

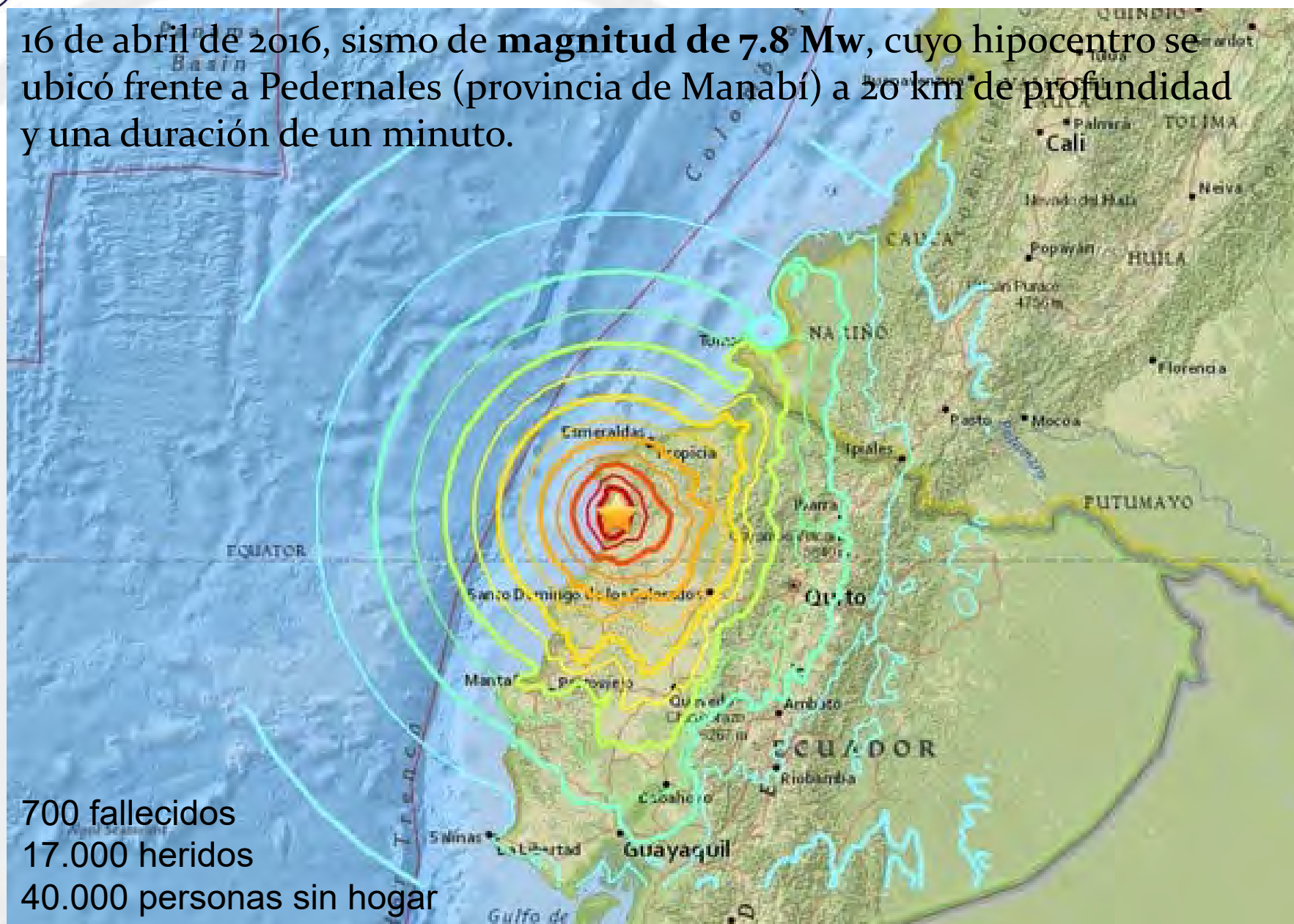
AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS



Auscultación tras el terremoto de Ecuador el 16 de abril 2016

René Gómez López de Munain.
Confederación Hidrográfica del Ebro.

16 de abril de 2016, sismo de **magnitud de 7.8 Mw**, cuyo hipocentro se ubicó frente a Pedernales (provincia de Manabí) a 20 km de profundidad y una duración de un minuto.



