

PARAGUAY



BRASIL

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE ITAIPU

ASPECTOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS Y EQUIPOS

6	Actualización a la situación de enero/19	Julio Cesar Romero Ayala	22/01/19
5	Actualización a la situación de marzo/17	miltonga/elifinco	03/04/17
4	Actualización a la situación de marzo/15	pedrovil/afonseca	09/03/15
3	Actualización a la situación de julio/08	MLP / CPN / SMA	01/08/08
2	Actualización a la situación de diciembre/07	ASF/ SMA	03/12/07
1	Actualización a la situación de enero/04	ASF / SMA	19/01/04
Nº	DESCRIPCIONES	APROB.	FECHA
REVISIONES			
Elab.: ASF / PRB <u>19</u> / <u>2</u> / <u>99</u>		Visto: IB <u>19</u> / <u>2</u> / <u>99</u>	
Verif.: ASF / PRB <u>19</u> / <u>2</u> / <u>99</u>		Aprob.: OV / RCPS <u>19</u> / <u>2</u> / <u>99</u>	
EN.DT - Superintendencia de Ingeniería			
ENC.DT - Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura			
ENE.DT - Departamento de Ingeniería Electrónica y Electromecánica			
DIRECCIÓN TÉCNICA		2290 . 50 . 15218 - E	R6

ASPECTOS RELACIONADOS CON LA

SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS Y LOS EQUIPOS

Cantidad de Páginas de este Documento

Página de Carátula y de Contratapa	02
Índice	02
Informe	17
Anexos	01
Total de Hojas	22

ASPECTOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS Y EQUIPOS

ÍNDICE

1	OBJETIVO	1
2.	CONCEPTOS GENERALES	1
3.	SISTEMAS DE SEGURIDAD DE ITAIPU	1
4.	EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS CIVILES	2
4.1	Introducción	2
4.2	Condiciones Excepcionales o Límites	3
	a) Creciente Máxima de Proyecto	3
	b) Efecto de Sismos	3
4.3	Estructuras de la Empresa Envueltas en la Evaluación de la Seguridad Estructural	3
4.4	Instrumental Instalado	4
	a) Desplazamientos de las Estructuras	6
	b) Deformaciones del Macizo Rocoso de Fundación	6
	c) Observaciones de Tensiones	7
	d) Observaciones de Temperaturas	7
	e) Observaciones del Desplazamiento de las Juntas	7
	f) Observaciones de Subpresión	7
	g) Observaciones de Infiltraciones	8
	h) Otros Instrumentos	8
4.5	Sistema de Adquisición Automática de Datos de la Instrumentación - ADAS ...	9
4.6	Establecimiento de Valores Límites para la Instrumentación	10
4.7	Frecuencia de Lectura	10
4.8	Sistema de Optimización de la Auscultación Civil - SOAA	10
5.	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ELECTROMECÁNICOS	12
5.1	Sistema de Protección de los Equipos	12
5.2	Sistemas de Protección Contra Incendio	12

5.2.1 Casa de Máquinas - Galerías	12
5.2.2 Casa de Máquinas - Sala de los Generadores Diesel de Emergencia.....	12
5.2.3 Casa de Máquinas – Transformadores Elevadores	12
5.2.4 Transformadores Principales, Transformadores Reguladores y Transformadores de Apoyo – Servicios Auxiliares de la Central	13
5.2.5 Casa de Máquinas - Salas de Tratamiento y Transferencia de Aceite Lubricante y Aceite Aislante y Salas de Almacenamiento de Aceite Aislante	13
5.2.6 Casa de Máquinas - Generadores de 50 / 60 Hz	13
5.2.7 Casa de Máquinas – Salas de Control Local, Sala de Control Centralizado y Sala de Despacho de Carga.....	13
5.2.8 Casa de Máquinas - Galerías y Áreas diversas	13
5.2.9 Edificio de Producción	13
5.2.10 Vertedero	14
5.2.11 Subestación de la Margen Derecha - Casa de Relés	15
5.2.12 Subestación de la Margen Derecha - Transformadores	15
5.2.13 Extintores	15
5.2.14 Sistema de Combate contra Incendio por Hidrantes	15
6. PLANES DE ACCIÓN DE EMERGENCIA - PAEs.....	15
6.1 Introducción	15
6.2 Objetivos y Alcances.....	16
a) Acciones Preventivas	16
b) Acciones Ejecutivas	16
6.3 PAEs ya Estudiados (Hasta Diciembre/15).....	16
6.4 PAEs en Estudiados	17
7. Sistema ESAI	17
8. REFERENCIAS	17

ASPECTOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS Y EQUIPOS

1. OBJETIVO

Este documento tiene por objetivo consolidar las informaciones referentes a los sistemas y/o procedimientos adoptados por ITAIPU en el control del desempeño de las estructuras y/o equipos de la Central Hidroeléctrica, para promover su funcionamiento y operación en condiciones de seguridad.

2. CONCEPTOS GENERALES

La seguridad de la empresa está íntimamente relacionada con sus aspectos de proyecto, construcción, instrumentación, operación y mantenimiento.

El proyecto de ITAIPU fue ejecutado en conformidad con las mejores normas de seguridad vigentes en la época, habiéndose elaborado criterios de proyecto, especificaciones y directrices básicas tanto para el proyecto y la construcción cuanto para la operación y mantenimiento, los cuales continúan siendo obedecidos y actualizados, cuando necesario, procurando garantizar el desempeño seguro tanto de la presa (estructuras y fundaciones), como de las instalaciones y equipos.

