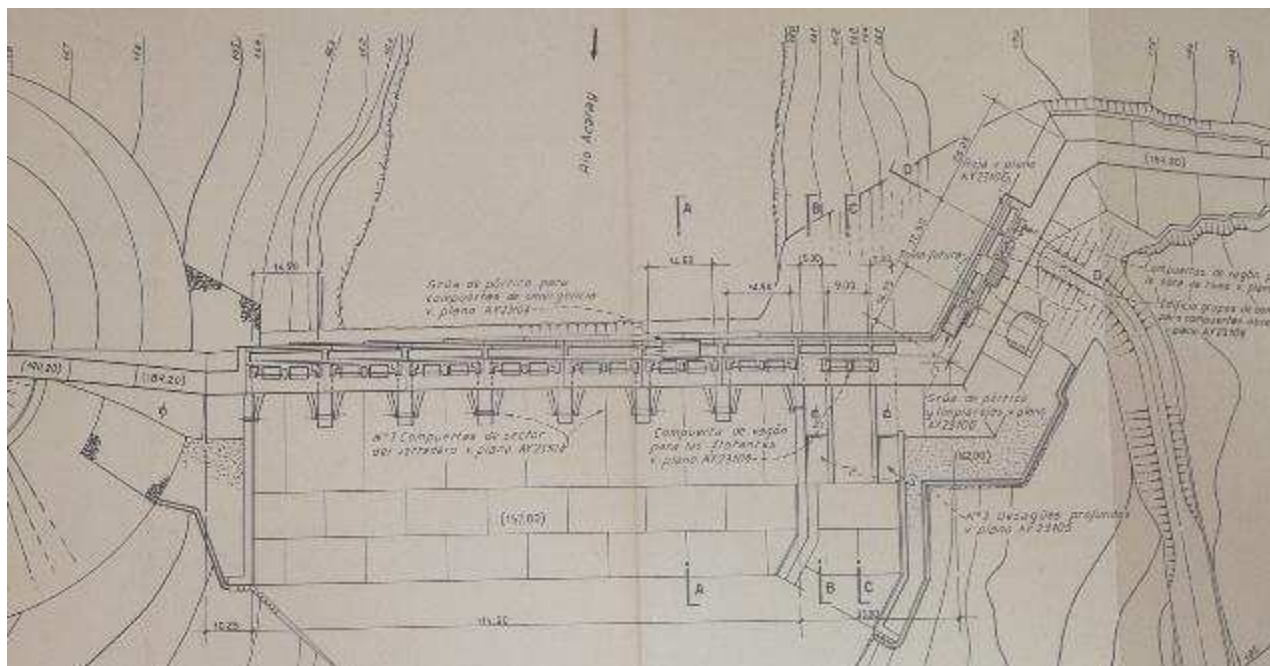
RESUMEN DE LA VISITA DEL 10 AL 13 DE JULIO DE 2018

ILUSTRACIONES RECOPIADAS Y FOTOGRAFÍAS TOMADAS DURANTE LA VISITA

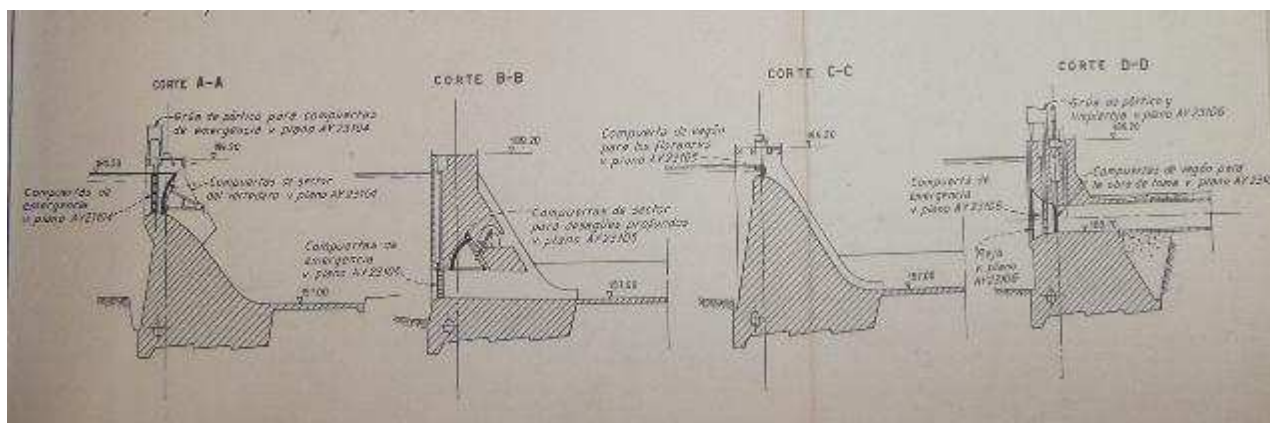
ANEXO I B

**ILUSTRACIONES DEL EQUIPAMIENTO HIDRO-ELECTROMECAÁNICO
DE LA PRESA DE RETENCIÓN ACARAY**

**CONSULTORES
ING. GEÓLOGO JUAN BUSTINZA
ING. ELECTRICISTA RAÚL CASARINO
ING. CIVIL MARCELO ETCHEGORRY
E ING. MECÁNICO ABEL GROSSO**



I B.1: Planta de ubicación general del equipamiento hidro-electromecánico, en la que se aprecian, de izquierda a derecha de la imagen: los siete vanos del vertedero regulado por sendas compuertas radiales; las dos descargas de fondo y entre medio de las mismas la descarga de elementos flotantes; y las tomas de generación de las centrales Acaray I y II.



I B.2: Secciones transversales de la presa de hormigón en las que se disponen los equipos hidro-electromecánicos principales.

CORTE B-B

Diagram illustrating the cross-section (CORTE B-B) of a ship's hull structure, showing the internal framework and components.

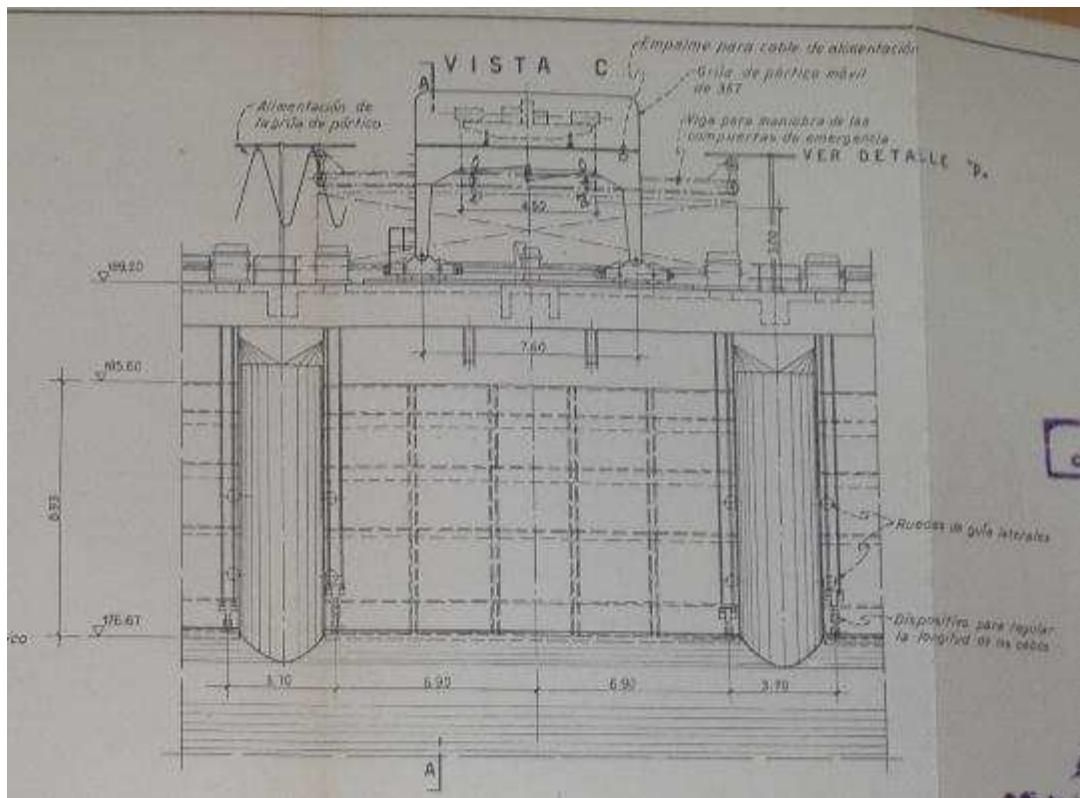
Key components and labels:

- Eje de la pala
- Compuerta de anegamiento
- Soldar en la obra
- Compuerta de sector
- Soldar en la obra
- Pernos y bridas de empalme
- Estanquidad lateral. VER DETALLE "M"
- Estanquidad lateral. VER DETALLE "D"
- Eje de la pala
- Engrasadores
- Eje. VER DETALLE "C"