AUSCULTACION EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS



AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS



AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS



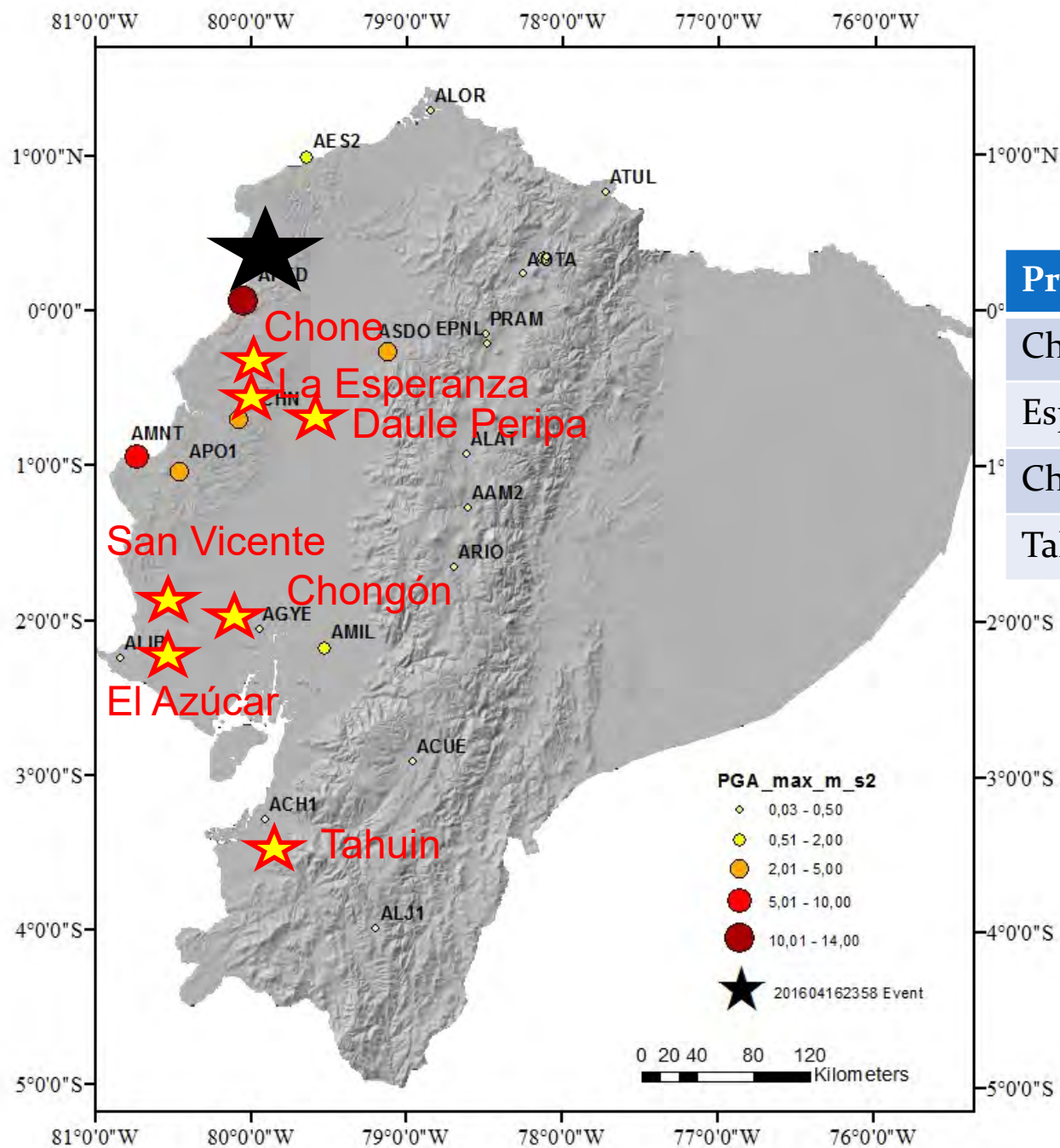
AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS



Comisión Técnica

Mayo 2016

- Con fecha 25 de abril de 2016 el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos de la República del Ecuador solicitó a la Confederación Hidrográfica del Ebro su colaboración.
- Se constituyó una Comisión Técnica formada por las siguientes personas de la Confederación Hidrográfica del Ebro:
 - Rafael Romeo García.
 - Irene Domingo Comeche.
 - René Gómez López de Munain.
- La citada comisión contó con el asesoramiento técnico de los siguientes profesionales:
 - Manuel Gómez de Membrillera Ortuño. Empresa OFITECO S.A.
 - José Luís Martínez Mazariegos. Empresa EUROESTUDIOS S.L.
 - Jorge García Orna. Empresa INHISA HIDRAULICA S.A.



Presa	Distanc
Chone	110
Esperanza	129
Chongón	276
Tahuin	440

Table 2 – Characteristics of stations with ground motion records processed by GEER using the PEER method.

Station	City	Geographic Coordinates		R _{RUP} (km)	V _{S30} (m/s)	PGA (g)		
		Latitude	Longitude			EW	NS	VER
PDNS	Pedernales	0° 6' 39.6" N	79° 59' 27.6" W	21	-	1.034	0.942	0.573
APED	Pedernales	0° 4' 4.8" N	80° 3' 25.2" W	20	342 ^a	1.408	0.83	0.742
AES2	Esmeraldas	0° 59' 27.6" N	79° 38' 45.6" W	51	-	0.154	0.111	0.044
ACHN	Chone	0° 41' 52.8" S	80° 5' 2.4" W	34	200 ^a	0.328	0.371	0.173
APO1	Portoviejo	1° 2' 16.8" S	80° 27' 36" W	73	224 ^a	0.317	0.381	0.105
AMNT	Manta	0° 56' 27.6" S	80° 44' 6" W	76	496 ^a	0.404	0.525	0.162
EPNL	Quito	0° 12' 43.2" S	78° 29' 31.2" W	104	-	0.027	0.02	0.013
AGYE	Guayaquil	2° 3' 14.4" S	79° 57' 7.2" W	155	1800 ^b	0.019	0.024	0.015
AGY1	Guayaquil	2° 15' 3.6" S	79° 54' 36" W	175	178 ^b	0.059	0.065	0.02
AGY2	Guayaquil	-2° 11' 56.4" S	79° 53' 56.4" W	170	101 ^b	0.094	0.098	0.038

28 km Poza Honda

^a Measured by Geoestudios (2016). ^b Measured by Vera-Grunauer [12].