La energía eléctrica producida por ITAIPU representa un complejo económico de elevado valor estratégico para el Paraguay y el Brasil.

Es así que ITAIPU influye e incide en la estructura geofísica de una considerable parte de ambos países pudiendo, ante una posibilidad de fallas, comprometer su capacidad operativa y, consecuentemente, la seguridad de la población, infraestructuras físicas y medio ambiente.

3. SISTEMAS DE SEGURIDAD DE ITAIPU

En la Central Hidroeléctrica de ITAIPU (CHI) las Directrices Generales y Sistemas de Seguridad de las estructuras y equipos están contenidos en documentos específicos, elaborados por la Superintendencia de Ingeniería desde la ejecución del proyecto, y son acompañados por diferentes equipos de trabajo, conforme la especialidad, o sea, la seguridad de las estructuras civiles es evaluada por la Ingeniería Civil, la seguridad de los equipos es evaluada por la Ingeniería Electro-mecánica, y estudios especiales de análisis de contingencias son efectuados por equipos multi disciplinarios, envolviendo profesionales de todas las áreas de la empresa.

En el Capítulo 4, a continuación, son presentadas las Directrices Generales y el Sistema de Supervisión y Acompañamiento del desempeño de las estructuras civiles y de sus fundaciones.

En el Capítulo 5 se presenta los sistemas de protección electromecánicos, tanto para las edificaciones cuanto para los equipos e instalaciones.

En el Capítulo 6, se presenta los Planes de Acción de Emergencia (PAE), estudiados por grupos de trabajo multi disciplinarios, procurando analizar todas las eventuales contingencias posibles dentro o fuera de las instalaciones de la Central, y que podrían traer implicaciones tanto para la seguridad de las instalaciones y equipos cuanto para el equipo técnico envuelto en la operación y mantenimiento de la Central.

En el Item 7, se presenta el sistema de seguridad electrónica del area industrial de Itaipu, ESAI.

4. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS CIVILES

4.1 Introducción

El estudio de la seguridad de las estructuras civiles del proyecto ITAIPU tuvo inicio en la fase del proyecto básico, con la definición detallada de criterios generales y específicos de proyecto, cuando fueron establecidos, entre otros, los siguientes parámetros:

- Factores de seguridad a ser obedecidos en el dimensionado, y criterios para coeficientes de seguridad;
- Propiedades de los materiales de fundación, del hormigón y del acero a ser utilizados;
- Cargas de proyecto y condiciones de carga a ser consideradas en los análisis de estabilidad:

Condición de carga normal	(CCN);
Condición de carga excepcional	(CCE);
Condición de carga límite	(CCL);
Condición de carga de construcción	(CCC).

Durante la fase de construcción fue exigido por ITAIPU un riguroso control de calidad de materiales y de ejecución de obras, procurando atender todas las restricciones de proyecto y las especificaciones de materiales. En esta fase, fue creado por ITAIPU el Laboratorio de Hormigón y Suelos, donde eran efectuados estudios y ensayos de todos los materiales de construcción a ser aplicados en las obras.

Con el fin de acompañar el desempeño de las estructuras y fundaciones, no solamente durante la fase de construcción, sino principalmente, durante la fase de llenado y a lo largo de toda la vida útil de la empresa, un minucioso proyecto de instrumentación fue instalado en las estructuras civiles y en sus fundaciones, conforme será descripto en la sub-sección 4.4

4.2 Condiciones Excepcionales o Límites

a) Creciente Máxima de Proyecto

Las estructuras fueron dimensionadas para resistir la Creciente Máxima de Proyecto, calculada con base en la combinación de las mayores precipitaciones pluviométricas registradas en la cuenca hidrográfica durante el período de observaciones (1931 a 1985), estimando en 10.000 años el tiempo de recurrencia.

Como resultado de este estudio, la máxima creciente afluente al embalse de ITAIPU fue estimada en 72.020 m³/s, estando el Vertedero dimensionado para un máximo caudal de descarga de 62.200 m³/s, y, en estas condiciones, el nivel máximo del agua del embalse llegaría hasta la El. 223,10.

b) Efecto de Sismos

La región de ITAIPU es considerada como de baja actividad sísmica. A pesar de esto, la posibilidad de actividad sísmica (natural o inducida por el embalse) fue considerada en los criterios de proyecto, en condiciones de carga excepcionales y límite (CCE y CCL), donde fueron previstas cargas equivalentes a la aceleración sísmica de 0,05 g y de 0,08 g respectivamente.

4.3 Estructuras de la Empresa Envueltas en la Evaluación de la Seguridad Estructural

Considerando la importancia de garantizar el desempeño seguro de las estructuras, las actividades relativas al proyecto de instrumentación, la instalación, adquisición de datos, mantenimiento de los instrumentos y la interpretación de los resultados fueron decididas y colocadas bajo la responsabilidad de las áreas técnicas afines, conforme está resumido en el diagrama del Anexo 1.

Esta separación de responsabilidades tuvo como finalidad primordial permitir que cualquier laguna o inobservancia en un área determinada pudiese ser identificada por otra Área, impidiendo que el análisis del desempeño de las estructuras cayese en un proceso de rutina, de manera que cualquier comportamiento anómalo pudiese ser prontamente detectado y fuesen tomadas las debidas providencias en tiempo hábil.