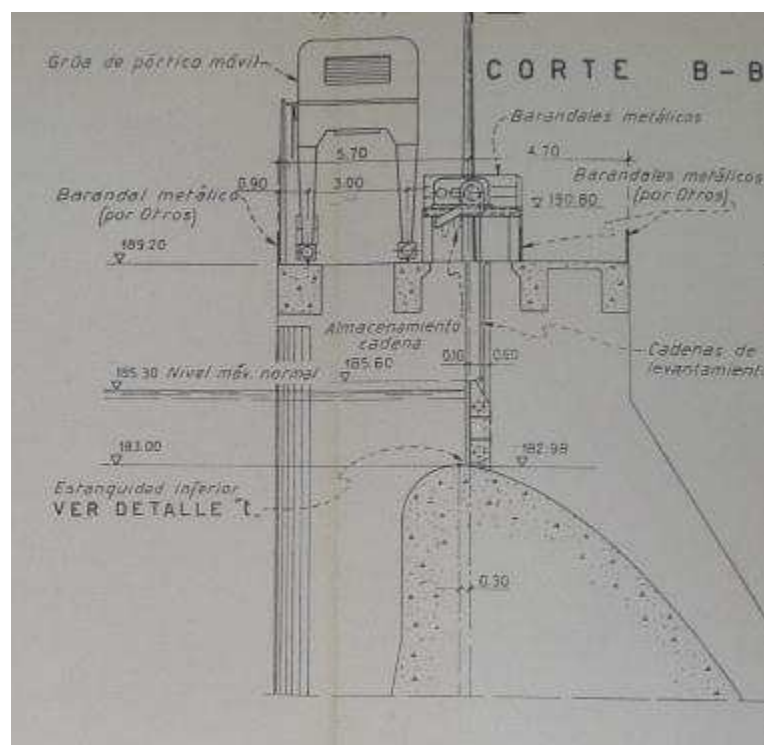
Dimensions and measurements are indicated on the right side of the drawing:

- 305
- 050
- 005

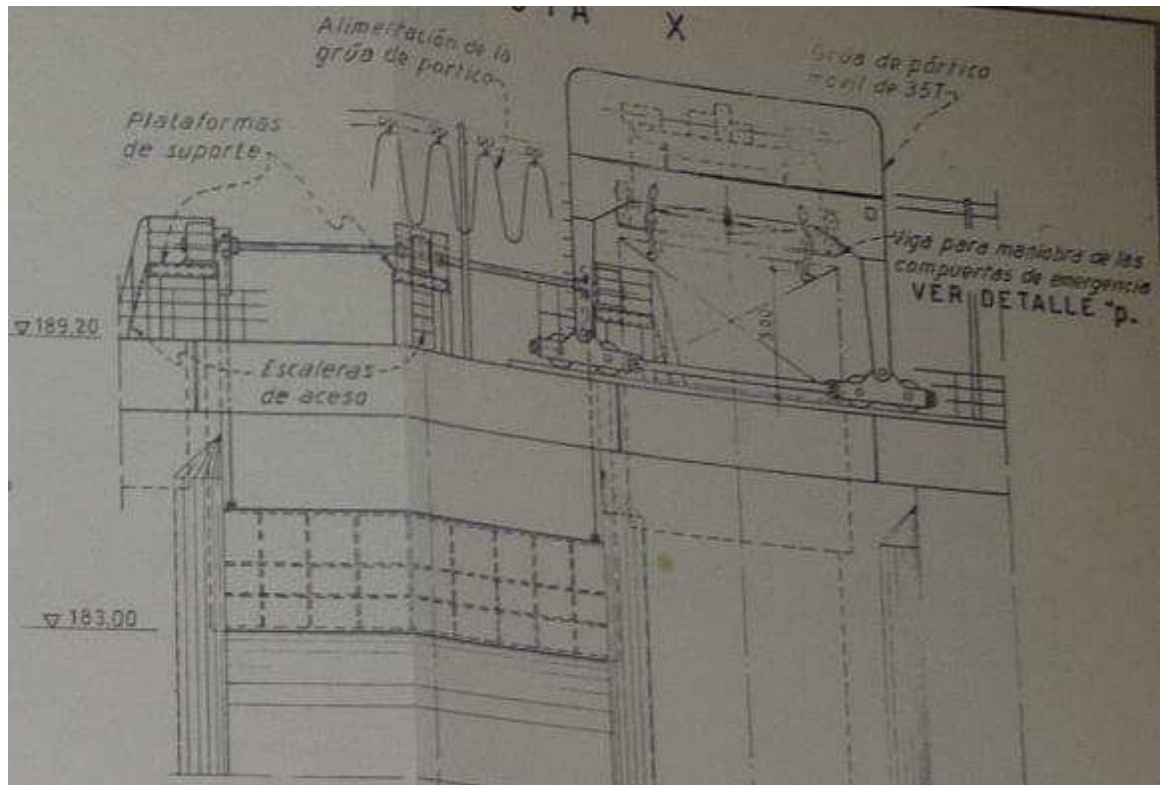
ANEXO I B - PÁGINA 3 DE 19



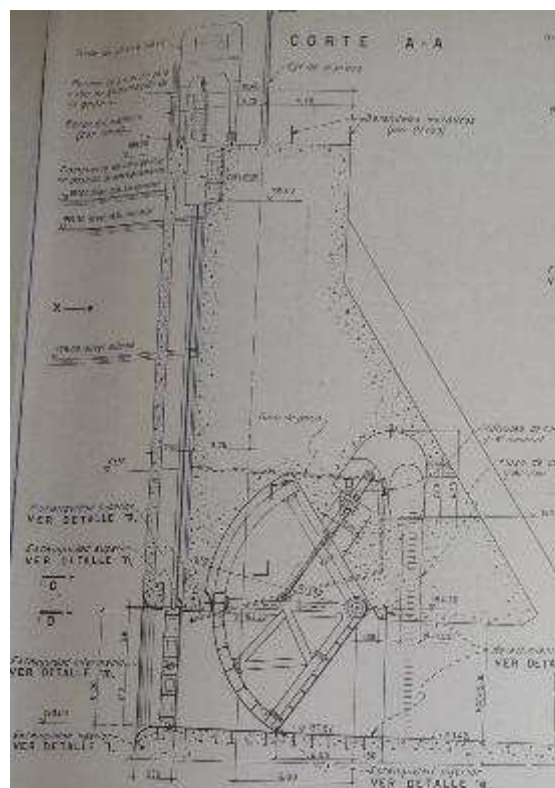
I B.5: Vista desde aguas arriba del equipamiento de un vano típico del vertedero.



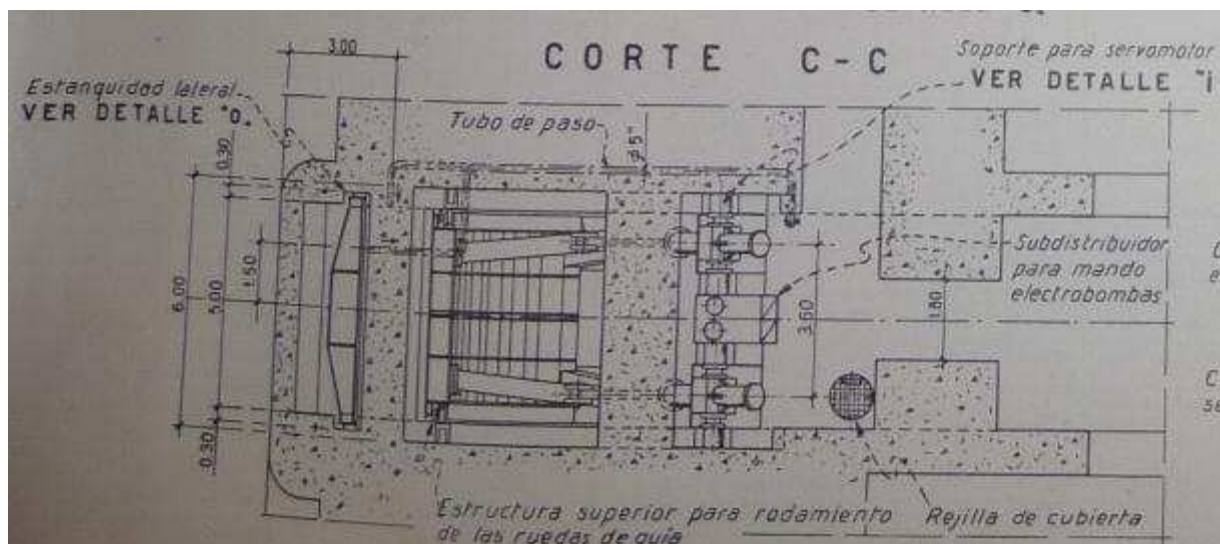
I B.6: Corte transversal por la sección en la que se emplaza la compuerta para la descarga de elementos flotantes.



