

VAIONT

NOTAS PREVIAS A UN MEMORANDUM TECNICO

Por JOSE TORAN

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Asesoría Geológica de Obras Públicas.

Comisión de Normas y Vigilancia de Grandes Presas.

Comité Español en la Comisión Internacional de Grandes Presas.

Sería banalidad recoger a título personal la invitación con que la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS nos requiere para dejar constancia, en sus páginas históricas, de la reciente catástrofe del embalse de Vaiont. Es imperativo satisfacer la demanda, por razón de disciplina y en atención a la conjunción de representaciones con que nuestra firma profesional se honra, pese a la ingrata responsabilidad que implica formular declaraciones que son, por lo menos, prematuras.

Una vez más nos llega, con reiteración obsesiva, la noticia de una catástrofe que se produce en el ámbito de las grandes presas. La frecuencia con que se manifiestan en nuestros días tales desastres llega a ser casi angustiada. En este caso, el acento recae sobre las magnitudes físicas que han intervenido en el drama y que implican una nueva escala, incluso referida a los cataclismos de la Naturaleza. Se trata de un caso de "gulliverismo" cruel que sobrecoge el ánimo como a la hormiga la destrucción de su hormiguero hollado por un tanque pesado.

El sacrificio de miles de vidas no puede dejar de ser fecundo y nos obliga a aceptar innumerables enseñanzas; la primera: humildad. El hombre, y, sobre todo, el técnico que empeña su lucha diaria en conquistar "habitat" para los suyos, frente a la Naturaleza reacia a su mandato, tiene que sentirse agobiado por sus inmensas limitaciones. La aplicación inmediata de esta lección de humildad nos obliga a abstenernos, en estos momentos, de cualquier pronunciamiento técnico responsable, por mínimo que sea; falta mucho camino que recorrer para poder enmadrar las razones que motivaron la catástrofe. Nadie con serenidad, pero menos que nadie los ingenieros, habituados a escudriñar los secretos de la Naturaleza y a templar el arco de su responsabilidad ante la sociedad, pueden incurrir en la frivolidad de presunciones malévolas; ni siquiera simplemente teorizantes.

No se interpreten las líneas anteriores como exordio galeato para escabullir la obligación que todos tenemos de aguijónar nuestras capacidades receptoras con el fin de obtener la más precisa información sobre el problema. Superemos, pues, el fácil conformismo de que las condiciones geológico-fisiográficas del embalse de Vaiont no tiene paralelo en ninguna de las Hispanias. El tema tiene interés vivo, candente y de su análisis habrán de deducirse consecuencias que, sin duda alguna — y valga aquí la osada profecía — modificarán la visión técnica de presas y embalses en un futuro inmediato.

Permítasenos traer a la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, ya que no atrevidas conjeturas, una información general sobre el cuadro geográfico, humano e ingenieril en que se ha producido la hecatombe.

IL PIAVE

El "Plamben" romano que, por esa ya muy comentada peculiaridad sobre el género gramático en los nombres de los ríos, fué femenino — "La Piave" — desde el siglo VI. Conquistó su masculinidad, en 1918, por fuero de sangre; en ese año, el Fiume Sacro fué "promosso

maschio per merito di guerra" en virtud del sacrificio de miles de soldados y oficiales que inspiraron cantos de D'Annunzio.

Un dramático destino ha vuelto a situar al Piave en la primera línea de la lucha en que se defiende nuestra civilización, romana, siempre: ayer por ley del César; hoy, por mandato ecuménico.

EL SISTEMA HIDROELECTRICO

El torrente Vaiont es un modesto afluente del Piave que sólo ofrecía como ventaja la angostura de su acceso a la corriente principal para contribuir al gran aprovechamiento hidroeléctrico del Piave. En él se encuadra el grupo de presas probablemente más brillante del mundo, desde la famosísima de Pieve di Cadore en cabecera, hasta la de Valdegallina que limita, aguas abajo, el sistema. Los embalses creados regulan la corriente principal y las afluentes de Boité, Maé y Ansiei. Alimentan solidariamente una conducción principal a lo largo del río, desde Cadore hasta la central de Soverzene (220 Kw), dando lugar a un aprovechamiento que producía, sin Vaiont, cerca de mil millones de Kw. \times h. anuales, pero que cuando se alcance el desarrollo completo del complejo proyectado superará los dos mil quinientos millones de Kw \times h.

