

LA INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA EN LAS EXPLOTACIONES MINERAS DE RIO TINTO PATIÑO, S. A.

Por GUILLERMO HERAS SABARIEGOS

Doctor Ingeniero de C., C. y P.

Comisario Jefe de Aguas del Guadiana.

ROSALIO ALONSO GARCIA

Doctor Ingeniero de C., C. y P.

Jefe de la Sección de Lucha contra la Contaminación, de la Comisaría de Aguas del Guadiana.

INTRODUCCION

Se ofrece en esta aportación al XII Congreso Internacional de Grandes Presas un resumen del proceso de tratamiento que sigue Río Tinto Patiño, S. A., en sus explotaciones mineras de Cerro Colorado (Huelva) en conexión con la importante infraestructura hidráulica que les sirve de base y que se desarrolla actualmente bajo la inspección y vigilancia de la Administración española, a través de la Comisaría de Aguas del Guadiana (Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas).

La especial atención que merece la interdependencia del conjunto de presas de materiales sueltos que constituye dicha infraestructura, en que adquiere un relieve destacado la defensa ambiental, puesto que sus aspectos funcionales evitan por completo la grave contaminación de los cursos de agua en que se localiza esta planta industrial y constituyen su primera finalidad específica, en armonía con las normas legales previstas al efecto y, al propio tiempo, el equilibrio conseguido entre los intereses sociales que se trata de proteger y los particulares de la explotación minera, que debe reducir al mínimo posible los costes del producto obtenido, nos inducen a situar este trabajo informativo —sin omitir, naturalmente, las necesarias referencias técnicas a las obras en curso de ejecución— dentro del marco relativo a la cuestión 44 de la temática prevista en el Congreso: *problemas asociados a tipos especiales de presas de materiales sueltos*.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Río Tinto Patiño, S. A., dispone en la zona cuprífera de Huelva (España) de las instalaciones mineras de Cerro Colorado, en las que recupera concentrados de cobre y de oro y plata como complemento.

Los siguientes datos característicos ofrecen una idea de la magnitud del problema: El procedimiento de explotación de la mina, previsto inicialmente con duración de doce años, tratará en su conjunto 53,10⁶ toneladas de mineral. De ellas corresponden a la planta de cobre 3,10⁶

toneladas/año para obtener 20.500 Tm/año de cobre en forma de concentrados; la planta de oro y plata tratará por su parte 1.425.000 Tm/año y obtendrá 35.190.000 gramos/año de oro y plata en lingotes.

Las necesidades de agua de la factoría, cifradas en principio en un caudal continuo equivalente a los 155 l/segundo, exigieron la oportuna concesión administrativa de aguas públicas derivadas del río Odiel.

La legislación española en la materia, previene que toda concesión para usos industriales que implique un posterior vertido de aguas residuales, necesita, a su vez, la autorización correspondiente para efectuarlo. A este respecto, a la solicitud de concesión debe acompañarse descripción detallada de las características de las aguas vertidas, con el oportuno proyecto de tratamiento antes de su incorporación al cauce receptor.

En el presente caso, y antes de plantearse el problema, nuestro laboratorio había analizado ya las aguas residuales procedentes de la planta piloto, oportunamente montada por Río Tinto Patiño, S. A. El proceso que utilizaba era, en primer término, pulverizar el mineral con molinos, para posteriormente lixiviarlo con solución de cianuro, en pH fuertemente alcalino, agitada por corrientes de aire.

El oro y la plata se obtienen mediante precipitación con cinc, existiendo un exceso de cianuros que al reaccionar con éste lo complejan. Las aguas residuales pueden contener:

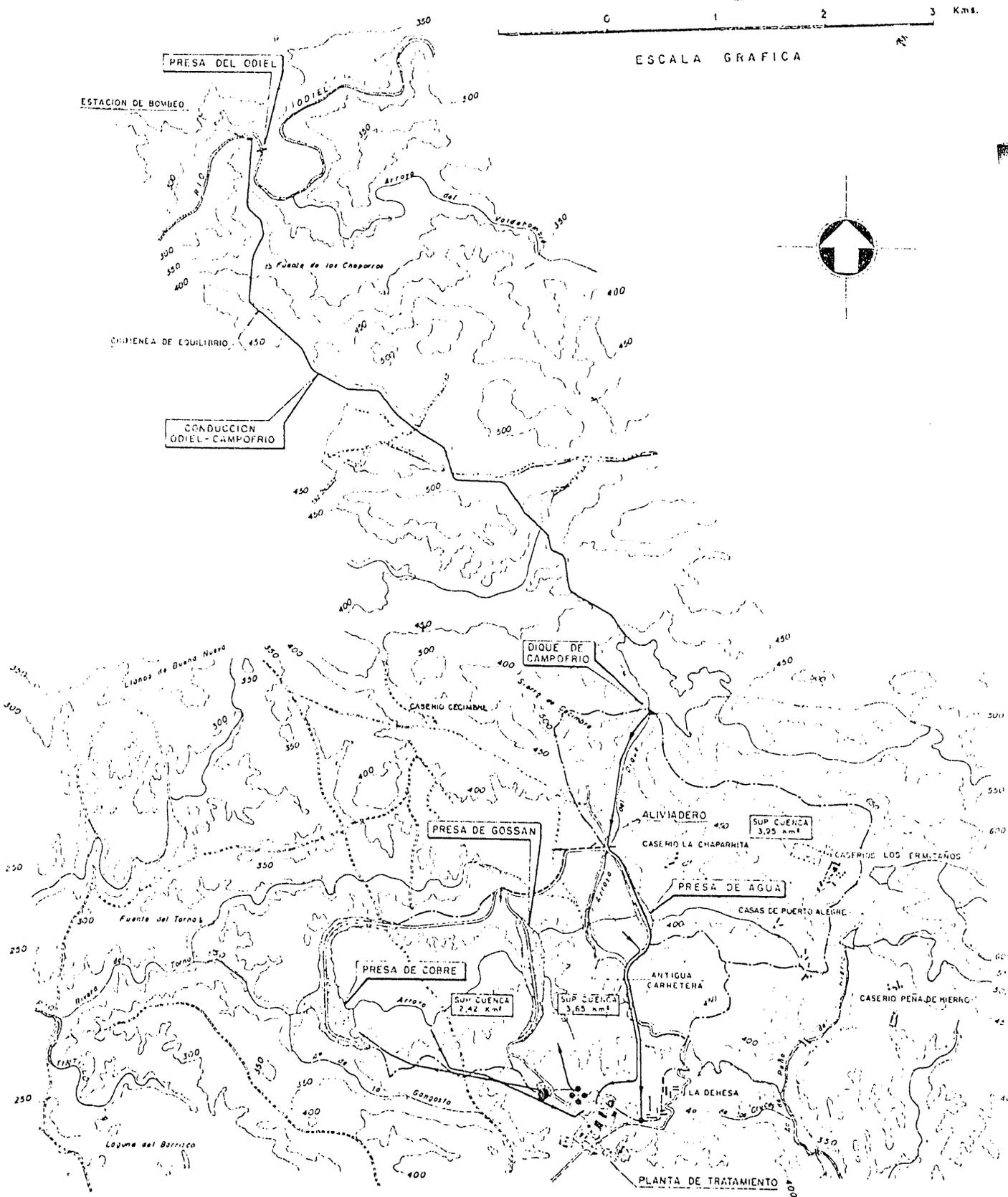
Zintetracianuros procedentes de la precipitación y sulfocianuros de las reacciones con sulfuros.