PRESAS DE ECUADOR INSPECCIONADAS

- La Esperanza
- Chone
- Daule Peripa
- San Vicente
- Chongón
- Azúcar
- Tahuin

Presa La Esperanza



H_c : 58 m y L: 810 m

Volumen : 450 hm³

1992-1995. constructora Dragados y Construcciones S. A

AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS

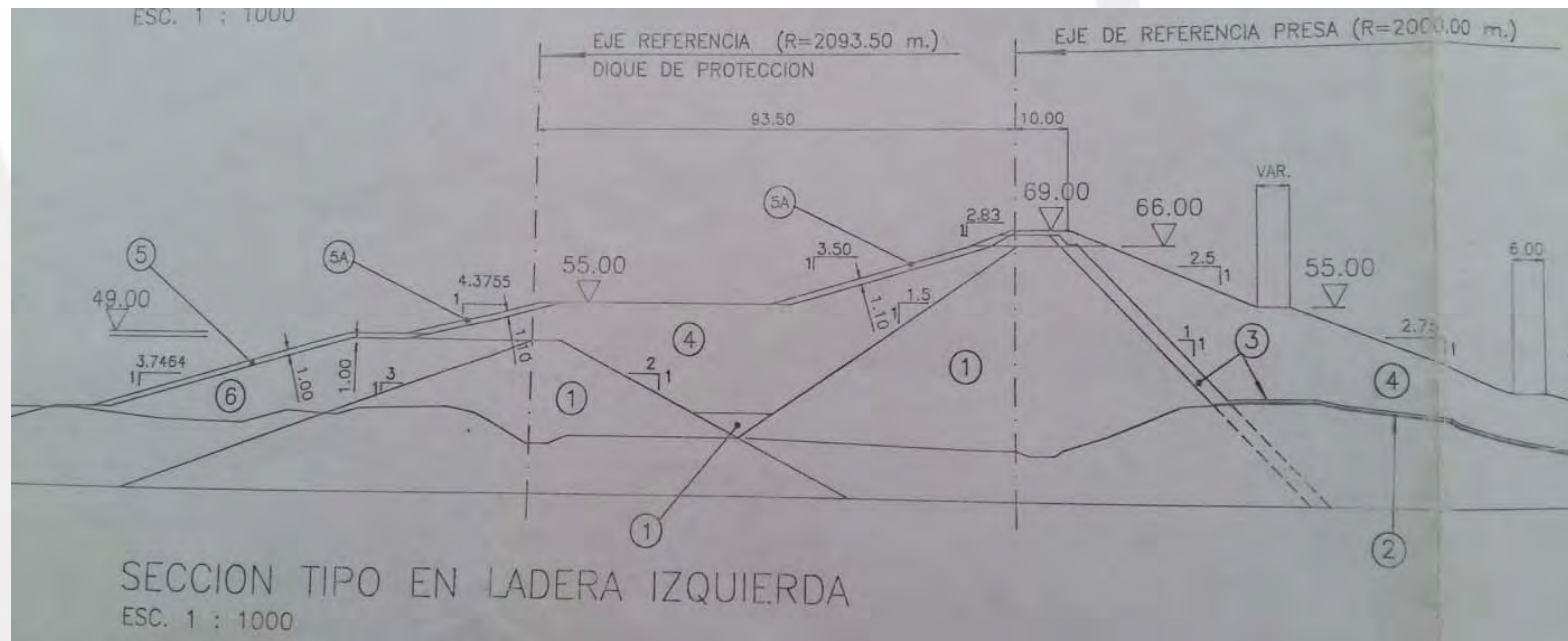
Presa La Esperanza

Cimiento: sedimentos aluviales blandos, donde en la zona central del cauce existe un paleocauce en forma de V de 60 m potencia

Zona superficial del lecho arenoso podría licuefactar en caso de sismo. Se realizó una compactación dinámica con masa de 12 tn.

Las pruebas de bombeo del aluvial determinaron que el caudal de filtración previsible podría alcanzar los 2 m³/s. Pantalla de impermeabilización.

El asiento de construcción: 2,40 m (4%).



AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS: LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS

Presa La Esperanza



Deslizamiento de ladera consecuencia del sismo en la margen izquierda del embalse aguas arriba

AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS

Presa La Esperanza



Deslizamientos de ladera consecuencia del sismo en la margen izquierda del embalse aguas abajo

AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS

Presa La Esperanza



Fotografía de deslizamiento rotacional en la margen izquierda del río , aguas abajo de la presa

Presa La Esperanza



Fotografía de licuefacción de arenas con formación de “volcanes de arena” en la zona del río junto al deslizamiento anterior aguas abajo de la presa

AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS



Fotografía que muestra el levantamiento de la solera de hormigón y una grieta de unos 200 m de longitud