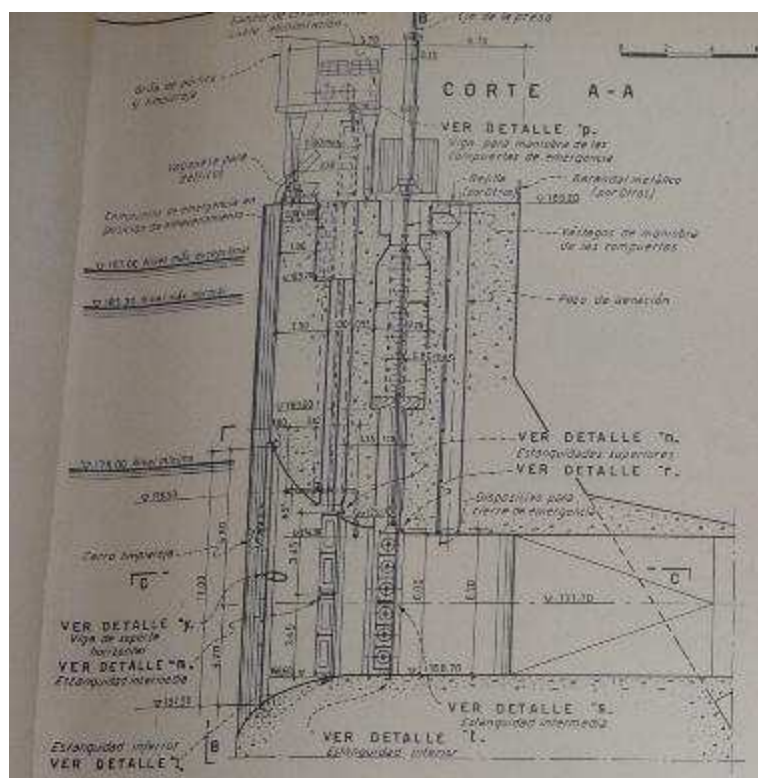
I B.7: Vista desde aguas arriba del equipamiento del vano de descarga de elementos flotantes.

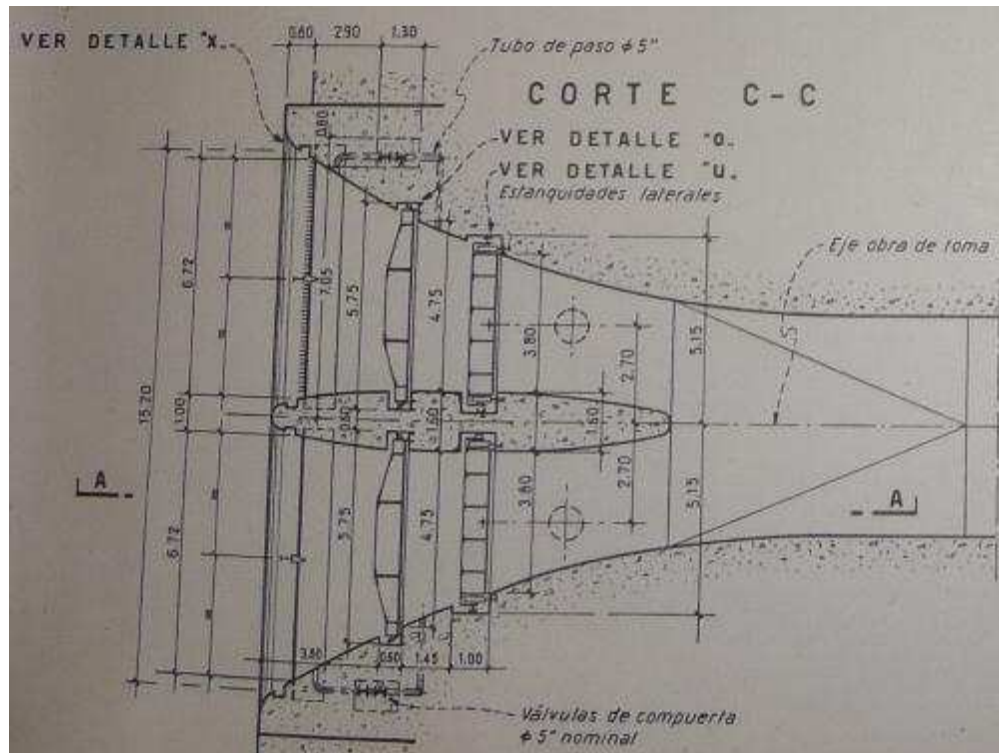


I B.8: Corte transversal de un vano típico del descargador de fondo, mostrando la compuerta de sector y su accionamiento oleohidráulico, así como la ataguía de emergencia y mantenimiento.

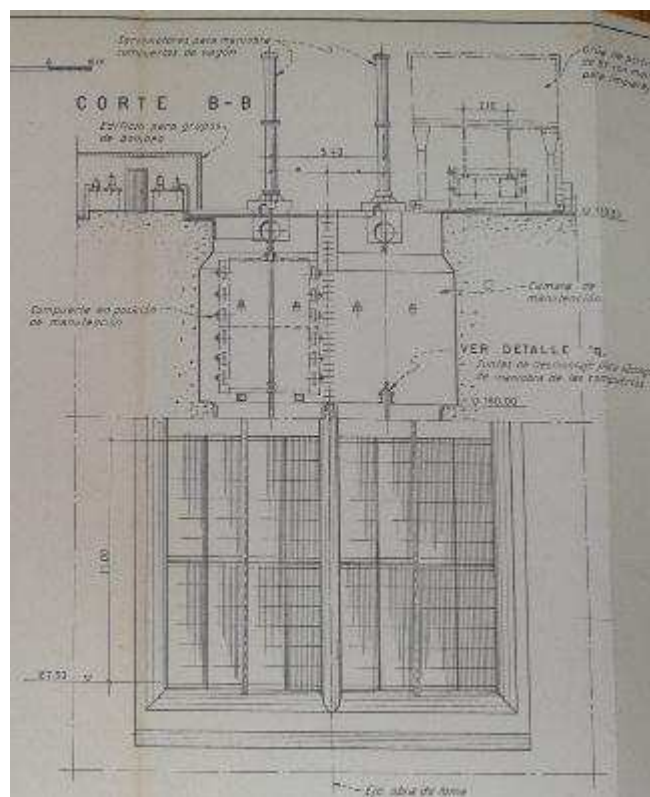


I B.9: Corte longitudinal de un vano típico del descargador de fondo.





I B.11: Corte longitudinal de una de las dos tomas de generación.



I B.12: Vista desde aguas arriba de una toma de generación.



I B.13: Vista desde aguas abajo de los siete vanos del vertedero equipados con compuertas radiales.



I B.14: Vista general de los mecanismos de izaje de las compuertas radiales del vertedero. A la derecha se aprecia una ataguía de cierre de emergencia y mantenimiento descendiendo en un vano con su correspondiente viga pescadora, en el transcurso de la prueba funcional efectuada durante la visita a la que se refiere este informe.



I B.15: Registros fotográficos tomados durante las pruebas funcionales de la compuerta radial del vano 4 y del cierre en condiciones de carga desequilibrada de la ataguía superior en el mismo vano. Los tiempos de maniobra relevados se encuentran comprendidos entre los habituales para este tipo de suministros.



I B.16: A la izquierda se observa el escudo de la compuerta radial del vano 4, sobre el que se aprecia una colonia de moluscos en correspondencia con el sello lateral. A la derecha se muestra una vista típica de la estructura de cierre de una compuerta radial del vertedero en el estado en que se encontraba al momento de la visita.



I B.17: Vista típica desde aguas abajo de los gorriones de una compuerta radial del vertedero y de los bulones post-tesados de fijación a la pila.



I B.18: Vistas de los mecanismos de izaje de una compuerta radial del vertedero.



I B.19: Vistas desde aguas abajo de la compuerta plana dedicada a la descarga de elementos flotantes en arrastrados al embalse por río Acaray.



I B.20: A la izquierda, vista desde aguas arriba del mecanismo de accionamiento de la compuerta de descarga de elementos flotantes. Al centro, las dos aberturas de descarga del desagüe de fondo ente la rápida de la descarga de elementos flotantes. A la derecha, una de las compuertas de sector del desagüe profundo de fondo.



I B.21: Vista general del coronamiento en el tramo de la toma de los desagües de fondo, la descarga de elementos flotantes y el vertedero. A la derecha, la toma del vano de margen izquierda de los desagües de fondo en correspondencia con las guía de la ataguía de emergencia y mantenimiento.



I B.22: Vista general de la ataguía de emergencia y mantenimiento del descargador de fondo. A la derecha, un detalle de la disposición del sello lateral y el borde de apoyo diseñado a modo de patín continuo. Los recubrimientos protectores de los equipos hidro-mecánicos fueron renovados en 2009.



I B.23: Vista del dispositivo hermético retro-iluminado fabricado por el personal de ANDE, empleado durante el reconocimiento del estado del ducto de desagüe de fondo de margen izquierda. A la derecha, equipamiento digital de visualización y registro de las imágenes relevadas.



I B.24: Vista de uno de los dos servomotores de una de las compuertas de sector del desagüe de fondo y la correspondiente central oleo-hidráulica que sirve a ambos servomotores. A la derecha, el tablero de control respectivo.



I B.25: Vista desde aguas abajo de los servomotores de las dos compuertas planas de la toma de generación de la Central Acaray I.



I B.26: Vista del servomotor de margen izquierda de la toma de generación de la Central Acaray II, sobre la que se realizaron los ensayos funcionales de cierre en aguas muertas. A la izquierda, foto tomada durante la prueba de verificación de la presencia de la señal de cierre emitida desde la sala de control.



I B.27: Vista de la central oleo-hidráulica de accionamiento de los servomotores de las tomas de generación. Al centro y a la derecha, el tablero de mando local de concepción antigua, pero aún confiable.



I B.28: Vista de uno de los servomotores en proceso de rearmado del dispositivo de sostenimiento superior del émbolo, en ocasión de reponer las condiciones de guardia para la operación de la unidad generadora N°3. Al centro y a la derecha, una vista de aproximación de la traba mecánica del émbolo.



I B.29: Vista de la galería inferior de la presa de hormigón en cuyo punto más bajo se emplaza el pozo de achique de los caudales de filtraciones. A la derecha la instalación de superficie del sistema de bombeo.