Ferricianuros, formados al complejar el hierro férrico y por oxidación de los ferrocianuros.

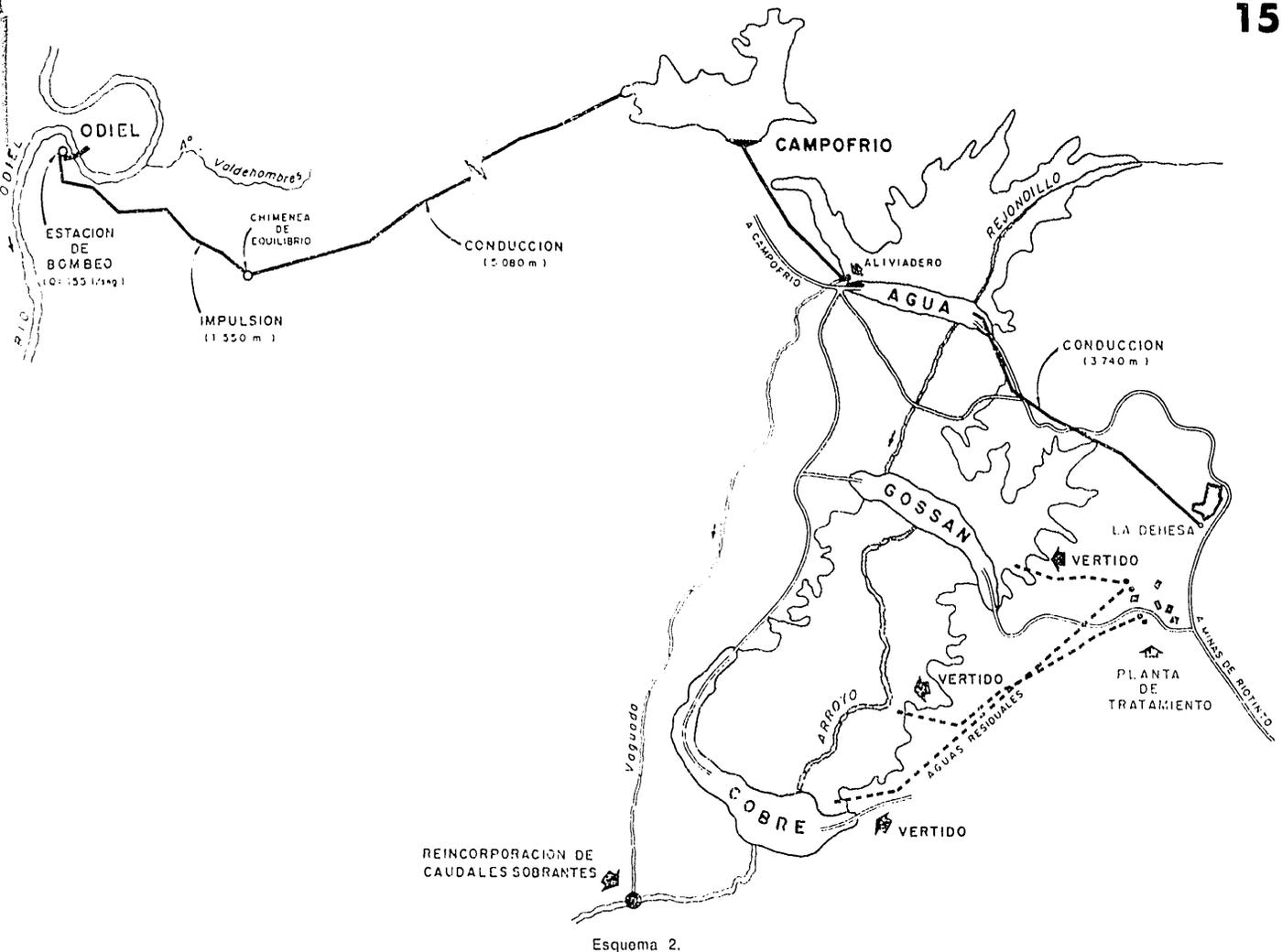
Cianuros complejos de metales pesados y cianuros alcalinos diversos.