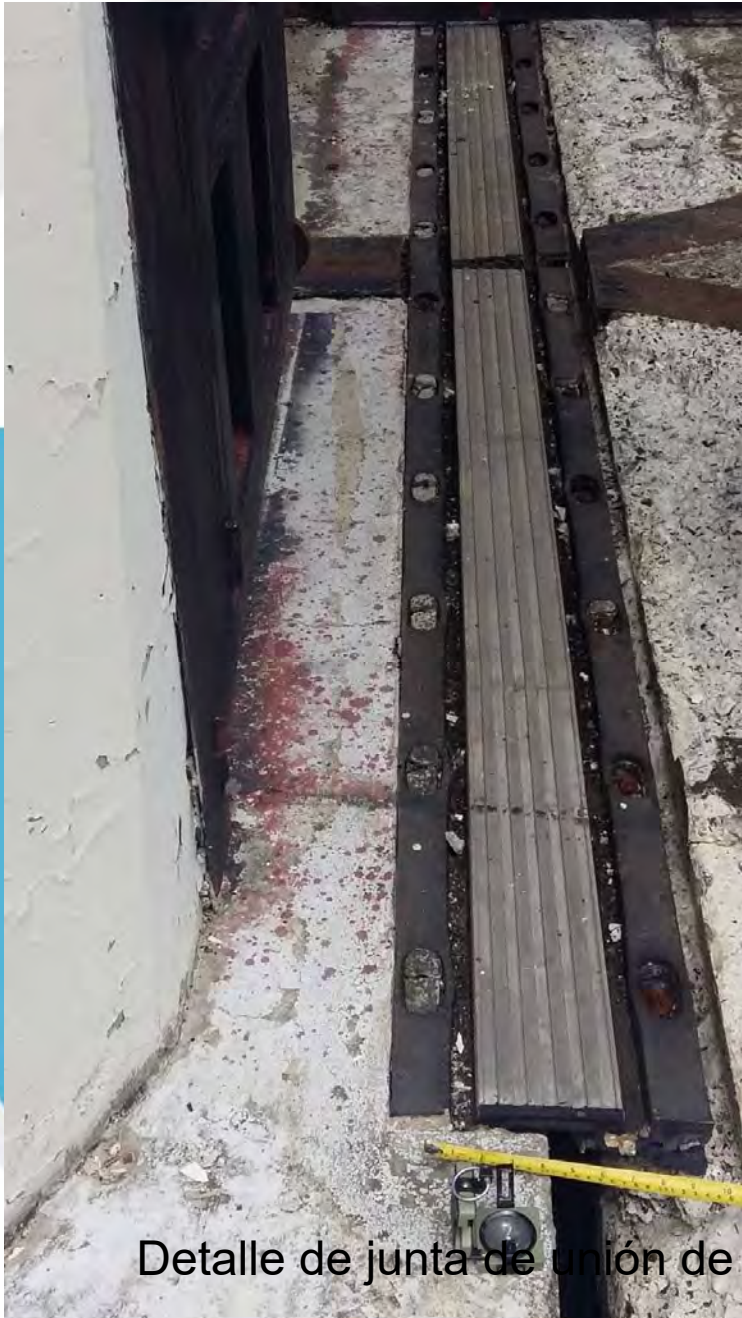
CULTACIÓN EFICIENTE DE PRES
ES APRENDIDAS Y NUEVAS TEN

Presa La Esperanza



Fotografía del Puente de acceso a Torre de toma.

AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS



Detalle de junta de unión de la viga del puente con la torre de toma.

Presa La Esperanza



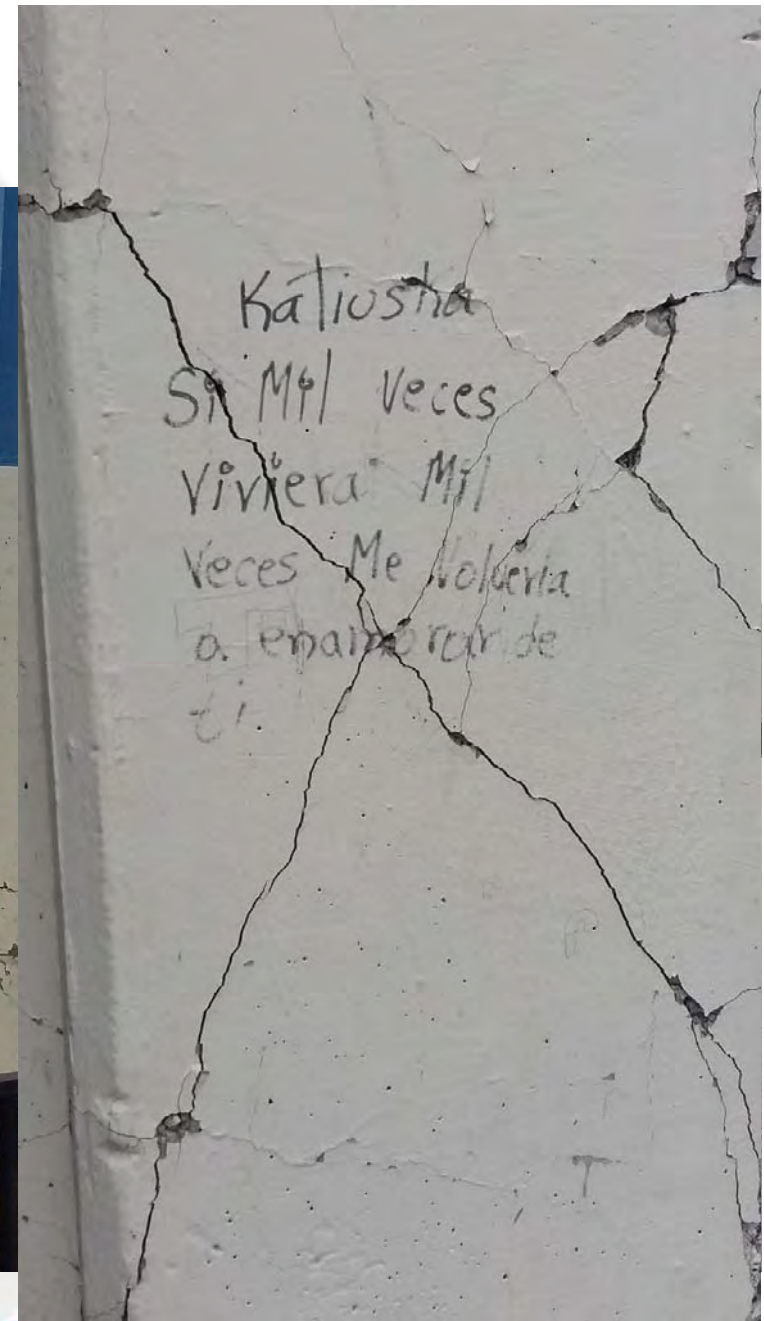
Fotografía de detalle de tubería adosada al lateral del puente donde se puede observar el desplazamiento comparando la posición inicial de la abrazadera y la actual. Desplazamiento de unos 4 cm