I B.30: Vistas desde arriba del pozo sumidero de drenajes, en la que se aprecian las conducciones de impulsión de las dos bombas sumergidas y su sistema de detección de nivel de agua para el arranque y la parada autónoma de las mismas



I B.31: Vista de la conducción común de impulsión del sistema de achique de los drenajes de la presa de hormigón, la que descarga en la columna de aireación del desagüe de fondo emplazada hacia la margen derecha. Nótese la tubería original, reemplazada por ANDE por haberse reducido su sección de paso como consecuencia de su avanzado estado de corrosión.



I B.32: Vistas del tablero de fuerza motriz, mando autónomo y comando local del sistema de bombeo de los drenajes, dispuesto en la sala de los equipos de accionamiento de la compuerta del desagüe de fondo emplazado hacia margen derecha. Desde este tablero se instruyó, a modo de prueba, el arranque de una de las bombas con resultado satisfactorio.



I B.33: Vista general y de aproximación de la torre terminal de línea proveniente de la EETT Acaray, incluyendo el transformador de rebaje 23/0,4 KV desde el que se alimentan en condición normal los consumos del equipamiento hidro-electromecánico de la presa.



I B.34: Vista del tablero general de distribución y mando de todos los consumos de la presa, emplazado en un local contiguo a la antes citada torre terminal. Al centro, vista de aproximación del interior de uno de los cubicles. A la derecha, conducciones de cables desde el tablero de distribución general a cada consumo.



I B.35: Vista desde la margen izquierda del coronamiento de la presa, mostrando el acceso hacia el local elevado donde se emplaza el tablero de distribución general de energía eléctrica a los consumos de la presa en condiciones normales. A la derecha, entre la vegetación, la caja de conexión prevista por el proyectista para recibir en condiciones de emergencia la energía alternativa de un grupo Diésel portátil.

**REPÚBLICA DEL PARAGUAY
ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

**PROGRAMA DE ENERGIA SOSTENIBLE
PARA EL DESARROLLO**

**PLAN DE MODERNIZACIÓN Y REPOTENCIACIÓN
DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ACARAY**

**REVISIÓN DE LA SEGURIDAD
DE LAS PRESAS ACARAY E YGUAZÚ**

INFORME INTEGRADO N° 1

**RECONOCIMIENTO DE LOS ANTECEDENTES
Y DEL ESTADO DE LAS OBRAS**

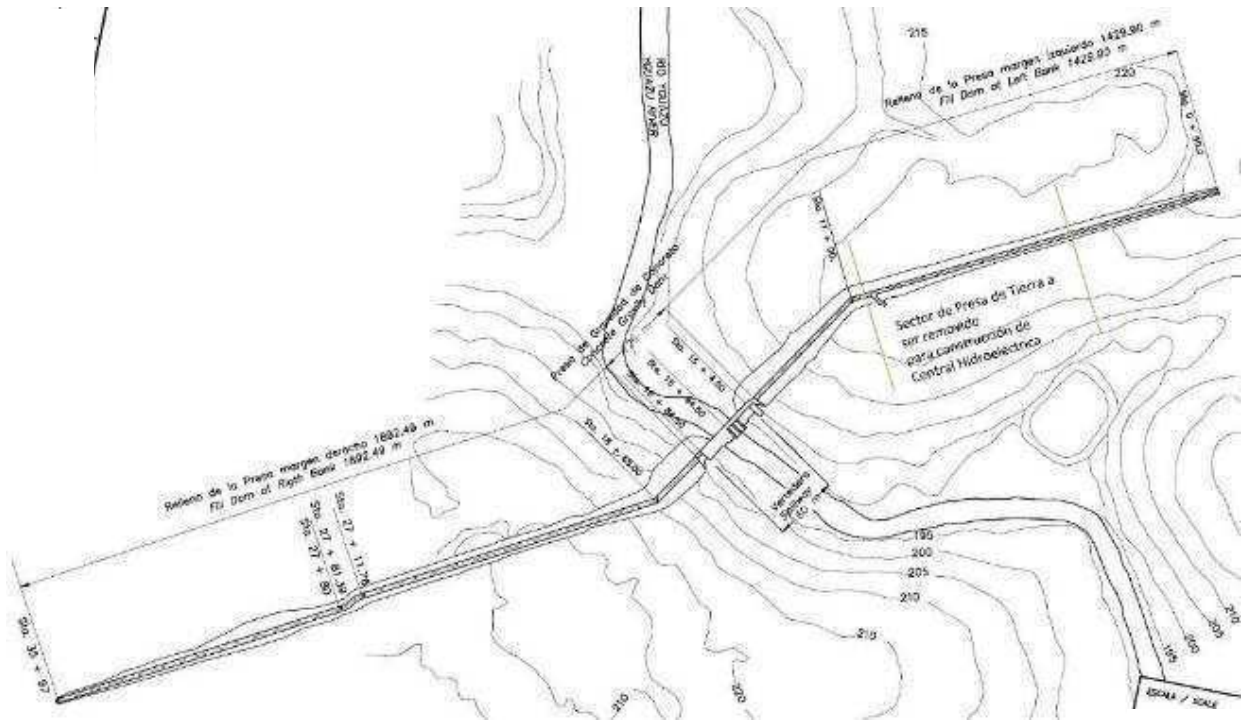
RESUMEN DE LA VISITA DEL 10 AL 13 DE JULIO DE 2018

ILUSTRACIONES RECOPIADAS Y FOTOGRAFÍAS TOMADAS DURANTE LA VISITA

ANEXO II A

**ILUSTRACIONES DE LAS OBRAS CIVILES
DE LA PRESA DE REGULACIÓN YGUAZÚ**

**CONSULTORES
ING. GEÓLOGO JUAN BUSTINZA
ING. ELECTRICISTA RAÚL CASARINO
ING. CIVIL MARCELO ETCHEGORRY
E ING. MECÁNICO ABEL GROSSO**



II A.1: Planta general del cierre.



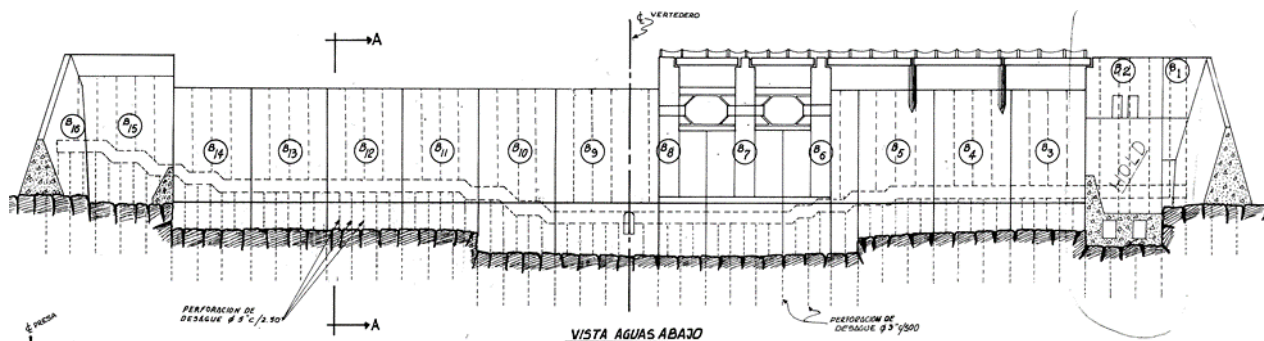
II A.2: Vista de la presa de hormigón desde margen izquierda. En primer plano el vertedero libre y luego el regulado operando.



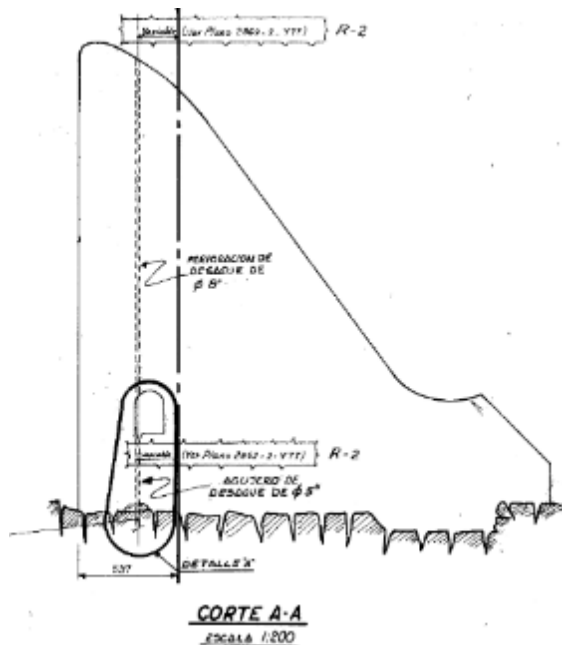
II A.3: Vista desde el vertedero regulado. En primer plano el vertedero libre y luego la presa de materiales sueltos de margen derecha.



II A.4: Vista desde margen derecha. En primer plano el vertedero libre, luego el regulado, el canal del descargador de fondo y al fondo la presa de materiales sueltos de margen izquierda.



II A.5: Vista frontal de la presa de hormigón desde aguas abajo mostrando la disposición de los órganos de descarga. Tomado de Referencia 7



II A.6: Sección transversal e la presa de hormigón.