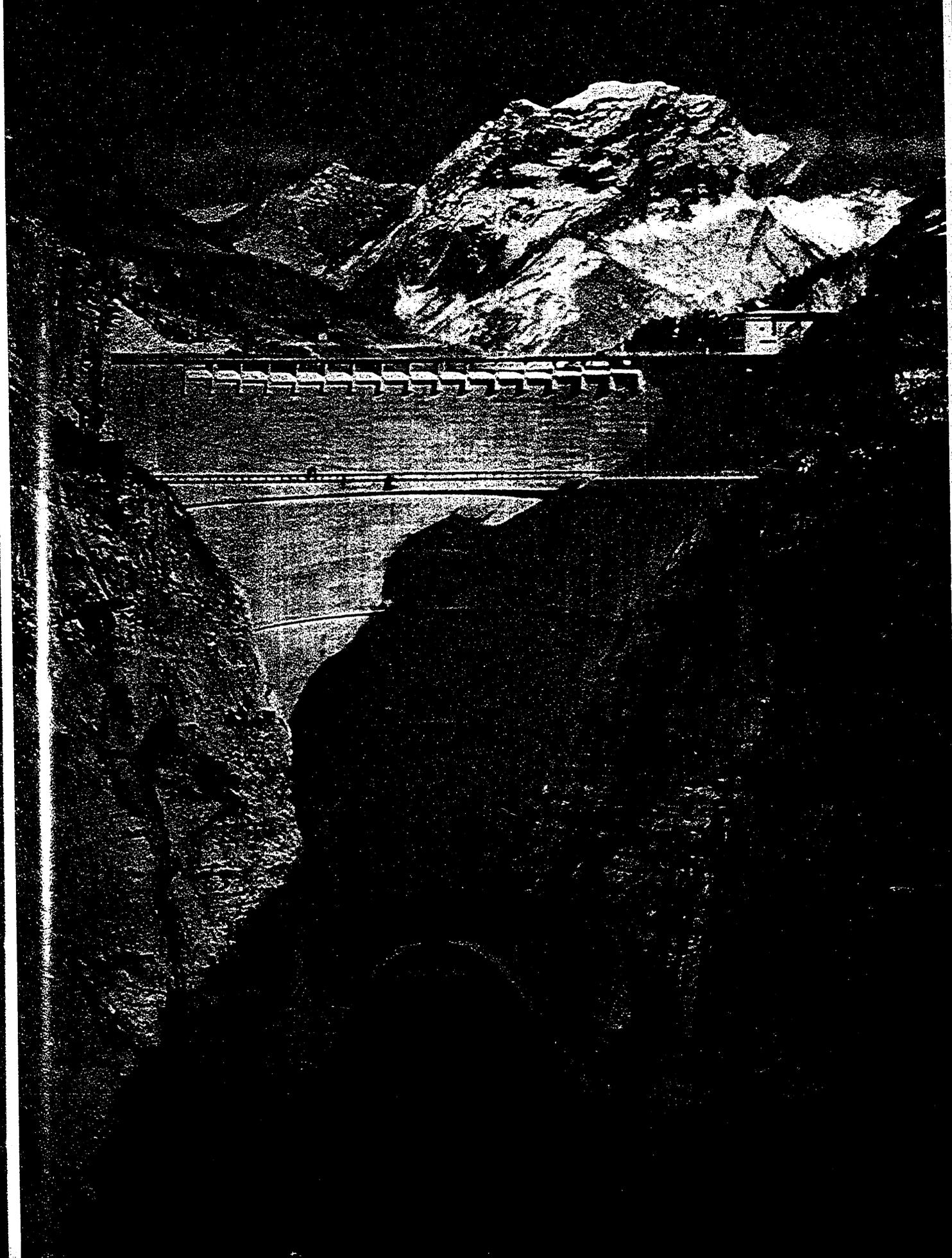
El dispositivo de comunicaciones entre los distintos embalses es complejo y altamente ingenioso, con vistas a obtener el máximo rendimiento de los recursos naturales. Interconexiones, "by passes" y conducciones para distintos servicios, siempre en galería, componen una tupida red que subraya, también, la importancia del sistema en lo que a técnicas de explotación de un conjunto se refiere.