Presa La Esperanza



Fotografía que muestra la desalineación de la tubería en el puente de acceso a torre de toma ocasionado por el sismo.

Presa La Esperanza



Grietas en "X" en uno de los pilares, rompiendo una promesa de amor

AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS



AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS

Presa La Esperanza



Fotografía de desalineación de ataguía. No puede ser maniobrada porque el puente grúa que la acciona no se puede utilizar al estar afectados todos los pilares que lo sustentan.



Presa La Esperanza

Rotura del riego presurizado del desagüe de fondo. (Caudal de $14 \text{ m}^3/\text{s}$).

Posibles aumentos de las filtraciones en las galerías de los estribos, aunque también hubo lluvias los días 10 y 11 de abril previos al sismo.

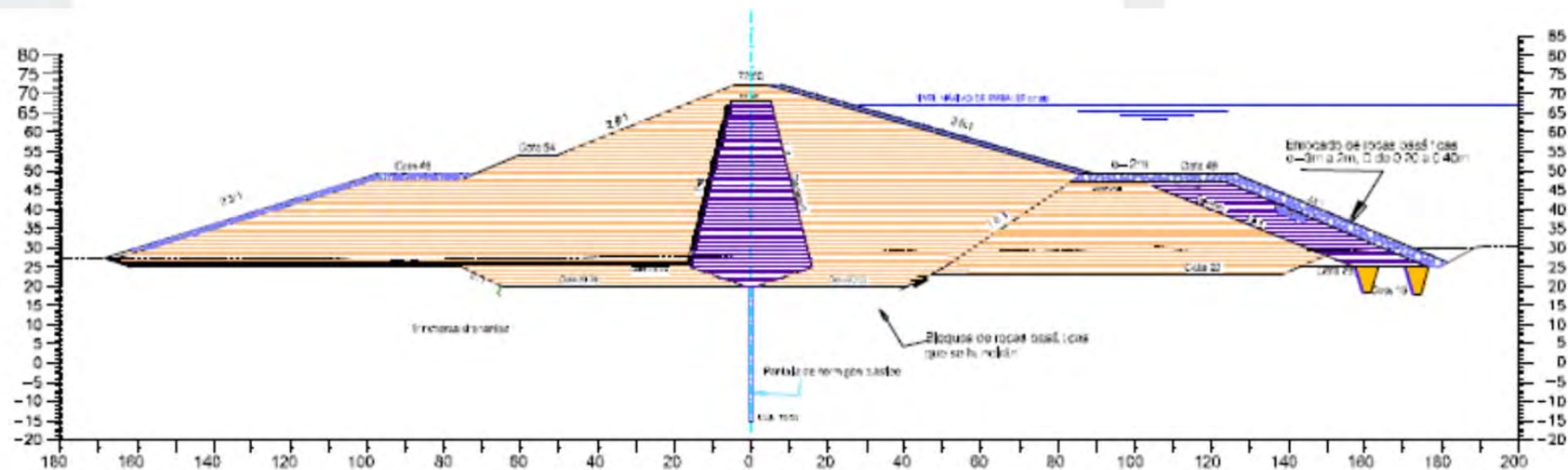
Presa de Chone o Río Grande.



- PMS de núcleo limo-arcillosos H: 57,5 m y L:300 m.
- Volumen almacenado: 113 hm³.
- Parece que el cálculo sísmico de 2013 demostraba que la presa es estable hasta aceleraciones de 0,5 g.
- Valores registrados el 16/04/2016 a_{E-W} :0,328g a_{N-S} :0,371. $a_{Resultante}$: 0,495g

Presas de Chone

- **Cimentación:** Aluvial de 40 m y substrato terciario mioceno, se hallan conformados por alternancias de materiales areniscos, lutíticos y limolíticos. Problemas que ocasiona:
 - Permeabilidad importante por fracturación. Para resolverlo se ha construido una Pantalla de impermeabilización de hormigón plástico bajo el núcleo de 28 m de profundidad.
 - Resistencia al corte de los materiales plásticos con F residual de 18°. Se han proyectado taludes de espaldones generosos
 - Deformabilidad del aluvial fino. Para disminuir los asientos se han ejecutado 50 columnas de grava de 1 m de diámetro y separadas 3 m entre sí, ejecutadas hasta la cota -15 alcanzando un estrato limo-arcilloso. Está previsto un asiento de aproximadamente 1 m en el 1º llenado.





AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS



. Deslizamientos en la margen izquierda aguas abajo de la presa, junto al vertedero.