Y en definitiva la misma cantidad de cianuros que se hayan empleado en la lixiviación, que puede ser alrededor del 0,4 por 100 del mineral tratado.

Dada la magnitud de las instalaciones previstas, las cantidades de cianuros a verter serían importantes y dadas las características ácidas de los cursos de agua de la zona, en las que pudiera verterse, gran parte de los



Esquema 1.



referidos cianuros podrían descomponerse en ácido cianhídrico, volátil, representando así un peligro importante para la región.

La previsión, en consecuencia, de que con el funcionamiento de la factoría pudieran arrastrarse al río cantidades enormes de estériles en suspensión y soluciones de materiales ferrosos y férricos en forma de cianuros, inestables y muy peligrosos, hubo de resolverse arbitrando una solución que eliminara estos peligros potenciales. El resultado fue el sistema de presas que se describe a continuación.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRESAS

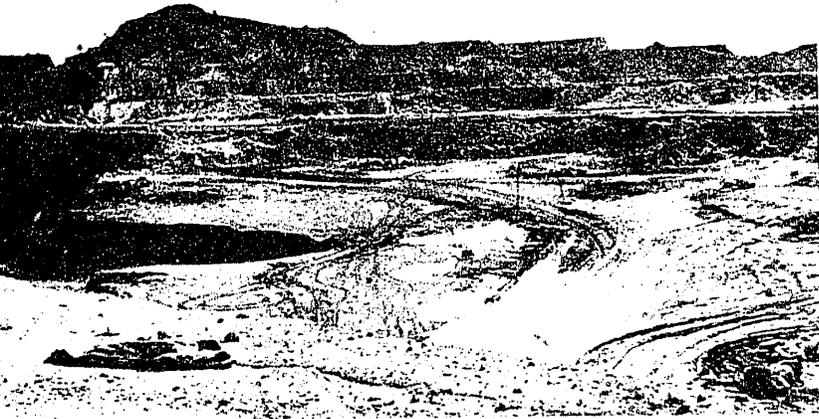
Las presas construidas para resolver los problemas que afectan al abastecimiento de la planta y la eliminación de aguas residuales y estériles son las denominadas del Odiel, de Agua, de Gossan y de Cobre, con la

disposición general que se detalla en el esquema 1. La primera es la que se destina al abastecimiento propiamente dicho; las otras tres, las que lo complementan, a la vez que retienen los estériles y las aguas polucionadas.

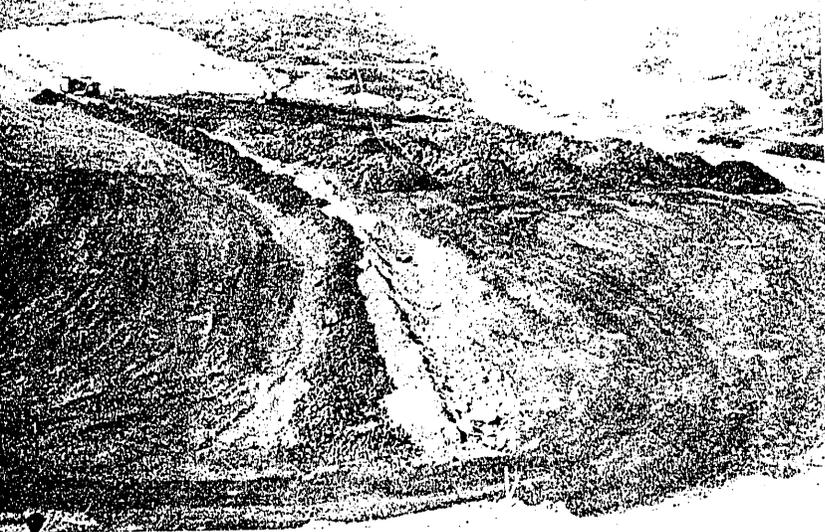
La presa del Odiel es de escollera, con altura de 28 m, prevista para su posible recrecimiento; presenta como novedad la de que por primera vez en España se utilizaba, con efectos impermeabilizantes, una membrana plástica de cloruro de polietileno (Saraloy-650), formada por elementos soldados *in situ*. Desde ella se impulsa el caudal, regulado a 238 m de altura manométrica, mediante tubería metálica de unos 11.000 m de longitud. Estos datos reflejan el alto coste que supone el trasladar el agua desde el Odiel hasta la factoría. Y determinará, como veremos, el interés por reciclar al máximo las aguas ya utilizadas.

En el esquema 2 puede observarse la ubicación de las tres presas sobre el arroyo Rejondillo, que discurre por una vaguada próxima a la planta industrial.

Cerro Colorado
Vista general



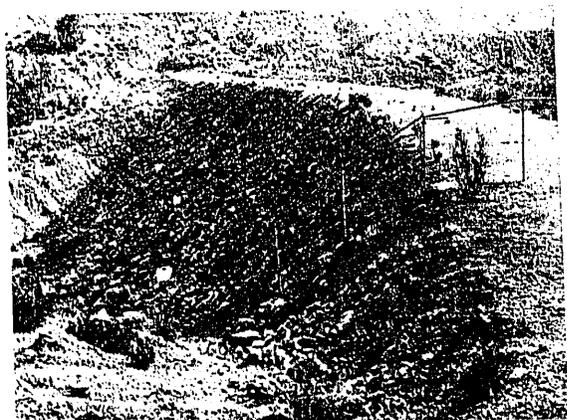
Presa de Gossan
Acopios y material filtrante