El diagrama del Anexo 1 muestra la siguiente división de responsabilidades:

- a) La definición de criterios y directrices de proyecto fue establecida por la Superintendencia de Ingeniería, la cual continúa siendo responsable por la actualización tecnológica cuando fuese considerada necesaria.
- b) La Superintendencia de Obras es responsable por la adquisición de datos, el análisis y consistencia de los registros, y por el mantenimiento de los instrumentos. Durante la realización de estos trabajos, el equipo de lectores actúa como primeros inspectores visuales, identificando cualquier

comportamiento anómalo con posterior repase de la información a la Superintendencia de Ingeniería. La Superintendencia de Mantenimiento también actúa en esta fase, por medio de las planillas de inspección y control y en la recuperación y/o mantenimiento de las estructuras civiles.

- c) Con base en los resultados suministrados por la instrumentación, la Ingeniería realiza la interpretación de los mismos y, inspecciona las estructuras, promoviendo la emisión de Informes de Análisis del Desempeño. En estos informes se comparan los valores medidos con valores límites establecidos en el proyecto, se analizan tendencias que puedan estar mostrando algún indicio de comportamiento anómalo, se correlacionan los resultados de un tipo de instrumento con otro instalado en posición análoga, se efectúan comparaciones con mediciones observadas en otras presas, etc. En estos Informes periódicos, la Ingeniería efectúa recomendaciones que estima importante ser implementadas por las otras dos Superintendencias, procurando mantener las estructuras y sus fundaciones dentro de las normas de seguridad deseadas.
- d) Los informes de interpretación del comportamiento de las estructuras son analizados y discutidos por consultores independientes, nacionales e internacionales, los cuales refrendan, o no, las recomendaciones formuladas, o sugieren nuevas recomendaciones basadas en observaciones de ocurrencias en otras presas, o en directrices de seguridad establecidas por Organismos Internacionales.

4.4 Instrumental Instalado

El objetivo principal del proyecto de instrumentación para la CHI consistió en proporcionar la observación del comportamiento de la obra en lo que se refiere fundamentalmente a su seguridad. Bajo este aspecto, la instrumentación propuesta procuró el acompañamiento de los siguientes ítems:

- I) Control de fugas y de subpresiones en la fundación, en vista de la influencia significativa de las mismas en condiciones de estabilidad al deslizamiento de las estructuras a lo largo del contacto Hormigón/Roca y de los posibles niveles fracturados del macizo rocoso;
- II) Control de desplazamientos de las estructuras y sus fundaciones, en vista, principalmente, de los aspectos referentes a la elevada tendencia a la deformación tangencial en los niveles fracturados de la fundación, a los desplazamientos diferenciales entre los bloques, y al tipo de deformación, (permanente, elástica, cíclica, etc.);
- III) Control de las tensiones y deformaciones de las estructuras y fundaciones, enfocando esencialmente los problemas referentes a la distribución de tensiones relacionada con la tendencia a deformación de la fundación, y las características generales de las estructuras;

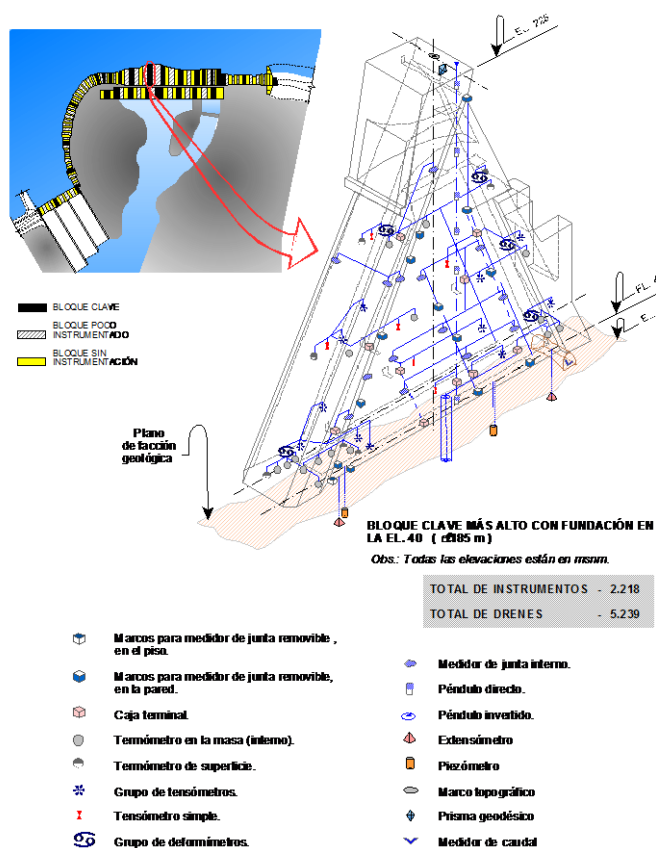
IV) Control de temperatura en las estructuras, para acompañamiento de las deformaciones de origen térmico del hormigón.

A fin de posibilitar la detección de problemas relacionados con la seguridad de las estructuras en cualquier fase de la obra, se efectuaron mediciones durante los períodos constructivo y de llenado y se programó su continuidad para todo el período de operación del embalse.

De este modo, el conjunto de los registros suministrados por el instrumental de auscultación de la CHI, posibilita la obtención de un importante caudal de informaciones sobre el comportamiento estructural del macizo rocoso de sus fundaciones.

En la localización de los instrumentos de auscultación de las estructuras de hormigón, se procuró seleccionar determinados “bloques-tipos”, los cuales fueron dotados de un sistema completo de instrumentación, de modo a posibilitar un control racional y efectivo del comportamiento de, por lo menos, un bloque de cada trecho de la presa. En las Presas de Tierra y Enrocado, fueron adoptadas “secciones-tipos” instrumentadas.