Concretamente: la presa de Vaiont tiene su coronación en la cota 722,50, o sea, sesenta metros por encima del nivel de Pieve di Cadore (683,50) y 40 m. aproximadamente sobre la piezométrica de la tubería principal. Por ello, no puede alimentar directamente la conducción y, en consecuencia, se ha organizado la central de Colomber, a través de la cual el embalse de Vaiont (complementado con las aportaciones del Mae que cruzan en sifón el Piave) descargan en la galería general en la cota 566. A su vez, el Mae, antes de entregar sus aportaciones al sifón de cruce, permite otro aprovechamiento en la central de Galdona que restituye en la cota 614,05. La presa de Vaiont no se planteó, pues, como alarde ingenieril dudosamente justificable considerando la insuficiencia hidrológica del torrente y la escasa capacidad del vaso. Se buscó una pieza fundamental para la regulación del sistema, dada la escasez de vasos en la zona. Se destacaba también por su posición altimétrica muy ventajosa.

LA ZONA

El Valle del Piave se encuentra en las faldas del macizo de las Dolomitas. El panorama corresponde a la yuxtaposición de calizas y dolomías; Lias del Jurásico. Toda la zona acusa orogénesis e historial tectónico complicados. Las fronteras entre los pisos del Lias se encuentran acusadas en muchos sectores por la presencia de capas margosas y arcillosas (1). La geología del Valle era perfectamente conocida mucho antes de empezar a pensarse en la construcción del Vaiont, y se debe al Prof. Giorgio Dal Piaz el estudio profundo, metucioso, de todas las secciones geológicas del río.

(1) La cerrada donde se ubica la presa corresponde a un dique de gran profundidad de estratificación sensiblemente horizontal. Se trata de calizas del Dogger, y la variabilidad del módulo de elasticidad de las distintas zonas de estratificación se tuvo en cuenta en la dosificación de los hormigones y también con un sistema de bulonajes y anclajes que, indudablemente, ha funcionado a la perfección.



ANTECEDENTES

No podía ser novedad en esta zona el peligro de corrimientos en las laderas, unas veces justificados por las capas arcillosas interpuestas entre el Jurásico o el Lías, en particular, y otras por el corrimiento de terrenos de aportación glaciaria que rellenan muchos collados. Los corrimientos de importancia registrados históricamente son muchos. Numerosos autores sitúan en el año 365 un cataclismo, producido por el corrimiento del monte Sochero, que cerró el valle del Piave, obligándole a saltar al valle de Belluno. Se supone que los lagos Lapisinos son restos del antiguo cauce. Son muchos los corrimientos catastróficos acaecidos durante los últimos trescientos años e incluso recientemente. En 1959 se produjo sobre el embalse del Mae, a escala reducida, un fenómeno análogo al que ha originado la actual catástrofe. Una masa de casi un millón de metros cúbicos se precipitó sobre el embalse, dando lugar a un desbordamiento que sobrepasó la coronación de la bóveda fina con una lámina de 8 metros. Es curioso que la onda, atacando por debajo al viaducto que cruza el embalse, levantara los tramos de hormigón pretensado que cayeron al fondo y que después pudieron ser fácilmente recuperados e instalables.

Incluso en Vaiont, en 1960, se produjeron incidentes del mismo tipo en la primera embalsada. Al insinuarse un corrimiento en la ladera, cuando el agua alcanzaba aproximadamente los 100 metros, se desembalsó con cautela, lo cual no fué obstáculo para que se precipitara sobre el fondo una masa de 1,3 millones de metros cúbicos. Varios ingenieros españoles, al visitar la presa en 1961, fuimos informados de este incidente y de las precauciones que se acometían ante la manifestación de otro eventual corrimiento que se acusaba en la ladera izquierda, a distancia que en modo alguno podía comprometer la presa, pero sí la eficacia del embalse. Se iniciaban entonces obras importantes, entre ellas, un sistema de interconexión por galería y pozos sumideros destinados a asegurar la imposibilidad de que se crearan compartimientos estancos en el embalse a causa de corrimientos contingentes.