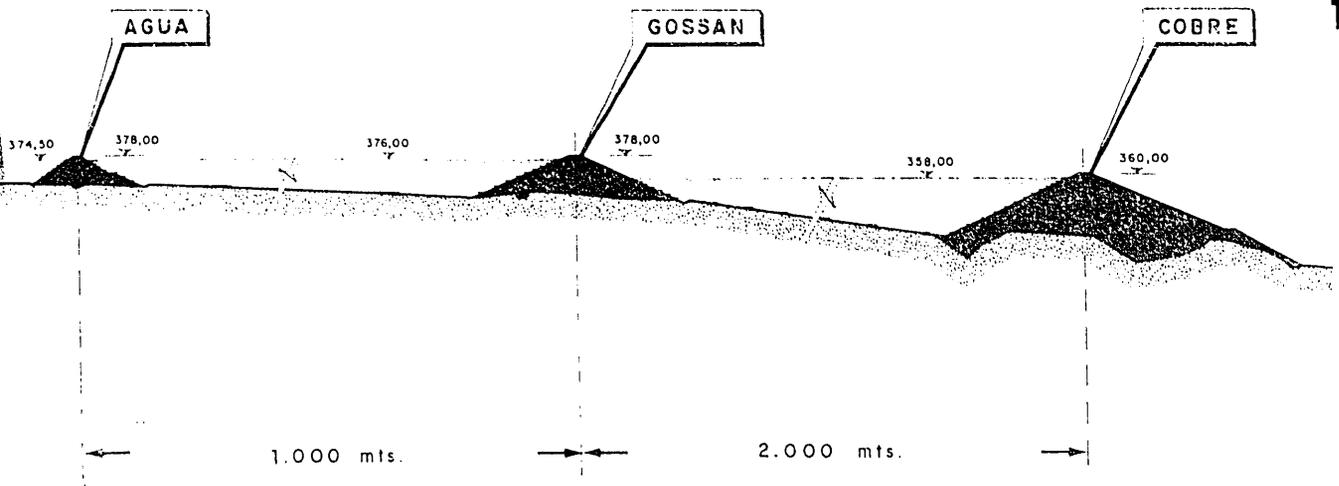


Presa de Agua
Vista parcial



Presa del Odiel
Vista parcial





Esquema 3. — Presas sobre el arroyo Rejondillo. Perfil longitudinal.

Las tres son presas de materiales sueltos y su concepción funcional responde a las necesidades de cualquier establecimiento minero, aunque en su construcción las dos primeras y parte de la última (P de Cobre) se aparte del sistema tradicional en las presas de estériles típicas de estas industrias.

La presa de Agua tiene 22 m de altura y su misión es retener el caudal circulante por el arroyo, embalsarlo y verter el sobrante por el aliviadero a una vaguada lateral que lo incorpora nuevamente al arroyo Rejondillo, aguas abajo de la presa de Cobre, dejando en cortocircuito los embalse de estériles y evitando su contaminación en ellos. Por otra parte, las aguas embalsadas se destinan también al abastecimiento de la planta, con el correspondiente ahorro para el bombeo desde el río Odiel. Como misión complementaria, esta presa tiene habilitado sobre coronación el paso de la variante de la carretera Huelva-Arcena, que quedará inundada por el embalse de Gossan. Por cuanto acaba de exponerse, su construcción total era imprescindible antes de que se iniciara el vertido de Gossan, que equivale a decir, antes de que funcionara la planta.

Las presas de Gossan y Cobre, que permiten crear los correspondientes embalses de retención, son las que de manera totalmente satisfactoria resuelven el problema del vertido de estériles. Desde su planificación inicial destacó el interés de realizarlas de materiales sueltos, pues su propio volumen (más de $7,10^6 \text{ m}^3$) contribuiría a la eliminación de los estériles de mina.

La presa de Gossan tiene 48 m de altura, correspondiendo a la de Cobre 90 m. Sobre esta última se detallan aspectos muy interesantes en la comunicación que presenta al Congreso el ingeniero proyectista de las que constituyen el sistema previsto, D. José Luis Bezares Díaz.

Los materiales para construirlas proceden, como ya se ha indicado, de los estériles de la propia mina, se-

leccionados en dos fases: La primera en la propia cantera en la que se desechan los no aprovechables; los que sí interesan se vierten, con el ritmo de producción de la cantera, en pilas destinadas a la selección natural de granulometrías, de los que se transportan al cuerpo de presa al ritmo requerido para la construcción.

En los esquemas 2 y 3 se definen las tres (Agua, Gossan y Cobre) por su disposición en planta y en perfil longitudinal, así como los puntos en los que se incorporan los vertidos de aguas residuales. Quedando a mayor cota la factoría que las presas, la pulpa que compone los vertidos llega a los embalses por gravedad, si bien se le adiciona agua para que circule mejor y evitar obstrucciones de las tuberías.

Alcanzado el embalse e iniciada su decantación, las aguas se reciclan en parte, aprovechando así esta nueva oportunidad para economizar recursos del Odiel, de transporte más caro.