INSTRUMENTACIÓN DE LA PRESA Y FUNDACIONES



Los trechos que se caracterizan por presentar un elevado número de bloques, bloques de gran altura y dimensiones y/o condiciones geológico-geotécnicas desfavorables, terminaron recibiendo especial atención y, generalmente, justificaron la instrumentación de más de un bloque como, por ejemplo, los bloques centrales de la Toma de Agua, los cuales merecieron, tanto por sus elevadas dimensiones, cuanto por la particular característica del macizo basáltico de sus fundaciones (presencia de espesos mantos de brecha y de contactos, discontinuidades y horizontes bien fracturados) la selección de más de un bloque-clave instrumentado.

Se presenta abajo los bloques-clave/secciones-tipos de la CHI cuidadosamente seleccionados:

- Bloques-Tipos (estructuras de hormigón)
 - ☐ A07 y A15 (Trencho A) Vertedero
 - ☐ D08, D20, D38, D54 y D57 (Trencho D) Presa Lateral Derecha
 - ☐ E06 (Trencho E) Presa de Conexión Derecha

- ☐ F05/06, F13/14, F19/20 y F35/36 (Trecho F)..... Presa Principal
- ☐ H08 (Trecho H)..... Estructura de Desvío
- ☐ I10 y I23 (Trecho I) Presa de Conexión Izquierda
- ☐ U3, U9A, U18 (Trecho U) Casa de Máquinas

- Secciones Tipos (presas de tierra / enrocado)

- ☐ BTME - Est. 123+50, 124+50, 125+50, 127+30, 129+50, 135+50 y 138+50;
- ☐ BTMD - Est. 15+00, 17+10, 18+00, 18+75 e interface con el Vertedero;
- ☐ Enrocado: contacto núcleo-roca, fundación superficial, junta D, e interface con Trecho I.

A continuación se describen varios tipos de observaciones efectuadas con el instrumental correspondiente:

a) Desplazamientos de las Estructuras

Estas observaciones son efectuadas a través de péndulos directos que, en ocasiones, son asociados a péndulos invertidos. Los primeros detectan el desplazamiento del coronamiento de la presa en relación con su base y, los péndulos invertidos, el desplazamiento de ésta en relación a puntos más profundos del macizo rocoso de la fundación, o en algunos casos, de puntos del macizo de fundación en relación con la cresta de la estructura. Los péndulos se encuentran instalados en todos los “bloques-clave”. Los desplazamientos de los demás bloques son entonces determinados en relación a ellos, utilizándose para tal, medidores de junta entre bloques del tipo base de alongámetro.

b) Deformaciones del Macizo Rcoso de Fundación

La observación del comportamiento estructural del macizo rocoso de fundación procura, esencialmente, el cotejo entre los parámetros geomecánicos adoptados en el proyecto y aquellos medidos “in situ”. Constituyen, dentro de las observaciones en presas, una de las más importantes, por causa de los problemas y complejidades inherentes a los substratos geológicos de la fundación.

Las mediciones de deformaciones de la fundación de ITAIPU son hechas por extensómetros múltiples de barras, y pueden ser iniciadas juntamente con la carga de las primeras camadas de hormigón de los bloques y, en varios casos, antes de los trabajos de tratamiento e inyección de la fundación. Instalados a partir de las galerías y túneles de drenaje de la fundación, realizan la observación del comportamiento de las camadas más deformables del macizo rocoso (entre ellas discontinuidades, brechas, etc.) y la detección de posibles aberturas de juntas en zonas de tensiones de tracción de la fundación, principalmente aquellas localizadas junto al pie de aguas arriba de las estructuras.

c) Observaciones de Tensiones

Las observaciones de tensiones en las estructuras de hormigón apuntan, básicamente, a análisis del comportamiento estructural de la presa. Es así que tensiómetros y deformímetros fueron distribuidos en la masa del hormigón en disposición tal que permitiesen acompañar las tensiones actuantes en diversas cotas, tanto en el plano vertical (orientado en el sentido de aguas arriba-abajo) como en sentido horizontal (orientado en la dirección margen derecha - margen izquierda). A través de deformímetros correctores (non stress strain-meter) colocados juntos con las rosetas de deformímetros, se busca evaluar también, la deformación autógena del hormigón.

Algunas rosetas de deformímetros fueron también instaladas en las fundaciones, en el interior de las chavetas de hormigón, de modo a posibilitar el acompañamiento de las variaciones de tensiones en estas regiones durante el hormigonado de los bloques, el llenado del embalse y la operación subsiguiente.

d) Observaciones de Temperaturas

El acompañamiento de la temperatura del hormigón procura asociarla a deformaciones de las estructuras causadas por variaciones térmicas, principalmente resultantes de la diferencia de temperatura entre los paramentos de aguas arriba y aguas abajo. Así, además de termómetros instalados en el interior del hormigón, se hace necesario, también, la observación de las temperaturas del agua del embalse, próximo al paramento de aguas arriba, y del aire, localizado entre los contrafuertes de la presa y hacia aguas abajo.

e) Observaciones del Desplazamiento de las Juntas

La observación del desplazamiento de las juntas de dilatación y de contracción de las estructuras de hormigón es realizada por medidores eléctricos de junta, instalados en el interior de las juntas de los bloques de hormigón, y por bases de alongómetros, instaladas en el exterior de las juntas en las paredes de las galerías y en las superficies laterales de los contrafuertes. Estos instrumentos permiten la observación de los desplazamientos relativos entre los bloques de las estructuras de hormigón.

f) Observaciones de Subpresión

Las observaciones de subpresión son realizadas por piezómetros instalados en los niveles más permeables de la fundación y en el contacto Hormigón-Roca. En determinadas secciones transversales fueron instalados piezómetros hacia aguas arriba y aguas abajo de las cortinas de inyección y drenaje, posibilitando así verificar la eficiencia de éstas en la reducción de las subpresiones en la fundación.