Parece fundamental recoger estos antecedentes que, indudablemente, adolecerán de imprecisión y muy probablemente de errores, pues son fruto del recuerdo o de citas sin corroborar, a fin de llevar al ánimo del colega la convicción de que no cabe pensar en improvisación burda. Se conocía el problema, y se atacó con los medios al alcance de una técnica y de unos medios tecnológicos que, en el caso del aprovechamiento del Piave, ha sido reconocida unánimemente entre los primeros del mundo.

LA ESTRUCTURA

Es muy amplia la literatura técnica publicada sobre la presa, lo cual nos permite evitar una descripción detallada. Sus características más destacadas son:

Altura	261,60 m.
Desarrollo en coronación	190,50 »
Cuerda del arco medio en coronación	169,00 »
Espesor en la clave de los arcos:	
Base de la presa	22,11 »
Coronación	3,40 »
Volumen de hormigón	353 000,00 m. ³
Volumen de excavación	400 000,00 »

El proyecto se realizó bajo la dirección del Dr. Ing. C. Semenza (2). La construcción

(2) Carlo Semenza falleció en diciembre de 1961. Ultimamente se manifestaba excitado por los incidentes acaecidos en la primera embalsada de Vaiont, pero firmemente convencido de la posibilidad de superarlos.

Se había graduado de ingeniero por la Universidad de Padua y desde 1919 formaba parte de la Sociedad Adriática de Electricidad, una de las mayores empresas hidroeléctricas de Italia, donde ocupaba el puesto de Director General de Ingeniería.

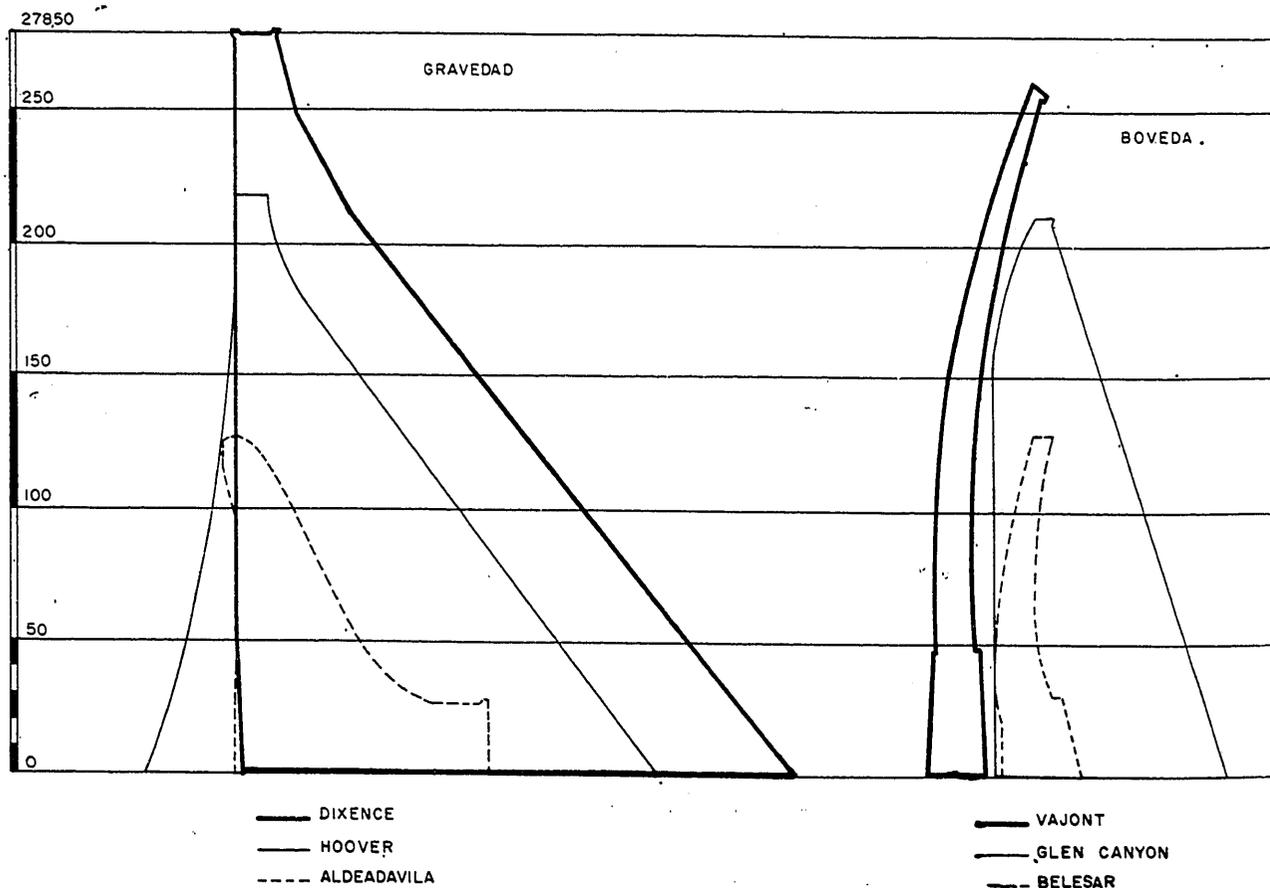
Se deben a su genial intuición sobre las bóvedas muchas presas en Italia, entre ellas la famosa y clásica