PROBLEMAS ASOCIADOS A LAS PRESAS DESCRITAS

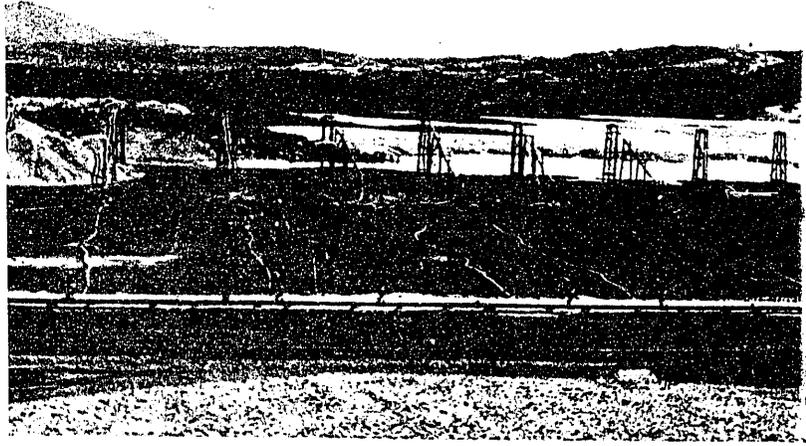
Para llegar conjuntamente por la administración y la sociedad interesada —siempre con el mejor espíritu de colaboración— al punto de equilibrio deseable para el desarrollo de la solución expuesta, ha sido necesario supe- rar, tanto en la fase de proyecto como en la de ejecución, una multitud de problemas íntimamente vinculados a las características de este tipo de presas, de entre los que extraemos los que se refieren a costos y desagües (aliviaderos y desagües de fondo) y al ritmo de obra.

En cuanto a costos propiamente dichos, puede parecer a primera vista excesiva la inversión que supone la construcción de estas tres presas, para evitar la contaminación de las aguas del arroyo Rejondillo y cursos subsiguientes.

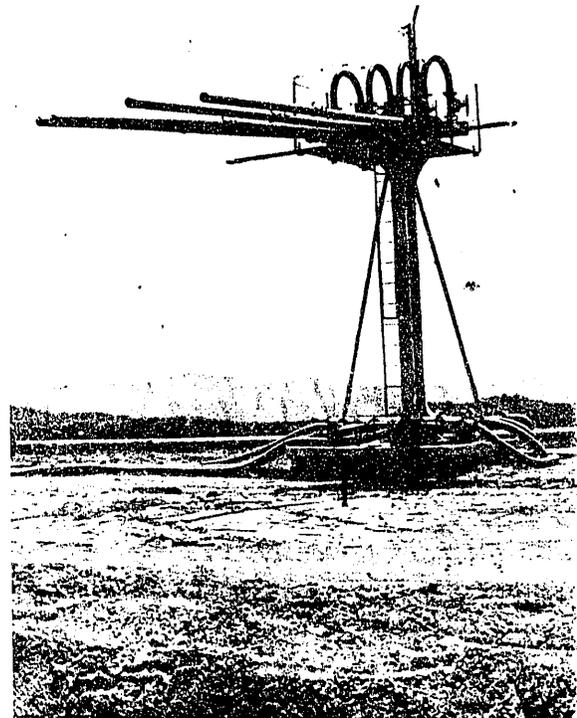
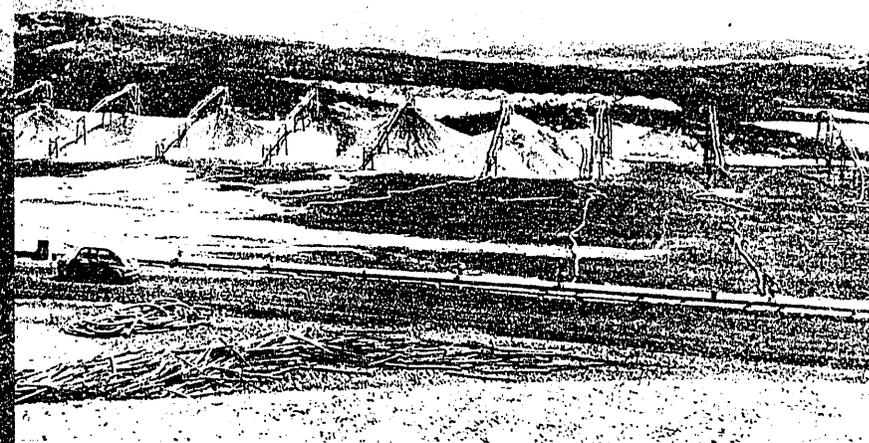
Para aclarar estas posibles dudas —y con indepen-