En adición a los “bloques-tipos”, piezómetros fueron instalados también en otros locales, siempre que existiesen condiciones geotécnicas desfavorables. Llevando en cuenta la acentuada influencia de la subpresión en la estabilidad

ante el deslizamiento de la presa, las observaciones piezométricas deben ser encaradas con particular atención.

g) Observaciones de Infiltraciones

Una de las principales observaciones para detección de cualesquiera comportamientos anómalos de las estructuras o de sus fundaciones es la observación y control de las infiltraciones.

Es así que medidores de caudal fueron instalados en puntos seleccionados, adyacentes al sistema de drenaje, con el objetivo de controlar las infiltraciones existentes a través del hormigón y/o de la fundación.

h) Otros Instrumentos

Otros instrumentos fueron instalados para monitorear aspectos específicos de interés, a saber:

- Deformímetros para Armadura: instalados en determinadas armaduras seleccionadas con el fin de medir tensiones de tracción en áreas de especial interés;
- Medidores de Asentamiento: instalados en las Presas de Tierra con el objetivo de monitorear los asentamientos en las fases de construcción y operación;
- Células de Presión Total: instaladas en las interfaces entre las presas y los macizos de Tierra para medir las presiones ejercidas por el macizo sobre las paredes de hormigón;
- Marcos de Referencia: instalados en la cresta de la presa para permitir acompañar los asentamientos de las estructuras a través de nivelaciones de precisión en relación a puntos considerados fijos en las riberas;
- Medidores Triortogonales de Juntas: instalados en discontinuidades geológicas de la fundación, a lo largo de los túneles de drenaje, para acompañar tendencias eventuales de desplazamientos y/o abertura de las mismas. Fueron instalados, también, medidores triortogonales para evaluar el movimiento entre trampolines y losas de protección aguas abajo, en el vertedero;
- Pares de Pernos: instalados en fisuras observadas en bloques de hormigón, con el objetivo de monitorear el comportamiento de abertura-cierre de las mismas. En algunas fisuras fueron instalados medidores triortogonales para su monitoreo;
- Pozos para Medición del Nivel de Agua: ejecutados aguas abajo de la Presa de Tierra de la Margen Izquierda y aguas abajo de la Presa de Enrocado, para evaluación del nivel freático;

- Base para prismas: instaladas en el coronamiento, aguas abajo de los bloques-clave, para monitorear, a través de levantamientos geodésicos de precisión, los desplazamientos planimétricos de las estructuras.

En la Tabla 1, a seguir, se presenta un resumen de la cantidad de instrumentos en funcionamiento en cada estructura.

TABLA 1

ESTRUCTURA	TIPO DE INSTRUMENTO																		TOTAL	
	FUNDACIÓN							HORMIGÓN								GEOD.				
	PIEZÓMETRO	EXTENSÓMETRO DE BARRA	MEDIDOR TRIORTOGONAL	MEDIDOR DE CAUDAL	MEDIDOR DE ASENTAMIENTO	CANT. INSTRUMENTOS	DREN	DEFORMÍMETRO	MEDIDOR DE JUNTA	TENSÓMETRO	BASE DE ALONGAMETRO	BASE DE PÉNDULO	PAR DE PERNOS	TERMÓMETRO	CANT. INSTRUMENTOS	DREN	PRISMA GEODÉSICO	MARCO NIVELACIÓN	TOTAL DE INSTRUMENTOS	TOTAL DE DRENES
PRESA DE TIERRA - MD	27	-	-	8	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	49	0
VERTEDERO	66	14	6	3	-	89	128	24	8	2	42	2	6	9	93	-	2	8	192	128
PRESA LATERAL DERECHA	144	32	-	1	-	177	523	78	2	6	179	11	36	12	324	350	5	20	526	873
PRESA PRINCIPAL	137	44	11	10	-	202	2286	114	19	43	181	38	7	45	447	374	7	22	678	2660
ESTRUCTURA DE DESVÍO	74	11	-	6	-	91	326	66	11	-	107	5	1	45	235	225	2	3	331	551
CASA DE MÁQUINAS	102	31	5	5	-	143	971	48	29	26	132	13	-	15	263	-	-	-	406	971
PRESA DE ENROCADO	60	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	34	98	0
PRESA DE TIERRA - MI	48	-	-	6	9	63	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	103	56
TOTAL	658	132	22	39	9	860	4290	330	69	77	641	69	50	126	1362	949	20	141	2383	5239

TOTAL DE LECTURAS / AÑO -FUNDACIÓN = 64.544
 TOTAL DE LECTURAS / AÑO -HORMIGÓN = 25.596
 TOTAL DE LECTURAS / AÑO -GEODÉSICO = 12.000
 TOTAL DE LECTURAS / AÑO -ITAIPU = 102.140

RED GEODÉSICA
 •Base de Calibración= 4
 •Base de Red = 7

4.5 Sistema de Adquisición Automática de Datos de la Instrumentación - ADAS

A partir de diciembre de 2005, la instrumentación de la presa fue parcialmente automatizada con el sistema ADAS. Ese sistema automatizó los 206 instrumentos considerados más importantes para la seguridad de la presa.

El ADAS está compuesto por 270 sensores, 24 unidades de adquisición remota, una estación central localizada en la El. 135 de la Casa de Máquinas y una estación cliente localizada en el primer piso del Edificio de Producción.