se desarrolló entre los años 56 a 60 por el contratista especializado en presas, Dr. Ing. Giuseppe Torno (3).

En la construcción se tomaron toda suerte de precauciones y de igual forma se procedió respecto al control del comportamiento ulterior de la estructura.

La red instalada de aparatos de medida y control comprende más de 300 instrumentos que registran unas 500 lecturas diarias, entre ellos seis clinógrafos, 114 termoextensómetros, 17 termómetros, 68 termodilatómetros, 1 colimador, 1 péndulo óptico; existe también una estación sismográfica y una red de alta precisión para el control trigonométrico de la estructura y del valle.

Lo que la presa de Vaiont significa en cuanto a realización técnica, se pone de manifiesto con un simple croquis que compare su sección con las más audaces cúpulas del mundo y también con las presas de cualquier otro tipo. Entre las obras realizadas hasta la fecha, sólo la supera en altura la presa de Grand Dixence, en Suiza, que tiene 284 metros de altura, o sea, 22 más que Vaiont, pero se trata de una presa de gravedad (5.957.000 m.³ contra 353.000 m.³). Las presas rusas que la preceden en la relación que se incluye a continuación están en construcción:



NOTA. — Tanto las presas de Aldeadávila como la de Glen Canyon, aceptan, por su condición de estructuras arco-gravedad, ser incluidas indistintamente en uno u otro grupo del esquema.

sica de Pieve di Cadore. También intervino en las presas de Kurobe, en el Japón; Dez, en Irán, y Santa Rosa y La Soledad, en Méjico.

Era vicepresidente del I.E.S.M.E.S. de Bérgamo y uno de los miembros de la empresa Electroconsulti, que financian conjuntamente Fiat, Montecatini y SADE.

La figura del Dr. Semenza era popularísima en los medios internacionales relacionados con grandes presas y gozaba del prestigio de una de las más destacadas figuras mundiales en su especialidad.

(3) Constructor también de las cúpulas de Mis, Vallarsa, Lumiel, Osiglia, etc., por citar sólo las más destacadas de sus obras entre las veintitantas presas que ha contraído en Italia: En Africa ha participado también en Kariba, Khashm-El Girba, etc.

GRANDES PRESAS DEL MUNDO

(Según T. M. Mermel (Ingeniero Jefe del "General Engineering"
en el Bureau of Reclamation.)

Nombre	Altura metros	Terminación año
1. Ingurskaya (U.R.S.S.)	301 H.	E.C.
2. Nurek (U.R.S.S.)	298 T.	E.C.
3. Grand Dixence (Suiza)	284 H.	1961
4. Vaiont (Italia)	262 H.	1960
5. Mauvoisin (Suiza)	237 H.	1958
6. Bharkra (India)	226 H.	1962

H. = hormigón. T. = tierra. E.C. = en construcción.

NOTA.— Por vía de observación personal podemos albergar serias dudas sobre la realización completa de la primera.