Deslizamientos en la margen derecha aguas arriba de la presa

AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS

Presa de Chone



Acera de aguas arriba



Acera de aguas abajo



Vista desde coronación de la
margin derecha

Grieta de 3 cm de separación en la solera de hormigón en masa de la acera de coronación en su lado de aguas arriba y en menor cuantía en la acera de aguas abajo.

Presa de Daule-Peripa

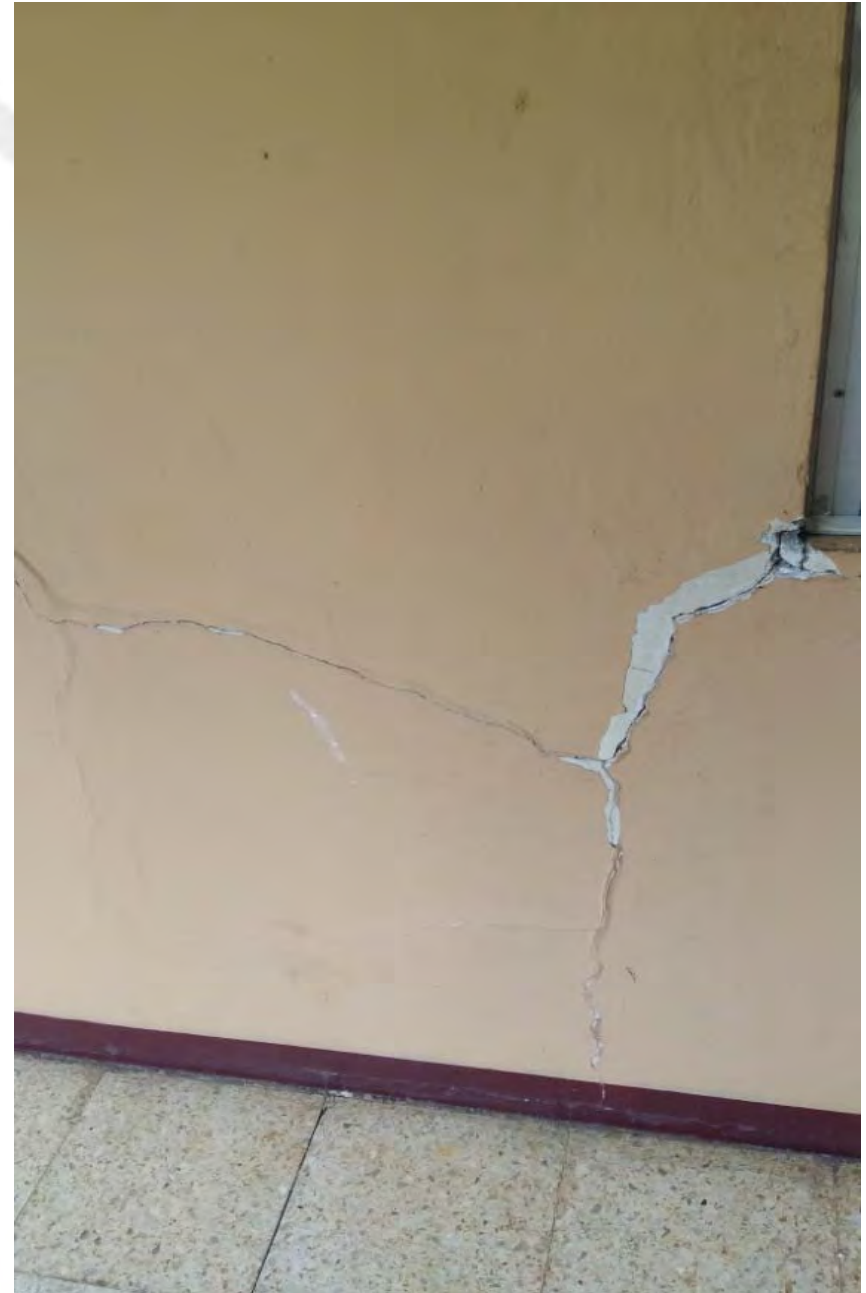


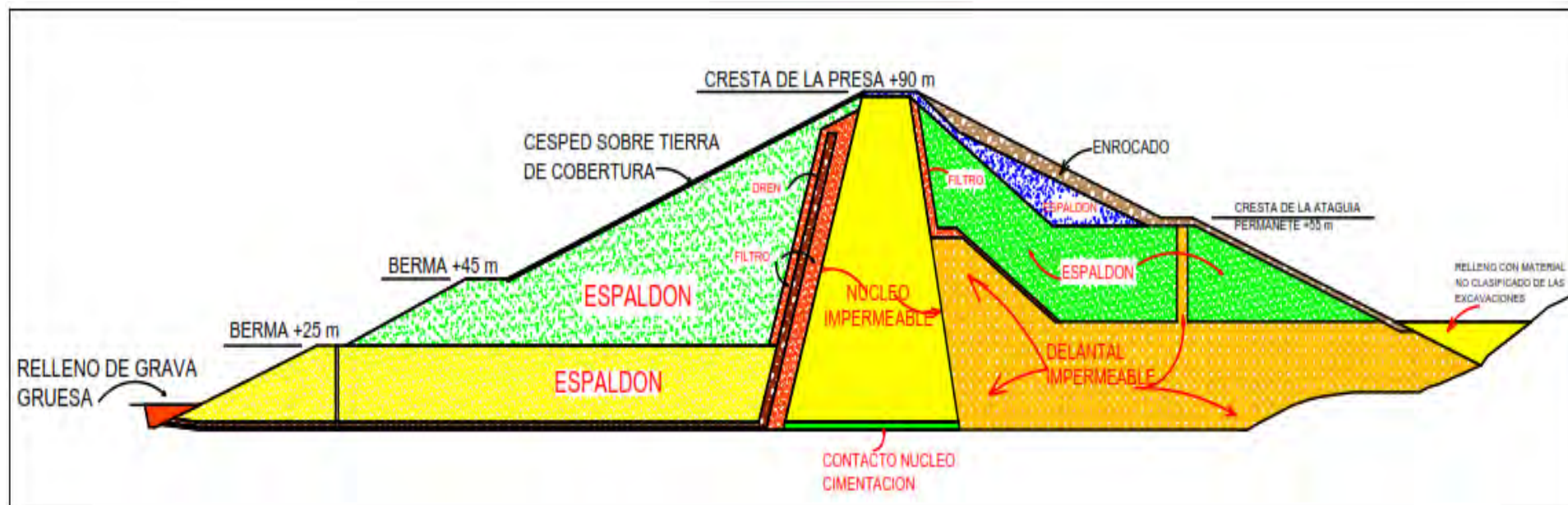
Presa Princ H_c : 90 m L:250 m. Dique H_c : 27 m L:17 km
Capacidad máxima: 6.000 Hm^3 .
Año de construcción: 1982.

AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS

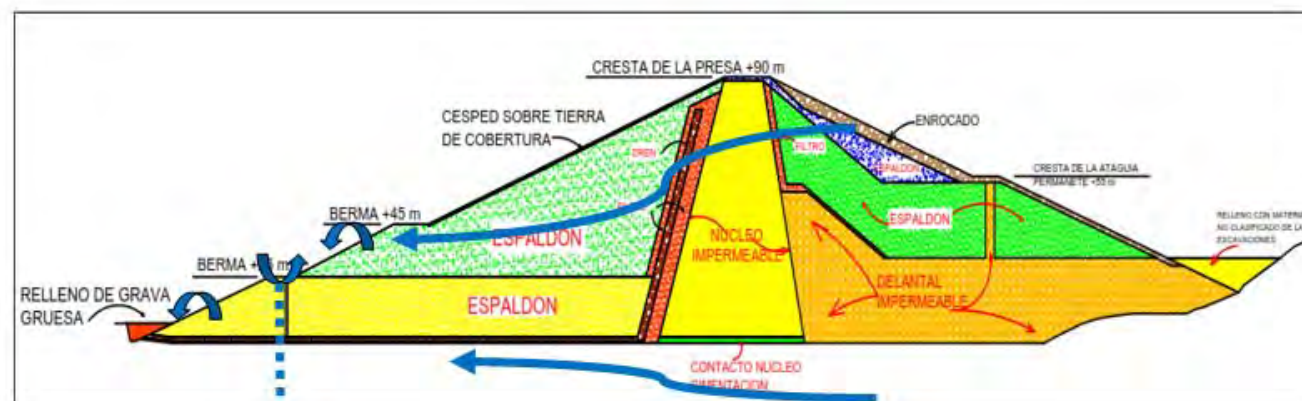
Daule-Peripa. Daños:

- Sólo se han registrado grietas poco importantes en la tabiquería de las edificaciones que constituyen las oficinas e instalaciones de la presa.





LOCALIZACIÓN	ZONA	MATERIAL
NUCLEO IMPERMEABLE	I	ARENISCA TRITURADA
CONTACTO NUCLEO - CIMENTACION	I A	MEZCLA DE ARENISCA CON ARCILLA
DELANTAL IMPERMEABLE AGUAS ARRIBA	II A	ARENISCA TRITURADA
ESPALDON AGUAS ARRIBA	II B	ARENA Y GRAVA
ESPALDON AGUAS ARRIBA	II C	ARENA Y GRAVA SELECCIONADAS
CAPA DE ENROCADO Y LIBRE DRENAJE AGUAS ARRIBA	II D	GRAVA DE LIBRE DRENAJE
ESPALDON AGUAS ABAJO SOBRE +25	III A	ARENISCA TRITURADA
ESPALDON AGUAS ABAJO SOBRE +25	III B	ARENA Y GRAVA
FILTRO	IV	FILTRO
DREN DE CHIMENEA Y CAPA DE DRENAJE AGUAS ABAJO	V	GRAVA DE LIBRE DRENAJE



AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS



Filtraciones en drenes verticales de la galería gunitada del estribo derecho



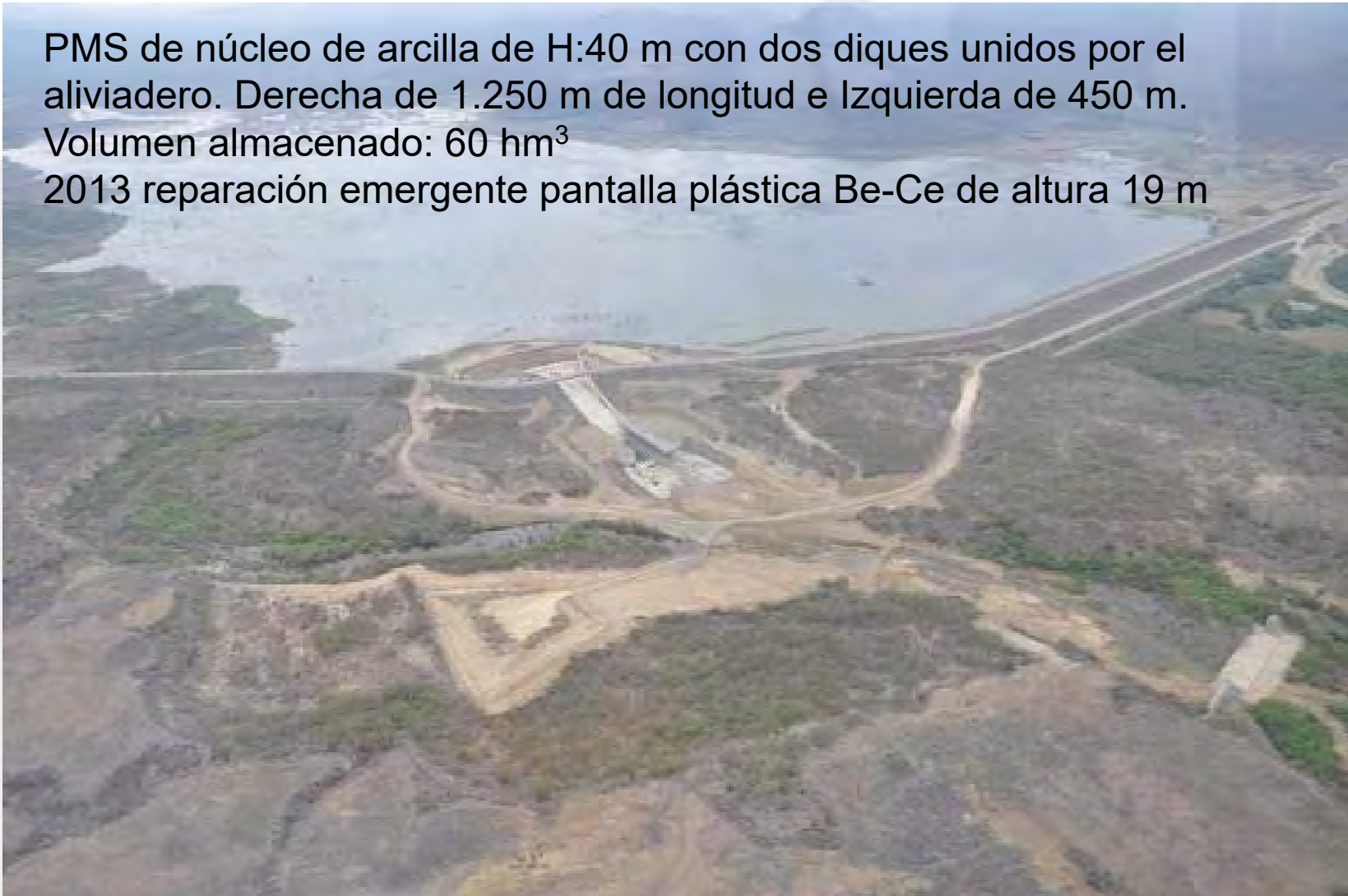
Filtración entre Berma 25 y Berma 42 y pozo de alivio en pie

Presa San Vicente

PMS de núcleo de arcilla de H:40 m con dos diques unidos por el aliviadero. Derecha de 1.250 m de longitud e Izquierda de 450 m.

Volumen almacenado: 60 hm³

2013 reparación emergente pantalla plástica Be-Ce de altura 19 m





AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS

San Vicente. Daños:



Movimiento de 4 cm del tablero metálico del puente sobre el vertedero en la dirección de su eje mayor.



Poza Honda.

No visitada

- Ubicación: río Portoviejo, se sitúa a 30 kilómetros de la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí.
- PMS con un núcleo de arcilla impermeable, con una protección en el talud cara al aire, de 2 carpetas asfálticas tipo sandwich de 2" cada una.
- Altura: 40 m y Longitud: 1,2 km,
- Volumen: más de 100 hm³, luego de la batimetría realizada en el año 2001 aproxm. se determinó que era de 89 millones
- Aliviadero (El vertedero). L: 70 m y puede evacuar hasta 875 m³/s . El túnel de fondo es de 3 m de diámetro con una longitud de 300 m controlado por 2 válvulas cónicas de 1500 y 500 mm, con capacidad de 30 y 4 m³ respectivamente.
- Construida entre 1969 y 1971.
- Destino: irrigación de un área de 13.000 has y agua potable a Portoviejo, Manta; Santa Ana, 24 de Mayo, Rocafuerte, Sucre, Jipijapa, Jaramijo.



Asiento en coronación de 3 cm (parece algo más).

AUSCULTACIÓN EFICIENTE DE PRESAS:
LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS TENDENCIAS

Conclusiones

- Sismo de Ecuador de 16/04/2016 fue de gran magnitud (7,8 Mw) a una profundidad muy superficial (20 km).
- Daños muy graves en estructuras de edificación, viales, etc.
- Ninguna de las presas inspeccionadas presenta daños estructurales, solamente en sus elementos accesorios.
- Las presas son infraestructuras que ofrecen una gran seguridad frente al sismo, como demuestra este episodio, el terremoto de Fukushima (Japón, 2011) de magnitud 9, o el de México (19/09/2017) de magnitud 7,1.
- Potenciar la auscultación. En el momento del sismo, pocos acelerómetros operativos.