La frecuencia de lecturas actualmente utilizada en el sistema es de 30 minutos, lo que permite la generación de alarmas.

4.6 Establecimiento de Valores Límites para la Instrumentación

Una vez definido el tipo de la instrumentación que sería instalada para monitorear el comportamiento de las estructuras y sus fundaciones, se hizo necesario definir valores teóricos que, con base en estudios, modelos matemáticos y modelos físicos, pudiesen servir como referencias a los resultados suministrados por la instrumentación.

Estos valores fueron definidos en los siguientes informes de previsión:

Estructura	Informes
Presas de Tierra	4286.50.8005-E/8018-P
Presa de Enrocado	4276.50.0001.P
Casa de Máquinas	4306.50.7005.P/7055.P
Estructura de Desvío	4206.50.0001.P
Presa Principal	4106.50.6001.P
Vertedero y PLD	4066.50.5000.P
Taludes A. Abajo de la PLD	4096.50.5000.P

4.7 Frecuencia de Lectura

A partir de la instalación de los instrumentos, se hizo necesario definir una frecuencia mínima de lectura que pudiese acompañar las variaciones de las magnitudes medidas por los instrumentos en cada fase de la empresa, o sea, fase de instalación de los instrumentos, fase de construcción, llenado parcial del embalse, llenado definitivo, primer año de operación, y operación subsiguiente.

La frecuencia establecida para ITAIPU fue basada en la experiencia de otras presas y en las recomendaciones de la ICOLD.

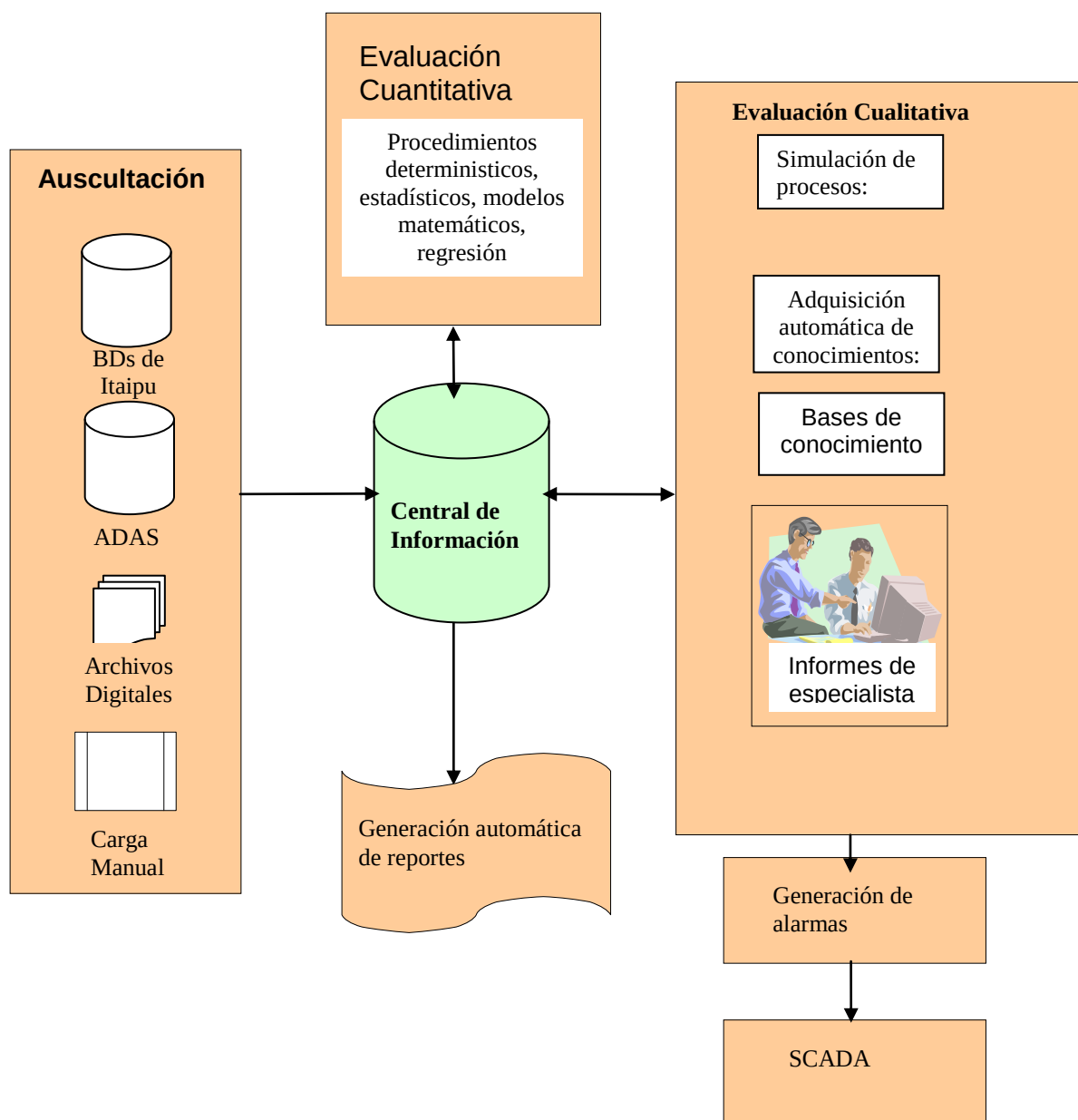
4.8 Sistema de Optimización de la Auscultación Civil- SOAA

Fue implantado un sistema informatizado especialista de gestión de banco de datos, procesamiento, interpretación, comparación y análisis de los datos de auscultación de las Estructuras Civiles de ITAIPU denominado SOAA “Sistema para Optimización del Analisis de Auscultación”.