II A.7: Aspecto de la galería inferior con sus drenes ascendentes y descendentes.



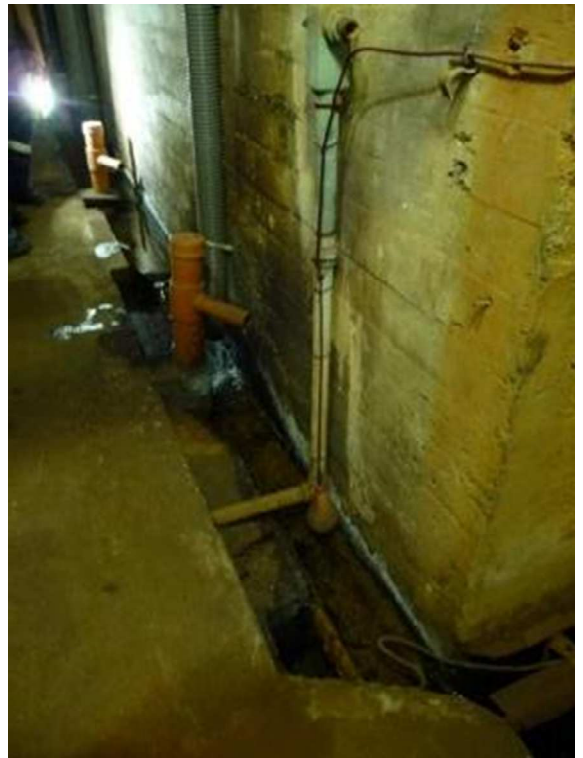
II A.8: Ídem anterior.



II A.9: Ídem anterior.



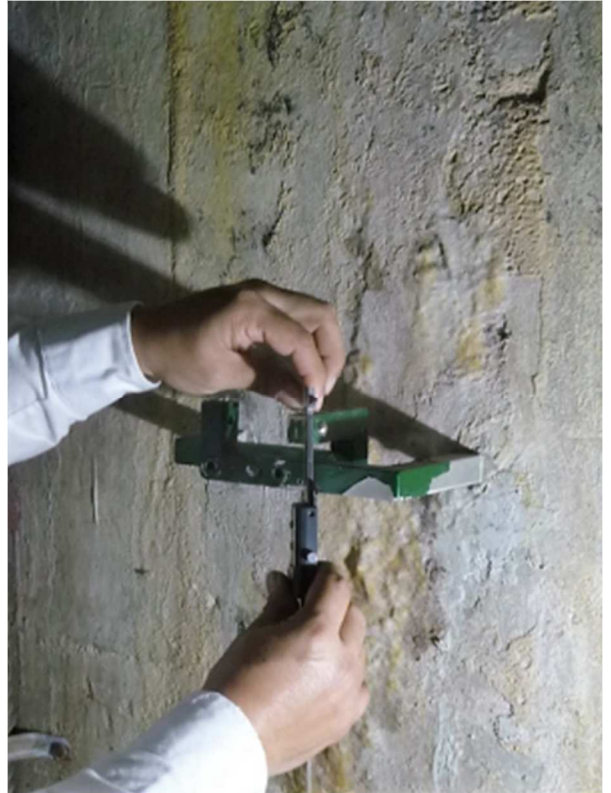
II A.10: Ídem anterior.



II A.11: Ídem anterior.



II A.12: Dren descendente equipado con válvula y rosca para manómetro.



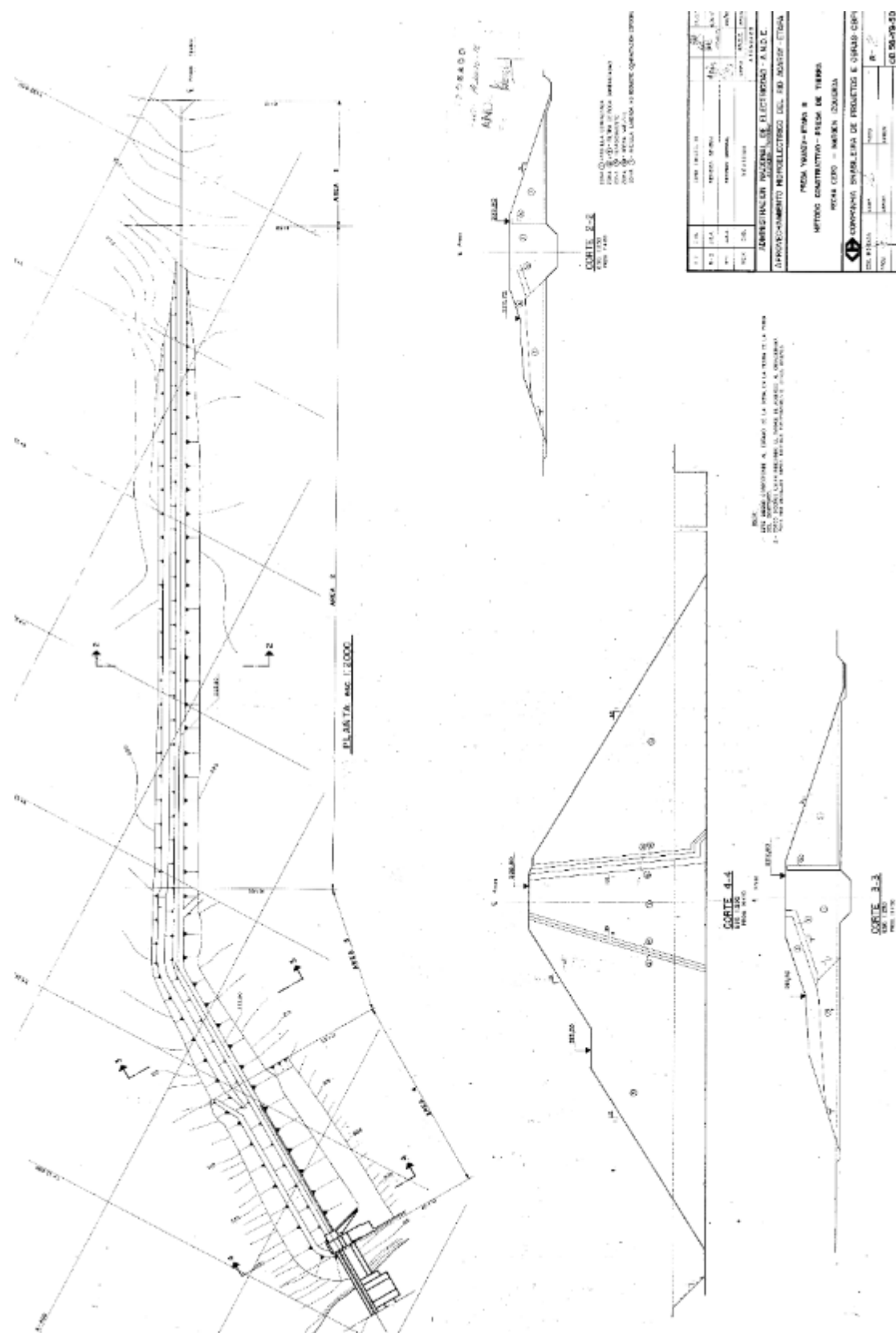
II A.13: Medidores tri-ortogonales de deformación en juntas.



II A.14: Aforadores tipo Thomson en la canaleta de drenaje.

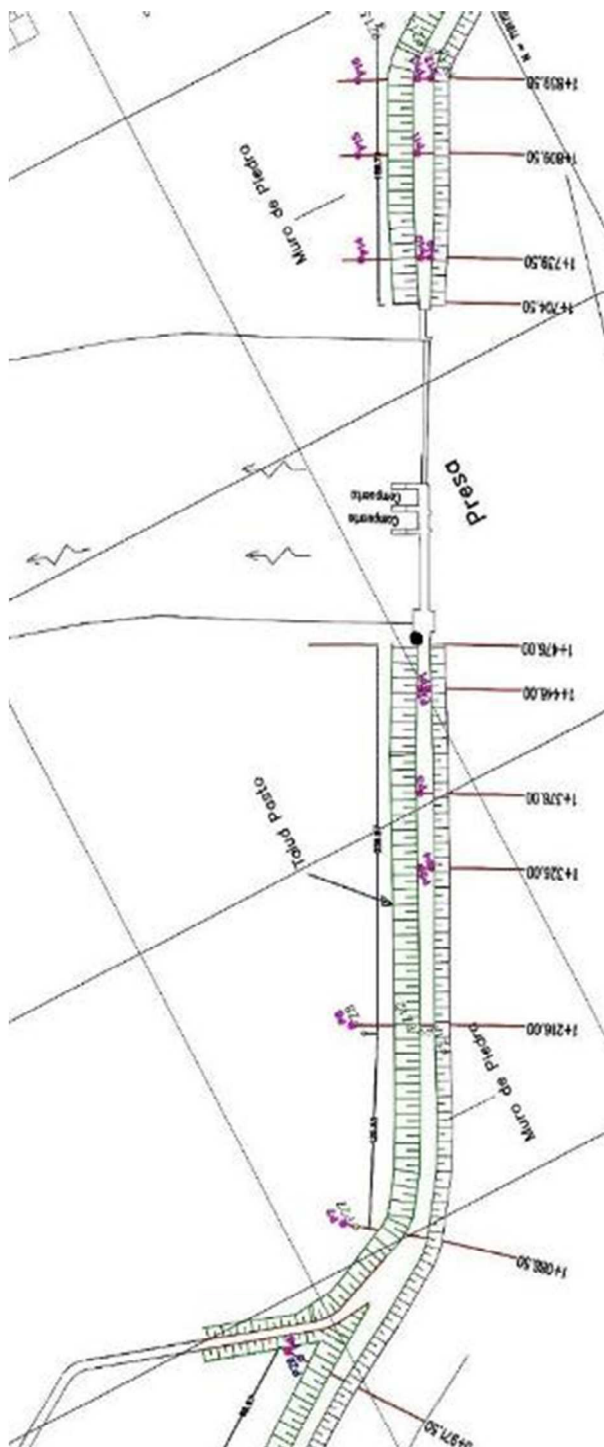


II A.15: Ídem anterior; detalle de regleta de medición.