"LA DIGA TIENE"

Es muy pronto para enfocar con lente técnica el problema planteado, pero caben, sin embargo, ciertas consideraciones de principio. Un titular que recogemos de la Prensa diaria italiana resume en todo su valor el paradójico drama "La Diga tiene": La presa aguanta. Así es; la manufactura del hombre, el fruto de sus esquemas ingenieriles, objetivado en materiales nobles, de reacción conocida por antigua genealogía dentro del acerbo técnico, se ha comportado como tal, noblemente, esto es, de acuerdo con lo que de una presa bóveda se podía esperar. "Noblesse oblige", en este caso, el comportamiento elástico de la estructura que ha superado todos los coeficientes hasta rozar los límites abstractos de su resistencia (4).

Subsiste la obra del hombre, pero falló la Naturaleza; bien es verdad que no por sí misma, sino obligada por solicitudes exógenas que fueron intolerables. Muy probablemente este fallo tenía que escapar a las provisiones de la más depurada y exquisita técnica de que disponemos hoy para auscultar las manifestaciones geológicas o las condiciones de resistencia e impermeabilidad que buscamos en el vaso de un embalse. Pero en fin, no aventuremos juicio alguno (5); la buena voluntad no puede ser eximente de superficialidad en temas como este.

EL ACCIDENTE

No hemos conseguido precisiones rigurosas de las cifras interesadas por la catástrofe. Sabemos que:

— la masa de tierras precipitada sobre el embalse significa más de 230 millones de metros cúbicos.

(4) Nos es difícil contener la tentación de autocitarnos. Cuando en 1961, a raíz de un artículo necrológico en admirada memoria de A. Coyne, comentando su frase contundente: "Le problème pour un barrage voute ça n'est pas de le faire tenir; c'est de le faire tomber", osadamente afirmábamos textualmente: "Es seguro que, superada la incidentalidad circunstancial en última instancia anecdótica, será precisamente la catástrofe fuente de los mejores argumentos para dar todo su brillo sentencioso y absoluto a la bella frase de Coyne".

(5) Independientemente de la acción legal, el Gobierno italiano acaba de nombrar una comisión investigadora compuesta por técnicos y presidida por un jurista; esta comisión tendrá que contestar a cinco preguntas:

- 1.ª Previsiones hidrogeológicas.
- 2.ª Dilación en la recepción de la obra, todavía pendiente.
- 3.ª Resultados de las experimentaciones prescritas referentes a los corrimientos contingentes.
- 4.ª Régimen de explotación en la etapa anterior a la catástrofe y dispositivos de emergencia previstos.
- 5.ª Actuación de los técnicos y de las autoridades en relación con las medidas de seguridad y la evaluación oportuna del territorio afectado.

- el desbordamiento de la presa se mantuvo durante, aproximadamente, quince minutos.
- el espesor máximo de lámina vertiente se acercó a los 40 metros.
- la altura máxima alcanzada por las salpicaduras, según acusa la ladera derecha, superó probablemente los 100 metros por encima de la presa.
- el volumen transbordado se estima en 50 millones de metros cúbicos.
- el amontonamiento de tierras que hoy emerge sobre el embalse supera en 60 metros la cota de coronación.
- esta montaña divide el embalse en dos compartimientos que presentan hoy sus niveles a las cotas menos 10 y más 15, referidas a la coronación de la presa.
- a fin de evitar la sobrecarga hidrostática sobre el dique accidental de tierras que contiene el embalse agua arriba, se procede a una operación de bombeo con medios extraordinarios para traspasar las aportaciones de torrente al embalse inferior.

LA BARRERA DE LA DIMENSION

Hay, sin embargo, otro campo "sub judice", impersonal y de general interés, en el que nos está permitido formular una declaración rotunda y, por lo tanto, posiblemente petulante. La técnica de las grandes presas cruza ya la frontera de la dimensión; se aleja de los problemas a escala de la instrumentación y de la observación que hasta ahora hemos empleado. Es un tránsito similar al cruce de la barrera del sonido; se estremecen todos los resortes a nuestro alcance y vibra incluso el alma, supremo cimiento de la Razón que, ante el Cosmos, no puede proseguir sus empeños sobre simples muletas cartesianas.