Básicamente el sistema especialista sirve para auxiliar en la evaluación y acompañamiento del desempeño de las Estructuras Civiles de la Central Hidroeléctrica de ITAIPU.

Ademas el sistema sirve para consolidar toda la base histórica referente a las fases de proyecto, construcción y acompañamiento del desempeño de las estructuras pos llenado del embalse, de modo que las informaciones de destaque, reportes, y documentos generados en aquellas fases de las obras pueden ser fácilmente identificados cuando requeridos.

La arquitectura del sistema, se ilustra en el esquema mostrado en la siguiente figura. En el se identifican procesos y módulos que interactúan entre sí:



ESQUEMA DEL SISTEMA SOAA

5 SISTEMAS DE PROTECCIÓN ELECTROMECÁNICOS

5.1 Sistema de Protección de los Equipos

Todos los Generadores, Transformadores Principales, Transformadores de la Subestación de la Margen Derecha, Transformadores de los Servicios Auxiliares, Líneas de Transmisión, Cables Subterráneos de 66 kV y Barras, poseen protección contra sobre-elevaciones de tensión, sobre-corriente, y sobre-elevación de temperatura.

Cabe resaltar que en la Central Hidroeléctrica de ITAIPU fue adoptado, con raras excepciones, el criterio de dos Sistemas de Protección independientes para cada equipo o sistema protegido, procurando alcanzar un elevado grado de confiabilidad.

Todas estas protecciones se encuentran descriptas detalladamente en los documentos de referencia.

5.2 Sistemas de Protección Contra Incendio

5.2.1 Casa de Máquinas - Galerías

Las siguientes galerías de la Casa de Máquinas poseen Sistema Automático de Detección y Alarma de Incendio, con detectores iónicos:

- Galería de Equipos de Excitación - El. 98,50 – Eje AB
- Galería de Cables – El. 127,60 – Eje CD
- Galería de la El. 108,00 – Eje CD (bandeja de Cables en la El. 112,00).

Está en fase de adquisición e instalación(enero/04) otros sistemas automáticos de detección y alarmas de incendio para:

- Galería de Equipos auxiliares - El. 98,50 – Eje CD
- Galería de Paneles de Equipos aux. – El. 115,00 – Eje CD
- Galería El. 214,00 en la Presa principal

5.2.2 Casa de Máquinas - Sala de los Generadores Diesel de Emergencia

Todos los generadores diesel de emergencia poseen Sistema de Detección y Alarma de Incendio con detectores de humo del tipo óptico y térmico del tipo termo-velocimétrico.

5.2.3 Casa de Máquinas – Transformadores Elevadores

Todos los transformadores elevadores principales poseen protección contra incendio a través de sistema de agua nebulizada (Water Spray) con accionamiento automático, adicionales al sistema de detección de incendio.

Las 60 celdas de los TUs de la CHI cuentan con puertas metálicas desmontables que cierran las celdas de los TUs con el objeto de minimizar daños que puedan ocasionar eventuales explosiones de los transformadores.

En todos los transformadores fueron implementados sistemas complementarios de protección por CO₂, y lanzamiento de espuma química.

5.2.4 Transformadores Principales, Transformadores Reguladores y Transformadores de Apoyo – Servicios Auxiliares de la Central

Todos los transformadores para los servicios auxiliares poseen protección contra incendio a través del sistema de agua nebulizada (Water Spray) con accionamiento automático.

5.2.5 Casa de Máquinas - Salas de Tratamiento y Transferencia de Aceite Lubricante y Aceite Aislante y Salas de Almacenamiento de Aceite Aislante

Todas las salas poseen protección contra incendio a través del sistema de agua nebulizada (Water Spray) con accionamiento automático, además del Sistema de Detección de Incendio.

5.2.6 Casa de Máquinas - Generadores de 50 / 60 Hz

Todos los generadores de la Central poseen protección contra incendio por sistema automático de CO₂.

5.2.7 Casa de Máquinas – Salas de Control Local, Sala de Control Centralizado y Sala de Despacho de Carga

Todas las salas de control y de despacho de carga poseen sistema de detección de incendio con detectores de humo del tipo iónico y del tipo óptico.

5.2.8 Casa de Máquinas - Galerías y Áreas diversas

Galerías y áreas ubicadas en las diversas elevaciones de la Casa de Máquinas poseen protección contra incendio por hidrantes, a través de la red general de hidrantes, abastecida por el reservorio de la CHI.

5.2.9 Edificio de Producción

Todos los pisos poseen protección contra incendio por sistemas “Sprinkler”.

Están siendo adquiridos también, detectores de humo.

5.2.10 Vertedero

Las siguientes áreas del vertedero poseen sistema de detección de incendio: sala de la subestación unitaria, sala de ventilación, sala de los generadores diesel y baterías y sala del tanque de aceite combustible.

5.2.11 Subestación de la Margen Derecha - Casa de Relés

La Casa de Relés posee un Sistema Automático de Detección de Incendio con detectores de humo y térmico.

5.2.12 Subestación de la Margen Derecha - Transformadores

Los autotransformadores T1, T2, T3, T4, T5 y TX, los transformadores reguladores R1, R2, R3, R4, R5 y RX, los transformadores trifásicos T6 y T7 y los transformadores de aislación TI-1 y TI-2 poseen sistema de protección contra incendio de agua nebulizada (Water Spray) accionados automáticamente.