II A.16: Planta y secciones principales de la presa de materiales sueltos de margen izquierda. Tomado de referencia 7

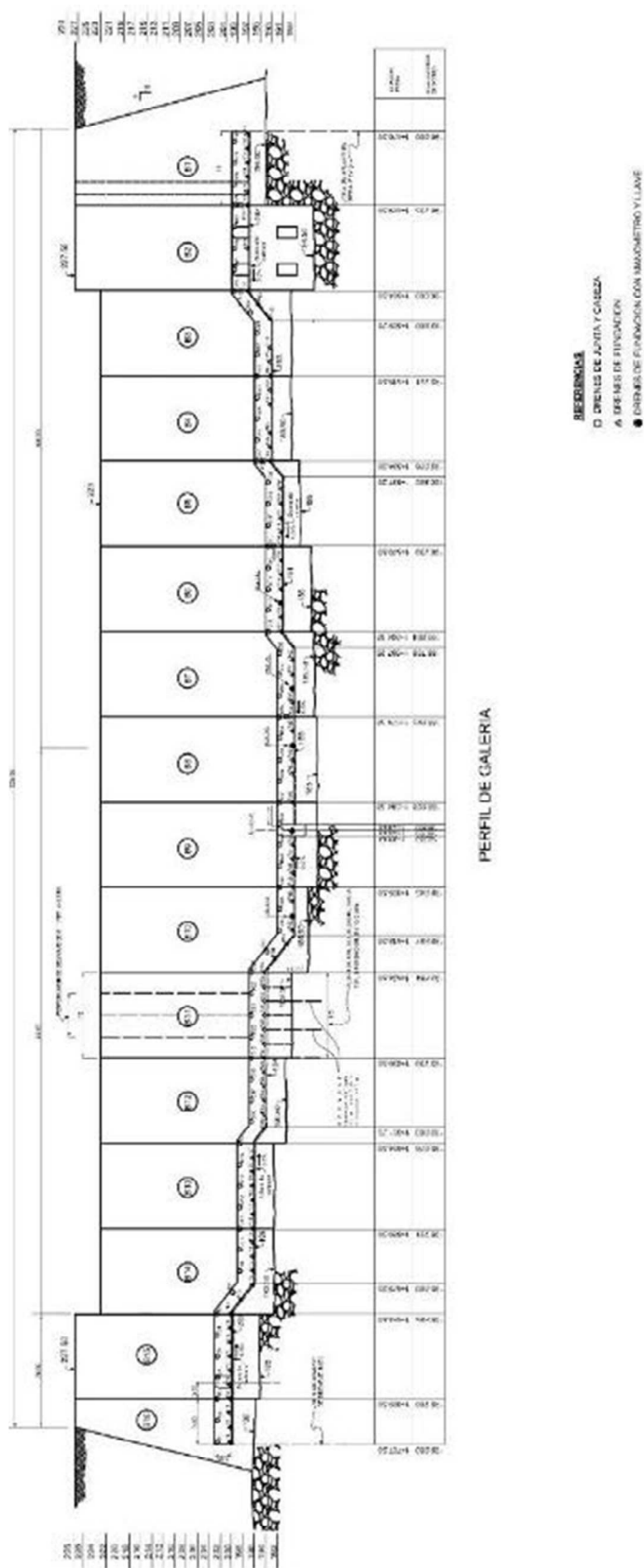
REVISIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS ACARAY E YGUAZÚ
INFORME INTEGRADO N° 1 – RESUMEN DE LA VISITA DEL 10 AL 13 JULIO DE 2018
INGS. BUSTINZA, CASARINO, ETCHEGORRY Y GROSSO



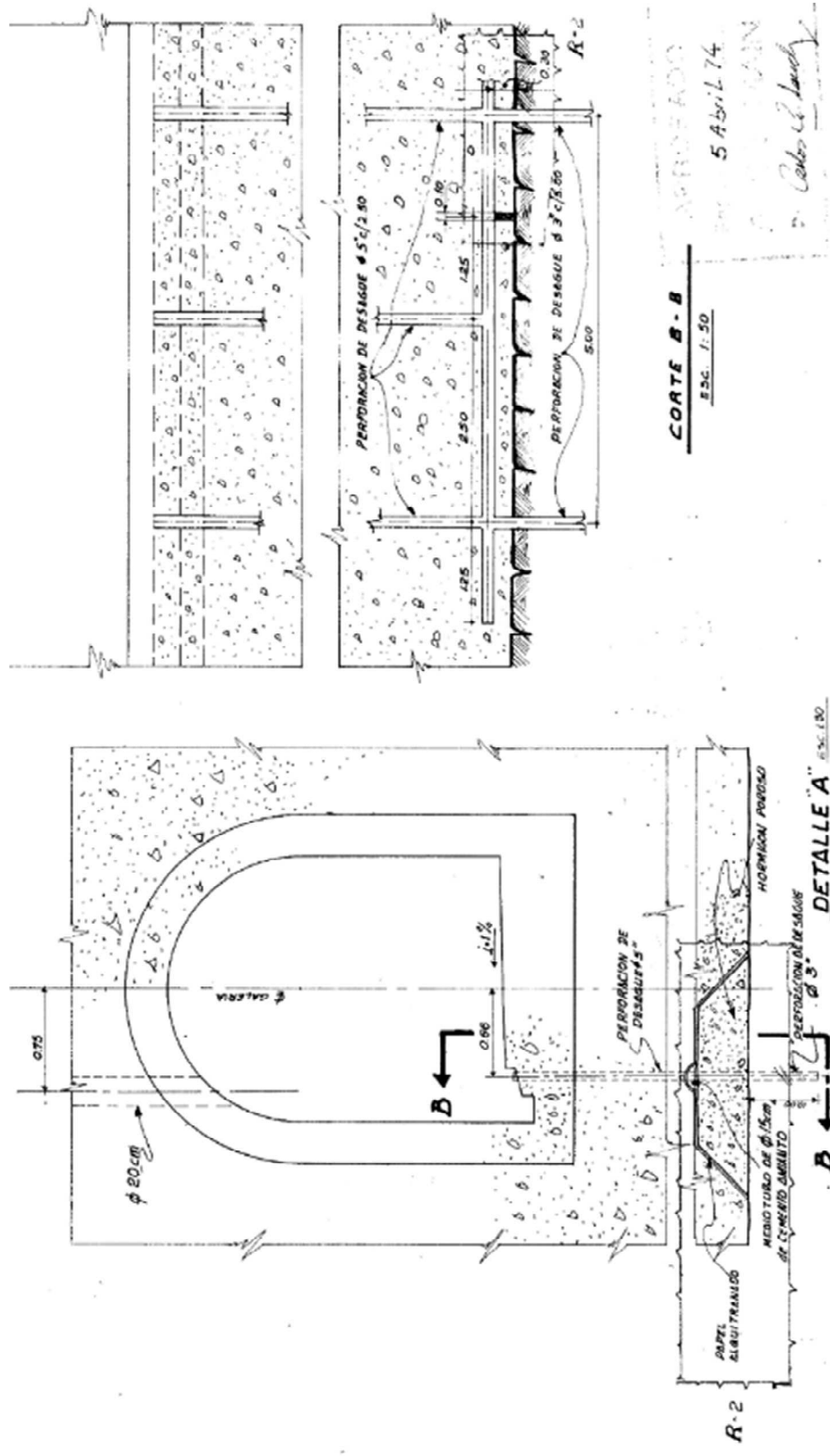
II A.18: Ubicación de las nueve secciones de control piezométrico y altimétrico implementadas en 2012/2013. Referencia 9



II A.19: Ubicación de los diez mojones de mediciones microgeodésicas implementadas en 2012/2013. Referencia 9



II A.20: Ubicación de los drenes descendentes y ascendentes. Referencia 9



II A.21: Detalles del sistema de drenaje de la fundación. Tomado de Referencia 7



II A.22: Aspecto de la presa de materiales sueltos en margen izquierda, vista hacia la presa de hormigón.



II A.23: Aspecto de la presa de materiales sueltos en margen derecha, vista hacia la presa de hormigón.



II A.24: Terraplén izquierdo en cercanías de la presa de hormigón. Talud aguas arriba con signos de deterioro y posteriores reposiciones de enrocado.



II A.25: Ídem anterior.



II A.26: Terraplén izquierdo en cercanías de la presa de hormigón. Talud aguas abajo con signos de deterioro y posteriores reposiciones de enrocado.



II A.27: Ídem anterior, vista hacia el río



II A.28: Vista del aforador de pie de presa en margen izquierda. Nótese la cárcava inundada en correspondencia con la reparación del talud.