Fué ayer, en 1920, cuando precisamente España alcanzaba con una presa la altura de 100 metros; rondamos hoy los 300 metros. Es cierto que casi dominamos los materiales y que tanto analítica como experimentalmente, se han destilado los conceptos estructurales; pero en un embalse, no es la laña que el hombre pone y que cierra el vaso todo lo que cuenta; no confiamos en esa pequeña astucia que indudablemente poseemos, pues son también las condiciones del vaso las que asegurarán la función y la seguridad del conjunto.

Enfrentémonos con esta realidad: más que la estructura, que al fin y al cabo podemos adaptar a los imperativos naturales "a priori", importa el terreno, no sólo en la cerrada, sino en todo el vaso. Ante esa realidad es parva ayuda la docta calificación de los terrenos afectados que pueda proporcionarnos el especialista simplemente geólogo. ¿Cuál es el efecto sobre la tierra, así, con mayúsculas, Tierra, al someterla a cargas hidráulicas de treinta atmósferas? ¿Cuáles son los efectos estáticos y dinámicos de la penetración intersticial del elemento Agua en conflicto con la Tierra? ¿Cuándo da el Tiempo sus conclusiones definitivas sobre este maridaje? ¿Cree alguien que disciplinas tales como la Hidrogeología o la Mecánica de Rocas, que apenas balbucen, pueden darnos contestaciones categóricas a las preguntas anteriores?

TECNICA Y ARTE

La ingeniería en general, pero muy en particular la técnica de presas, no es regla, no es ley absoluta; se vale de técnicas, pero es y será Arte, arte ungido de augusta responsabilidad por las dramáticas consecuencias de sus derrotas. Sirva la hecatombe de Vaiont, para liberar al técnico del lastre de tozudez que le proporciona la propia satisfacción de sus concimientos, y al público de la insensata pretensión de suponer que el ingeniero, simplemente "multiplicando" con rigor, pueda obtener la verdad. El ingeniero, al acercarse al campo de las grandes dimensiones, al enfrentarse con la macroestructura, necesita, ¡cómo no!, me-

didadas, también algoritmos y análisis, observaciones y experimentos, pero sobre todo, higiene especulativa, ponderación, medida, filosofía. Atributos todos ellos que son con frecuencia, desdichadamente, exóticos para el técnico.

La obra del ingeniero es siempre una descarga de lo subjetivo, de la idea que en su mente nació y que la técnica elabora, dentro del marco de la imaginación abstracta, proyectada sobre la realidad que, naturalmente, impone sus condiciones. La perfección de la obra, dentro de los límites humanos, es, en última instancia, una función de gracia, pero hay que invocar la GRACIA cuando de la obra depende la vida de nuestros hermanos.

SURSUM CORDA

Elevemos nuestras preces por los muchos que cayeron; roguemos también por todos aquellos que más o menos directamente participaron en la obra y tienen que sentir hoy la opresión de la duda al considerar si su intervención pudo haber frenado la catástrofe. Pero superemos cualquier acusación genérica contra el embalse, contra los embalses que hoy almacenan el agua que ha permitido a tantos millones de seres incorporarse recientemente a la vida civilizada. Aunemos plegarias, afanes y esfuerzos con el fin de evitar que vuelva a aparecer la muerte sobre nuestras presas y embalses, pero no detengamos el impulso creador, ni dejemos que la sombra de la hecatombe lastre nuestra imaginación, que ha de acometer cada día obras más ambiciosas. La suerte de la Humanidad así lo exige.

Recordemos, para terminar, que en los últimos veintiocho años se han construido, en todo el Mundo, 4.500 grandes presas. Las construídas hasta el año 1938 no superaban la cifra de 4.000, incluyendo en ese número las 1.500 presas indias y japonesas de menor entidad que no deben considerarse a estos efectos. En cifras redondas, el mundo ha construído las tres cuartas partes de sus presas, de las cuales depende la existencia de millones de hombres en el último cuarto de siglo. La comparación entre los seres que gracias a ellas viven y las víctimas que cayeron por su causa, ni nos consuela ni mitiga la pérdida de ninguna de esas vidas, pero destaca en la luz de la ESPERANZA que ha de iluminar nuestro ingente e inmediato quehacer.