5.2.13 Extintores

Existen extintores tipo CO₂ y PQS distribuidos a lo largo de todas las galerías y edificios de la CHI.

5.2.14 Sistema de Combate contra Incendio por Hidrantes

Las demás áreas de la Central son cubiertas por una red de hidrantes presurizados, alimentados por depósitos y sus respectivas casas de bombas, los cuales están convenientemente distribuidos a lo largo del Área Prioritaria.

6. PLANES DE ACCIÓN DE EMERGENCIA - PAEs

6.1 Introducción

Las contingencias que pueden surgir en la Central Hidroeléctrica podrían desencadenar diversos resultados perjudiciales que, conforme escala de gravedad, van desde los que son considerados irrelevantes, pasando por los críticos, hasta llegar a los catastróficos, cuyo control resultaría incierto e imprevisible.

Se puede afirmar, sin ninguna duda, que el Plan de Acción de Emergencias de ITAIPU se constituye en una herramienta valiosísima que garantizará la prevención, la protección y un esquema eficiente de respuestas ante las emergencias.

Se resalta que la CHI cuenta con una Brigada de Emergencia, compuesta por 450 miembros, debidamente preparados y entrenados. Cuenta, también, con un contingente de 47 bomberos profesionales que cubren las 24 horas, con los siguientes vehículos:

- 1 (un) Autobombas Volvo, con 12.000 litros de agua y 1.000 litros de Líquido Generador de Espuma -LGE;
- 1 (un) Auto-hidroquímicos Volvo con 8.000 litros de agua, 1.000 litros de Líquido Generador de Espuma- LGE y 500 kg de polvo químico;
- 1 ABT Scania P 360 con 10.000 litros de agua e 500 litros de Líquido Generador de Espuma - LGE;
- 1(un) Auto bomba Mercedes Bens 5.000 litros de agua de 500 litros de Líquido Generador de Espuma – LGE;
- 2 (dos) camionetas equipadas y un vehículo eléctrico;
- 1 (un) Auto-busca y Socorro Mercedes Benz totalmente equipado;
- Lanchas, moto acuática motogeneradores, equipos especiales de rescate y de combate a incendios, equipos de radiocomunicación, etc.

El equipo de Atención Pre-hospitalar está compuesto por 10 enfermeros(as) y 10 Choferes de Ambulancia, que cubren 24 horas. Estos son empleados de empresas tercerizadas y cuentan con 2 (dos) Ambulancias semi-UTI.

Todo el personal pasa anualmente por cursos de capacitación y reciclaje en el uso de extintores, hidrantes y primeros auxilios.

6.2 Objetivos y Alcances

El PAE tiene por finalidad preparar a la Entidad, a través de un sistema organizado de su cuadro gerencial y operativo (personal), para emergencias que puedan representar una amenaza a la vida y a la integridad de sus funcionarios, para preservación de los equipos de generación y estructuras del Área Prioritaria (la Central) y para la continuidad en la producción de energía.

Ejecutivamente, el PAE prepara respuestas de emergencia para un conjunto de situaciones críticas. Esta organización abarca dos aspectos bien determinados:

a) Acciones Preventivas

El PAE coordina y unifica todos los criterios y acciones de prevención de accidentes con el fin de mantener niveles confiables de continuidad operacional.

b) Acciones Ejecutivas

El PAE define acciones rápidas para administrar y comandar hechos y situaciones críticas que demanden un trabajo preciso y combinado.

6.3 PAEs ya Estudiados (Hasta Diciembre/2016)

- Incendio en los Transformadores Principales
- Inundación de la Casa de Máquinas Cota 57,25
- Incendio en el Tablero de Alimentación Servicios Auxiliares
- Plan de Acción en caso de crecientes
- Incendio en los Transformadores y Reguladores (SEMD)
- Incendio / Inundación CQ - 06 (Estructura de Desvío)
- Embarcación a la Deriva en el Embalse
- Incendio en el Edificio de Producción
- Caída de Torres de Líneas de Transmisión
- Incendio / Explosión en las Salas de Baterías
- Incendio en las Galerías de Cables de la EI. 127,00
- Incendio en el CPD (Centro de Procesamiento de Datos)
- Evacuación de la Casa de Máquinas
- Incendio / Explosión - Unidades Generadoras
-
-

6.4 PAEs en estudio

-
- Incendio en el transformador TB02
- Incendio en los transformadores principales de los servicios auxiliares
- Incendio en los transformadores reguladores de los servicios auxiliares

7. Sistema ESAI

Consiste en un sistema de seguridad electrónica del área industrial de Itaipu, con monitoreo por cámaras y control de acceso del área industrial. La estación central del ESAI se encuentra en la elevación 139 de la CHI con diversas pantallas para monitoreo y servidores de grabación de imágenes y de control. Cuenta con:

- 250 cámaras
- 145 puntos de control de acceso
- 10 km de cerca perimetral

- Una estación central CCP.

8 REFERENCIAS

- 1999.50.0001.P - Informe Final del Proyecto
- 4006.50.0024.P - Informe Histórico de la Auscultación
- 2500.10.0001.P - Directrices Generales y Criterios de Proyecto
- 1952.50.0014.I - Instrumentation for Evaluating the Performance of ITAIPU Structures and Foundation
- 4006.20.0001.P - Especificación para Frecuencia de la Lectura del Instrumental
- 5000.50.0010.P - Sistema de Protección contra Incendio, Detección, Alarma, Anuncio y Combate - Informe General.

Seguridad de la Presa Auscultación