PRESA DE COBRE
INSTALACIONES RELATIVAS
AL PROCESO DE CICLONADO

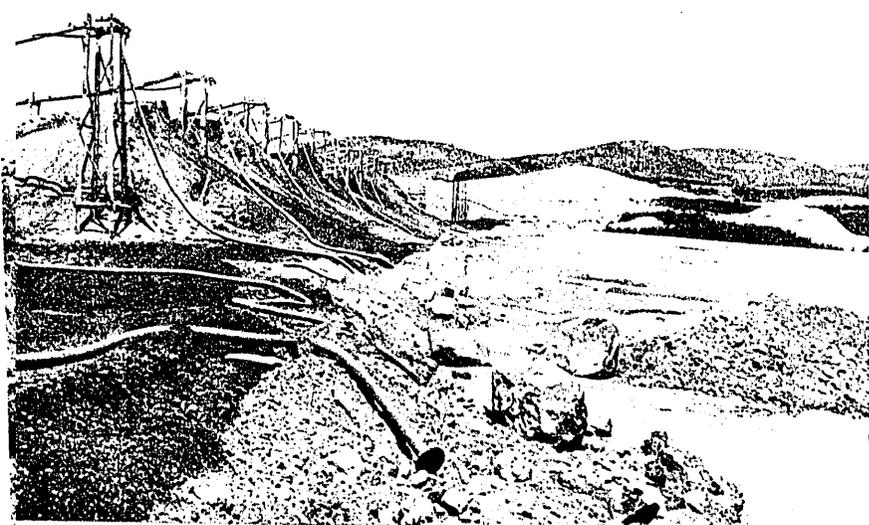
Conducción general



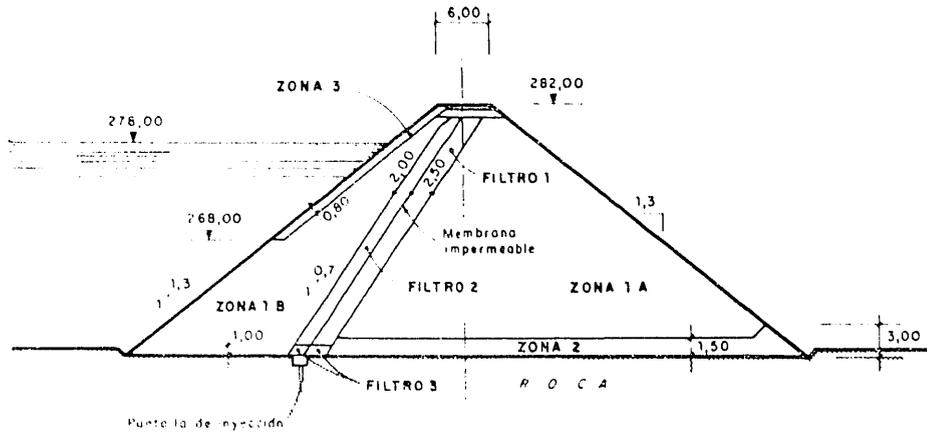
Conducción general



Torre metálica con cuatro ciclos



Derivaciones laterales

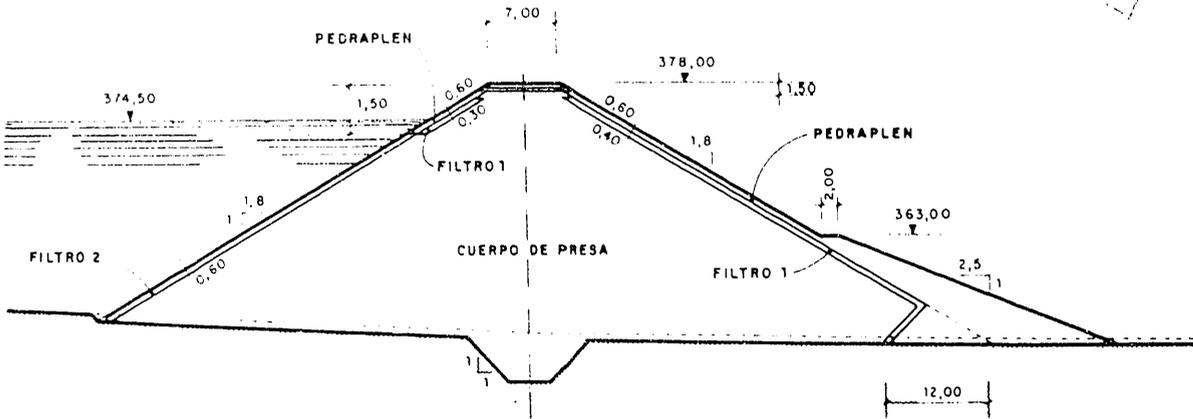


Presa del Odiel. Sección tipo.



ESCALA GRAFICA

COLEGIO INGENIEROS DE CAMINOS
BIBLIOTECA



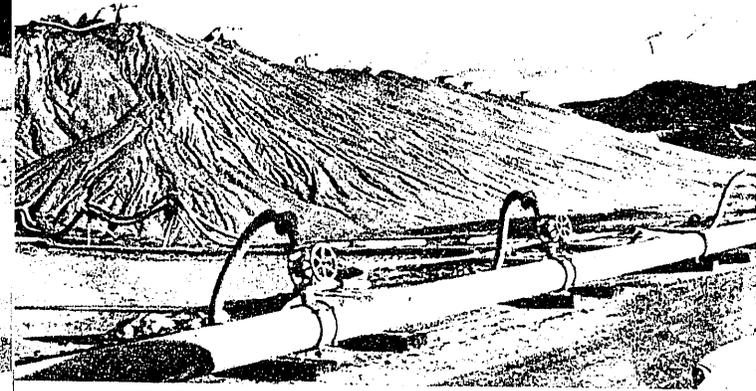
Presa de Agua. Sección tipo.

dencia de que en el presente caso destaca sobre la importancia del cauce receptor la peligrosidad de la contaminación previsible— no todo el coste de la construcción de las presas es imputable a la solución adoptada para el vertido; la excavación y el transporte de los materiales estériles son gastos imputables a la mina y no a la infraestructura hidráulica, a la que sólo puede atribuirse parcialmente el transporte y la compactación de materiales.

Por otra parte, su construcción reduce los gastos de bombeo del agua del Odiel, por las razones de recuperación ya indicadas, y por último, aunque a más largo plazo, queda latente la posibilidad de aprovechar los sedimentos que ahora se depositan en los embalses, para su industrialización, cuando la técnica permita hacer rentable lo que en el momento presente sólo se consideran residuos.

En ninguna de ellas se ha previsto la instalación de *desagües de fondo*. En las presas de Cobre y Gossan, porque serían inútiles por su finalidad específica; el volumen de sedimentos irá creciendo hasta que al término del periodo previsto, los embalses se llenen, respetando el resguardo correspondiente. La de Agua requeriría un túnel muy costoso, y como esta presa se pondrá en carga por los dos paramentos, aun en la hipótesis de su rotura, si bien se perdería el tabique separador entre las aguas frescas del Rejondillo y los vertidos de Gossan, no se alteraría en absoluto la seguridad aguas abajo.