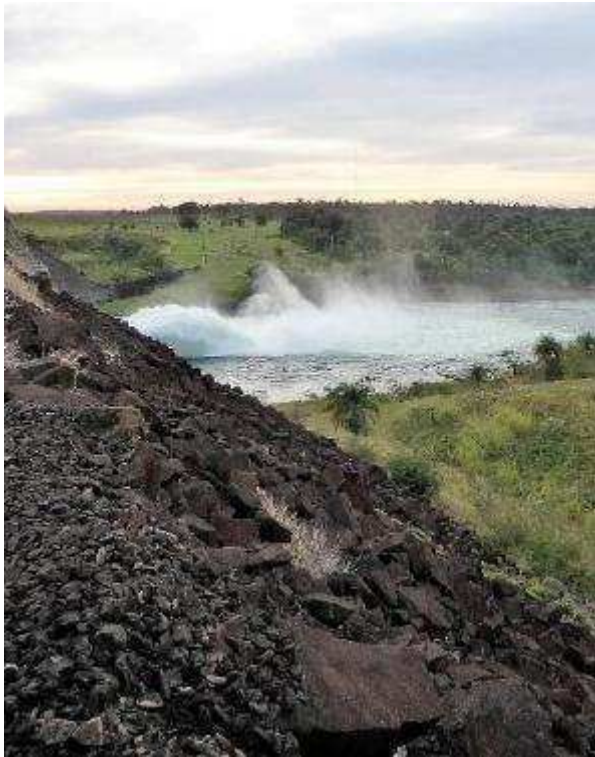
II A.29: Primer plano del aforador de pie de presa, margen izquierda



II A.30: Terraplén derecho; aspecto del talud aguas arriba visto desde la presa de hormigón.



II A.31: Ídem anterior, visto hacia la presa de hormigón.



II A.32: Terraplén derecho; aspecto del talud aguas abajo visto hacia la presa de hormigón.



II A.33: Ídem anterior, visto hacia el extremo derecho.



II A.34: Vista del aforador de pie de presa en margen derecha.



II A.35: Primer plano del aforador de pie de presa, margen derecha.



II A.36: Mojón de nivelación original



II A.37: Mojón de nivelación año 2012/2013

**REPÚBLICA DEL PARAGUAY
ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

**PROGRAMA DE ENERGIA SOSTENIBLE
PARA EL DESARROLLO**

**PLAN DE MODERNIZACIÓN Y REPOTENCIACIÓN
DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ACARAY**

**REVISIÓN DE LA SEGURIDAD
DE LAS PRESAS ACARAY E YGUAZÚ**

INFORME INTEGRADO N° 1

**RECONOCIMIENTO DE LOS ANTECEDENTES
Y DEL ESTADO DE LAS OBRAS**

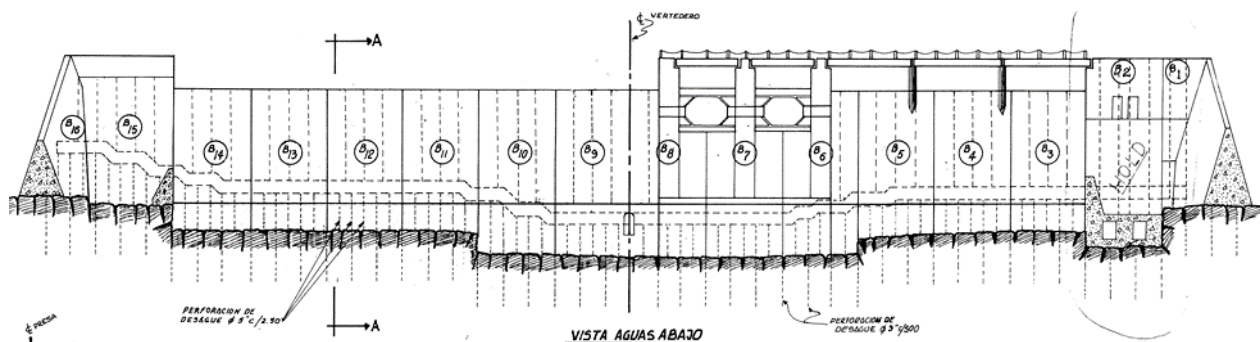
RESUMEN DE LA VISITA DEL 10 AL 13 DE JULIO DE 2018

ILUSTRACIONES RECOPIADAS Y FOTOGRAFÍAS TOMADAS DURANTE LA VISITA

ANEXO II B

**ILUSTRACIONES DEL EQUIPAMIENTO HIDRO-ELECTROMECAÁNICO
DE LA PRESA DE REGULACIÓN YGUAZÚ**

**CONSULTORES
ING. GEÓLOGO JUAN BUSTINZA
ING. ELECTRICISTA RAÚL CASARINO
ING. CIVIL MARCELO ETCHEGORRY
E ING. MECÁNICO ABEL GROSSO**

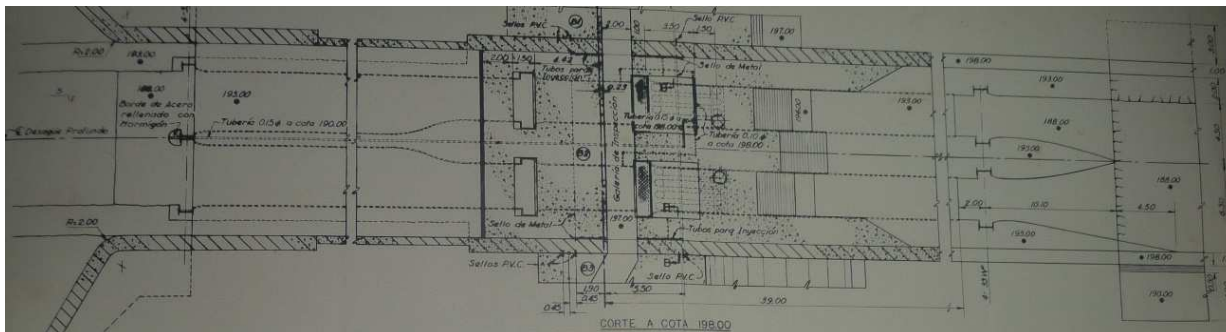


II B.1: Vista desde aguas abajo de la presa de hormigón en la que se dispone el equipamiento hidro-mecánico de cierre: entre los dos vertederos se emplazan las compuertas radiales del vertedero regulado; en el ángulo inferior derecho de la imagen, se puede observar las dos conducciones de los desagües profundos por las cuales se canalizó el desvío del río durante la etapa final de construcción.

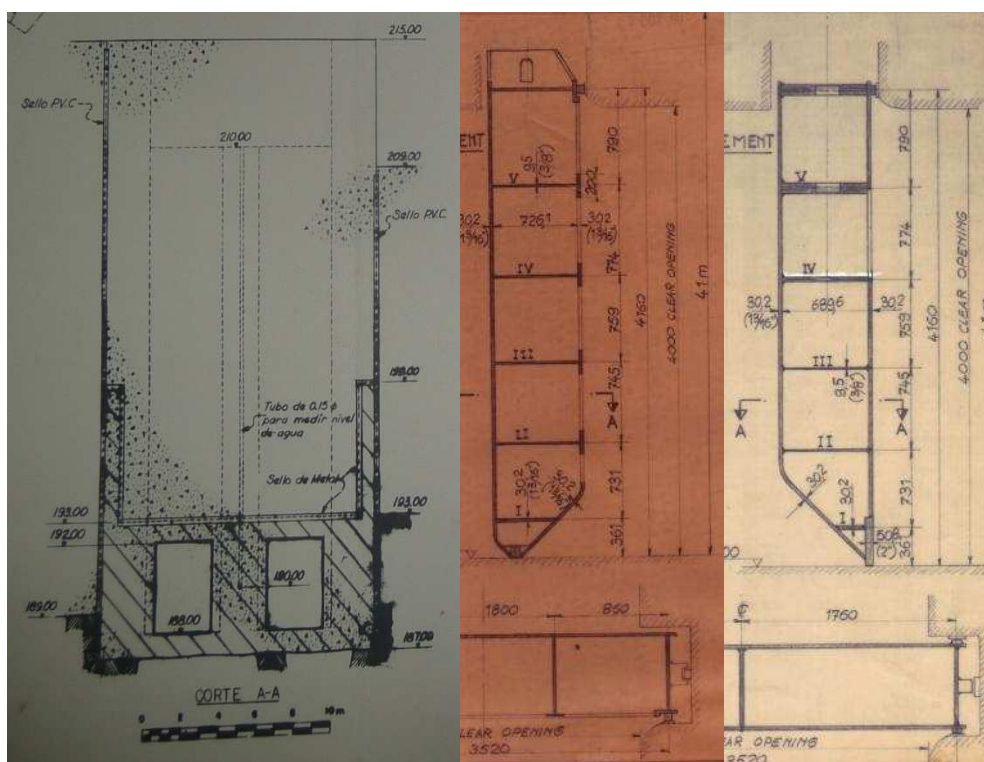


II B.2: Fotografía de la presa de hormigón vista desde el embalse. De izquierda a derecha: terraplén de MI; módulo del descargador de fondo; vertedero libre de MI; vanos del vertedero regulado por las dos compuertas radiales; vertedero libre de MD; terraplén de MD.

