

# ALGUNAS IDEAS SOBRE LA CONSERVACION DE OBRAS DE RIEGO

(CONTINUACION)

POR EL ING. JORGE L. TAMAYO

DEL DEPARTAMENTO AGROLOGICO DE LA COMISION NACIONAL DE IRRIGACION

*El primer artículo de esta serie fué publicado en el número de marzo y abril de esta revista (N. R.)*

## CONSERVACION DE ESTRUCTURAS

Tanto en México como en otros países, se dispone de pocos datos aprovechables, en relación con la conservación de las estructuras, en obras de riego. Sin embargo, es frecuente encontrar en publicaciones y memorias, datos y cifras que dan idea de los principales problemas que se presentan.

En la conservación de las estructuras, como en el Distrito en general, se tiene como objetivo el lograr que los costos de conservación anuales sean lo más reducidos posible, que la vida de la estructura se prolongue y, sobre todo, que el servicio no se interrumpa. Para lograr esto, es factor determinante la oportunidad de las reparaciones. Se acepta que cuando se hacen pequeñas reparaciones, inmediatamente que el daño se presenta, el costo total acumulado por este concepto es bastante reducido.

En cambio, cuando sólo se hacen reparaciones hasta el momento en que la estructura está amenazada, resulta que las obras por ejecutar son costosas y, pese a ellas, la estructura queda defectuosa.

Es costumbre generalizada referir los costos de conservación tanto anuales como totales, al costo inicial; generalmente en forma de por ciento, por lo que en las notas siguientes se usará ese criterio.

Ya se ha dicho con anterioridad, que por tratarse de un servicio público, los factores daño directo e indirecto, deben tenerse presentes al analizar cualquier problema en una obra de riego. Es frecuente que, no obstante las buenas condiciones económicas de una construcción, sea necesario modificarla o sustituirla, a fin de eliminar la amenaza de algún riesgo para los usuarios o sus intereses.

Todas estas consideraciones que son notorias en el manejo de un Distrito de Riego, deben tenerse presentes por el proyectista, a fin de elegir estructuras que no lleguen a significar un problema en el futuro.

Parece a simple vista que sería fácil corregir cualquier defecto en la elección de tipo, substituyendo la estructura deficiente por una adecuada; pero eso presenta varios inconvenientes, tales como suspensión o interrupción del servicio, nueva erogación y, en ocasiones, elevados precios unitarios para la nueva estructura ya que generalmente los trabajos de demolición y excavación tienen que hacerse a mano.

*Materiales empleados.*—Las estructuras empleadas en obras hidráulicas se construyen de madera, concreto, mampostería y fierro.

Las de madera son consideradas como provisionales y las otras tres como definitivas, siendo frecuente el caso de que se presenten combinaciones de concreto, fierro y mampostería, con madera. Comunmente, cuando la madera es el material dominante, la estructura es provisional y cuando concurre en parte de la obra, el conjunto se considera definitivo, pero la porción en que intervienen conserva el carácter provisional.

Sin embargo, cabe hacer notar que algunas veces el costo de los materiales modifica criterios establecidos. Tal es el caso que se presentó en la presa de la Angostura, donde el elevado valor de la madera hizo más económica la construcción de un puente provisional de concreto para el tránsito de las vagonetas que transportaban concreto. Esto se debió a la relativa baratura del concreto (ya que se producía en grandes cantidades), y al elevado precio de la madera que tenía que comprarse en los Estados Unidos.

Cada uno de estos materiales presenta características especiales en su conservación y vida útil, que a continuación se analizan:

*Estructuras de madera.*—Las estructuras de madera son muy usadas en las regiones cercanas a los bosques o donde es posible conseguir madera barata; también en las zonas donde la cal, la piedra o el ladrillo son costosos o escasos.

Este material ha sido empleado para construcciones en canales tales como bocatomas, represas, rápidas, caídas, puentes, obras de control y revestimiento; también se ha utilizado para estructuras semejantes en los drenes y, en algunos países, se han llegado a construir pequeñas cortinas de almacenamiento y azudes. Entre nosotros, el uso de la madera está casi limitado para construcción de obras en canales, drenes y en muy pocos casos se utiliza para construir derivaciones.