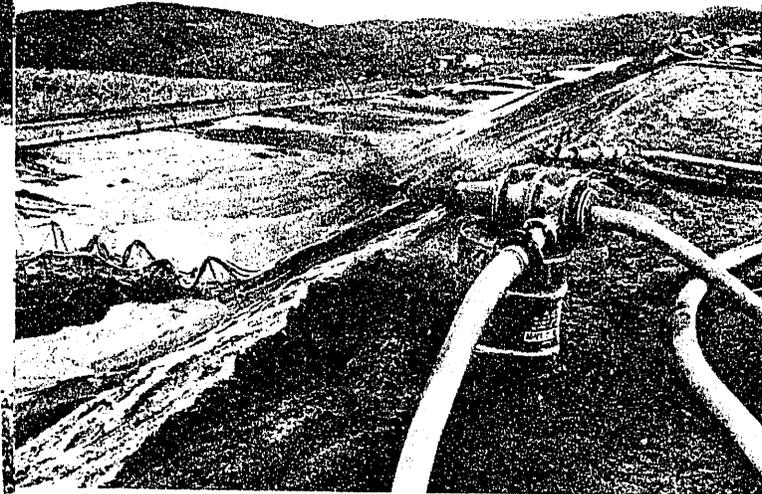
La presa de Agua cuenta con un *aliviadero de superficie*, con la capacidad que corresponde a la avenida de quinientos años, como previene la instrucción española; aliviadero que permite cortocircuitar los caudales sobrantes en el embalse.



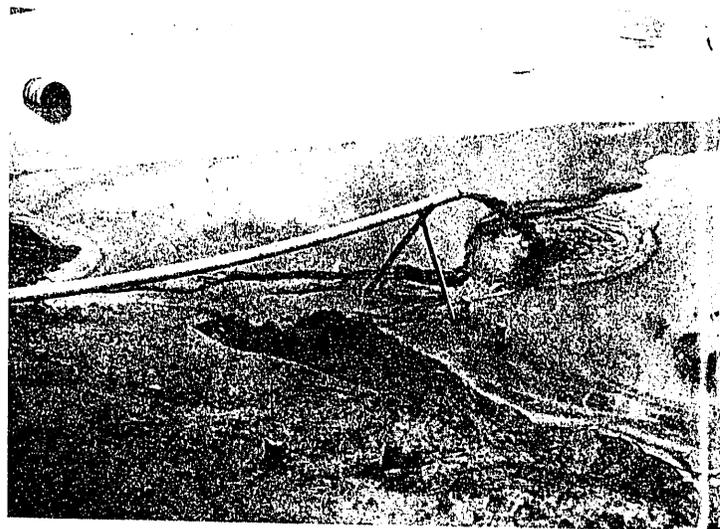
Material grueso separado (vista general)



Material fino



Material grueso (salida del ciclor)



Material fino

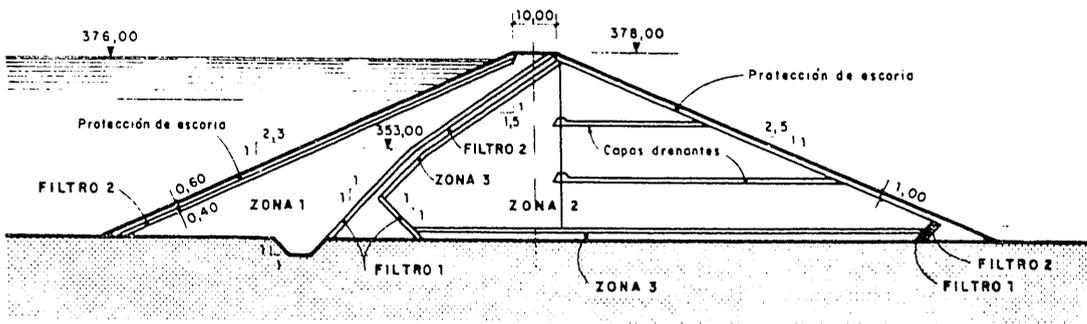
Finalmente, en las presas de Gossan y de Cobre no se consideró precisa la instalación de este elemento, ya que en armonía con su finalidad y según el correspondiente estudio hidrológico, durante la explotación de Cerro Colorado no existe posibilidad alguna de vertido superficial; una vez acabada la explotación, estos embalses llenos de residuos, se siguen comportando como depósitos durante varios años; al cabo de algún tiempo, eliminado ya el problema de la posible contaminación, se puede libremente dar salida a las aguas.

El ritmo de las obras es el punto crucial que enlaza todos los problemas expuestos hasta aquí y justifica, en parte, la solución estructural adoptada para las presas, ya que con él se deben conjugar los siguientes aspectos fundamentales: a) La coordinación con el ritmo de estériles útiles para su construcción. b) La posibilidad de

puesta en obra de tales materiales con la compactación requerida. c) El mantenimiento de los resguardos suficientes entre las cotas del embalse y el perfil resistente de la obra para garantizar la retención de la lluvia máxima previsible sin sobreelevaciones que afectaran a la coronación de la presa.

Resulta claro de lo expuesto que, exceptuando la presa de Agua, que hubo de terminarse antes de comenzar los vertidos, las dos más importantes —Gossan y Cobre— tenían que desarrollarse en régimen continuo de construcción y explotación, acomodado al ritmo simultáneo de producción de los vertidos a retener y del material disponible para constituir el cuerpo de presa.