ANEXO II B - PÁGINA 3 DE 14



II B.5: Planta de ubicación general de los conductos de desagüe profundo. Aguas arriba del eje de la presa se disponen las recatas para las ataguías metálicas de mantenimiento y cierre en condiciones de emergencia operadas desde el coronamiento con el puente grúa; aguas abajo, las compuertas tipo Bureau de regulación de los caudales de descarga.



II B.6: Corte longitudinal de las obras civiles del descargador de fondo y de las estructuras metálicas de los tableros de la ataguía de mantenimiento y cierre en condiciones de emergencia (Centro) y de la compuerta de regulación de los caudales erogados.



II B.7: Vistas del vertedero regulado desde MD y MI, operando durante la visita con las dos compuertas radiales abiertas unos 0,5 m de altura en ocasión en que el embalse se encontraba ≈ 1 m por debajo el nivel máximo normal definido por la cota de la cresta de los vertederos libres (223,0).



II B.8: Vistas de la compuerta de la margen derecha en posición cerrada en ocasión de las pruebas funcionales efectuadas durante la visitas. La reducción de caudal fue compensada mediante la mayor apertura de la compuerta de margen izquierda.



II B.9: Vista de la compuerta de MD durante la maniobra de reapertura. El tiempo que demanda recorrer un arco de 1 m en correspondencia con el radio del escudo (14,7 m) es de 2' 40", estimado a partir de las mediciones practicadas. El movimiento es suave y silencioso; no obstante, para aperturas bajas la compuerta de margen izquierda requiere ser descendida para reposicionarse en un nivel superior al que se encontraba antes de instruirse la maniobra (Ver Acápite 3.2.3.a del Informe).



II B.10: Vistas de la relación entre los sellos laterales y el escudo, resultante de la correcta regulación de las ruedas de apoyo lateral. Nótese que la única marca que se observa en la guía lateral superior es la del sello de estanqueidad, en tanto en la inferior se observan las huellas del contacto suave de las citadas ruedas. Los sellos exhiben una buena estanqueidad.



II B.11: Vista de la palanca de accionamiento del limitador de la carrera de apertura de cada compuerta radial. A la derecha el indicador de posición fuera de servicio; éste fue reemplazado por sendas reglas graduadas pintadas sobre los muros extremos de cada vano.



II B.12: Vista de la puerta interior del tablero de fuerza motriz y comando de cada una de las compuertas. Éstos están ubicados juntos en el centro de la pila intermedia, hacia aguas abajo, en lugar en que los mecanismos de izaje impiden al operador observar las maniobras instruidas sobre cada compuerta.



II B.13: Vista de parte de los siete tableros de las ataguías metálicas de cierre para el mantenimiento de las compuertas radiales y, la derecha, la viga pescadora utilizada para su manipuleo.



II B.14: Vistas de dos de los siete paños de las ataguías de mantenimiento de las compuertas radiales, los que exhiben buen aspecto habiendo sido renovado su recubrimiento protector durante el año 2009.



II B.15: Vistas desde el coronamiento del módulo en el que se emplazan los dos ductos del descargador de fondo, dispuestos en la presa de hormigón contra el terraplén de margen izquierda.



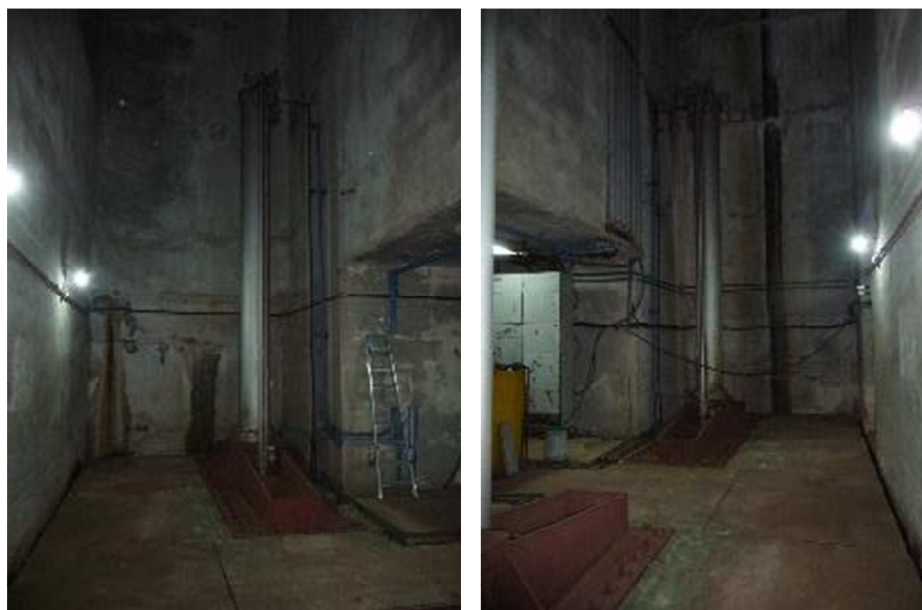
II B.16: Vista general del puente grúa de desplazamiento transversal al eje de la presa, – actualmente en desuso y parcialmente desguazado –, previsto originalmente para asistir a las tareas de mantenimiento de las dos compuertas de regulación tipo Bureau de los desagües de fondo mediante la intervención directa y la colocación de la ataguía de emergencia.



II B.17: Vista de detalle de aspectos del puente grúa del desagüe de fondo en los que puede observarse el enrollador de la alimentación eléctrica sin el respectivo conductor; a la derecha, el tambor y las poleas de reenvío sin el cable de izaje.



II B.18: Vista desde el coronamiento de la ataguía de mantenimiento y cierre en condiciones de emergencia; a la derecha, vista desde la galería de inspección y drenaje de las aberturas de acceso para mantenimiento de las compuertas de regulación y sus sistemas de accionamiento. El recubrimiento protector de la citada ataguía fue renovado en 2009.



II B.19: Vista de la sala de servomotores de ambas compuertas Bureau de regulación de las erogaciones de los desagües de fondo. Según informa ANDE, Los equipos están en desuso desde el cierre del desvío del río.



II B.20: Vistas de la central oleohidráulica prevista para el accionamiento de las compuertas de regulación, actualmente fuera de servicio. El tablero de alimentación eléctrica y de mando, con la lógica operativa para ejecutar las maniobras de apertura y cierre, fue desmontado.



II B.21: Vistas del pozo sumidero de los drenajes de la presa de hormigón cuyo achique ha sido confiado a tres bombas electro-sumergibles; las dos de la izquierda – de similares características – operan impulsando la descarga a través de una tubería dedicada, en tanto la tercera – de aproximadamente el doble de la capacidad de las anteriores – lo hace contra una tubería independiente. Ambas tuberías recorren la galería desde el citado pozo hasta el portal de salida de margen derecha.



II B.22: Vistas de los sistemas de detección de nivel de agua en el pozo, al cual están asociadas las instrucciones de arranque y parada de las bombas. De antigua tecnología, los flotantes operan límites de carrera electromecánicos; no obstante lo cual, ANDE afirma que el desempeño es confiable, motivo por el cual aún no ha procedido a reemplazarlos. A la derecha, se observa una boya del tipo Flygt que actúa por encima del nivel de la boca del pozo, dedicada a emitir una señal de alarma dirigida a la casa del operador del dique para advertirle sobre el inicio de la inundación de la galería.



II B.23: Vistas generales de la línea eléctrica de 23 KV de distribución pública desde la que se alimentan en condiciones normales los equipos hidro-electromecánicos de la presa. A la izquierda, la aludida línea acometiendo al emplazamiento de las obras por margen derecha; a la izquierda, luego de cruzar el río Yguazú, se encuentra la derivación hacia el local donde se emplaza el grupo Diésel de emergencia y el respectivo tablero de selección de fuentes.



II B.24: Aguas abajo de la presa, en proximidades de la margen izquierda, se emplaza el puesto de transformación 23/0,4KV contiguo al antes citado local donde en su interior se aloja el grupo Diésel de emergencia y el tablero de conmutación de dichas fuentes, cuyo control automático se encuentra fuera de servicio averiado. Durante la visita se procedió a verificar el inmediato arranque del grupo de emergencia; éste tiene poco uso, contando con unos diez años de antigüedad y unas 1.200 horas de marcha.



II B.25: Desde el aludido local parte hacia el módulo de acceso a la galería de la presa de hormigón, un cable pre-ensamblado de baja tensión en 380 VCA con el que se alimentan en condiciones normales tanto los equipos hidro-electromecánicos aquí considerados como la iluminación interna y externa; en algunos vanos entre postes de madera el tendido de dicho cable roza el suelo y en otros se confunde entre la vegetación. En la vista de la derecha se puede observar en el extremo del poste terminal, la acometida de otra derivación de la línea pública de 23 KV; desde los bornes de baja tensión del transformador trifásico de rebaje sujeto a ese poste, parte hacia la presa otro cable por el mismo cañero que el procedente del antes referido tablero de conmutación de fuentes.



II B.26: En el acceso desde el nivel de coronamiento de la presa de hormigón hacia la galería de inspección y drenaje, se ubica un tablero de conmutación manual de la energía procedente de uno u otro de los conductores de baja tensión antes citados; a su lado se ha dispuesto un gabinete para el arranque manual forzado de la tercera bomba del sistema de achique de los niveles de agua en el pozo sumidero. A la derecha, en el local del sistema de accionamiento de las compuertas de regulación del descargador de fondo se ubica el tablero general de baja tensión de distribución a los consumos.