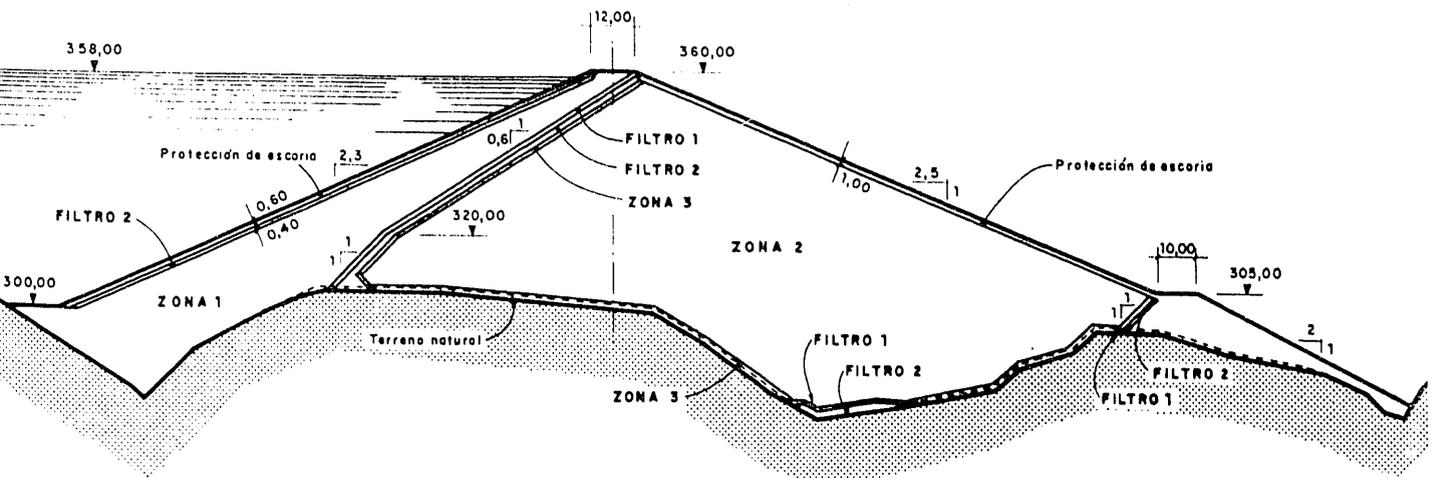
Para lograr con garantía esta finalidad, el núcleo impermeable se proyectó inclinado y próximo al paramento de aguas arriba, ya que de esta manera podía progresar



Presa de Gossan. Sección tipo.



ESCALA GRAFICA



Presa de Cobre. Sección tipo.

el necesario espaldón resistente con las exigencias cambiantes en función del tiempo de la carga hidrostática, sin completar, no obstante, la sección transversal.

En la primera etapa de la explotación de la mina, la montera producía más cantidad de estériles, forzando el ritmo de su colocación, aspecto éste que actuaba favorablemente en cuanto que era necesario, a su vez, una mayor altura de la presa diferencial en relación con la cota de embalse producida por el vertido, ya que el volumen embalsado por unidad de altura resultaba menor.

Las circunstancias concurrentes aconsejaron a la Sociedad Río Tinto Patiño, S. A., la adjudicación de las obras a una importante empresa constructora, que organizó la necesaria actuación simultánea en cuatro frentes: Presas de Odiel y de Agua (en su totalidad) y presas de Gossan y Cobre, hasta alcanzar el resguardo preciso para garantizar la explotación correcta del sistema, aunque disminuyera el ritmo de la puesta en obra por menor producción en la mina, o menor rendimiento de la organización en su segunda fase, ya a cargo de la propia sociedad minera.

Antes de terminar la breve exposición que nos ocupa, queremos resaltar nuevamente una característica de las presas de Agua y Gossan, que se puede apreciar en el esquema 3; y es la de estar en carga por ambos parámetros, siendo producida, además, la carga de aguas abajo por la papilla del vertido. Porque tal circunstancia habrá de ocasionar, sin duda, la ruina de los filtros —que se disponen con carácter tradicional en el espaldón resistente, para drenar posibles filtraciones a través del núcleo impermeable y canalizarlas después aguas abajo de la presa— a medida que suba el nivel del embalse, lo que pudiera ocasionar el consiguiente aumento de presiones intersticiales; para paliar este peligro se han intercalado en el referido espaldón nuevas capas de filtro a diversas alturas, que garantizan la interconexión entre el tapiz filtrante, que se dispone paralelo al núcleo impermeable y el talud de aguas abajo.

SITUACION ACTUAL DE LAS INSTALACIONES

En la actualidad se encuentran totalmente terminadas las presas del Odiel y de Agua; está a punto de alcanzarse la cota de coronación en la presa de Gossan, y en

la de Cobre faltan unos 30 m para llegar a la coronación prevista en el proyecto.

Destaquemos, por último, que en estos momentos se está construyendo la presa por un nuevo sistema: Los estériles procedentes del concentrador son conducidos hidráulicamente, por tubería, hasta la presa y mediante un proceso de ciclonado se separa la fracción fina de la gruesa, yendo esta última a constituir el elemento resistente, conforme se detalla en el trabajo presentado por el Sr. Bezares, en que también se alude al problema asociado al procedimiento de la "licuefacción de las arenas" y las disposiciones adoptadas para evitar este peligro.

En los momentos actuales se están estudiando las posibilidades de recrecimiento del sistema de presas descrito, debido a la posible explotación de nuevas zonas próximas a la de Cerro Colorado.

CONCLUSIONES

De cuanto hemos expuesto, consideramos conveniente destacar por su —a nuestro juicio— indudable interés general, los siguientes aspectos positivos en la resolución satisfactoria del problema que ha constituido el objeto de nuestro comentario:

a) Una encomiable colaboración entre administración y empresa para tratar de conciliar los diversos intereses sociales y particulares, puestos en juego en una explotación de este tipo.

b) La interesante dosificación de esfuerzos, desde el punto de vista constructivo, que han sido concentrados en su primera fase en una empresa constructora especializada, para continuar después desarrollándolos en régimen autónomo.

c) La solución plenamente satisfactoria conseguida para un grave problema de contaminación potencial, incrementando costos, sólo en la parte referente al extendido y compactación de los productos utilizados en la construcción.

d) Y en conexión con el aspecto anterior, la solución también de desviar las aguas no contaminadas a otro cauce distinto, dejando así en cortocircuito los embalses de estériles organizados sobre el tramo de imprescindible ocupación.