Casi todos los autores y observadores están de acuerdo en que el costo de reparación de las estructuras de madera, es reduci-

do en la primera cuarta parte de su vida y que en el resto se eleva rápidamente.

Harding (1) considera que el costo anual de mantenimiento puede llegar como máximo hasta un 10% de la inversión inicial y que, al término de la vida útil de una construcción de madera, el total de costo de reparación se aproxima a la primera inversión. A continuación se presenta la tabla que el mismo autor ofrece en su libro citado y que dice es un promedio de las condiciones observadas en obras norteamericanas.

COSTO ANUAL DE CONSERVACION EN PORCIENTO DEL COSTO INICIAL

VALOR MEDIO PARA 1917

Período de uso	Conductos de maderas	Tubería de madera	Estructuras de madera
Primer cuarto de vida. . . . .	0 a 2%	0 a 1%	0 a 3%
Segundo cuarto de vida. . . . .	1 „ 3 „	1 „ 3 „	1 „ 4 „
Tercer cuarto de vida. . . . .	2 „ 5 „	1 „ 4 „	2 „ 6 „
Cuarto final de vida. . . . .	3 „ 8 „	2 „ 6 „	3 „ 8 „

Las condiciones de vida de la madera se encuentran determinadas por la calidad de la madera misma, época del año en que el árbol fué cortado, tratamiento a que se sujetó, tiempo que ha permanecido sin uso, clase de material en que se coloca, condiciones de drenaje o ambiente en que se encuentre, dirección de los cortes en relación a las fibras de la madera, uso de clavos, estacas, empalmes o pijas.

Por lo dicho anteriormente, es difícil precisar la duración de la vida útil de la madera, la cual varía según la región y el peso de los factores ya citados.

La vida de cualquier estructura y particularmente las de madera, está fuertemente influenciada por la calidad de material y el uso a que se le sujeta. Hay ocasiones en que es necesario emplear un material bajo condiciones desfavorables para una

(1) Operation and Maintenance of Irrigation Systems.

buena vida y su deterioro puede considerarse como fracaso por las condiciones de uso o falta de criterio en la selección del material y no precisamente por deficiencia de la madera.

La madera es atacada por un proceso de putrefacción que requiere agua, aire y calor. Cuando los tres elementos concurren (lo que sucede con más frecuencia en las regiones calientes y húmedas), estando el material alternativamente dentro del agua y al aire libre, la putrefacción es violenta. Por el contrario, cuando alguno de los elementos falta permanentemente, el material tiene una larga vida útil.

Generalmente se acostumbra dividir a las obras de arte construidas con madera, en las siguientes clases:

a). Conductos de madera en que el material no está en contacto con el suelo.

b). Tuberías de madera en que el agua circula con más o menos presión y la madera tiene alternativas de sequía y humedad.

c). Estructuras ordinarias de madera en que el material está más o menos en contacto con el suelo o totalmente hincadas en él.

Como debe suponerse, cada uno de los grupos tiene una duración y costo de conservación independiente.

a). Existe un grupo de estructuras muy características que en nuestro medio han sido poco empleadas y que son los puentes canales de madera. Casi están limitados a construcciones rurales de poca importancia. En los Estados Unidos su empleo es más frecuente, particularmente en las zonas madereras.

Con el objeto de prolongar la vida del material en la parte en contacto con el agua, se ha generalizado el uso de pinturas protectoras, con buenos resultados. En los Estados Unidos el período de servicio de un puente canal no excede a 20 años para el pino rojo y el cedro, de 12 a 15 años para el abeto y de 8 a 10 años para el pino. Estas cifras se refieren a las partes de puente canal que no están en contacto con el suelo.

En este mismo país y probablemente por el hecho de ser estructuras de usos privados, algunas veces se trata de sacarle mayor provecho al material y se les ha mantenido en servicio durante un período más prolongado que los antes mencionados, observándose elevados costos de conservación, que más bien hacen prohibitivo su empleo, además de que el servicio que proporcionan es deficiente.

b). En forma similar a como se construyen los barriles usuales para depósitos de líquidos, ha sido posible construir con dula cinchada, con lámina o alambre, conductos que en ocasiones soportan presiones de alguna importancia.

En nuestro país, este tipo de estructuras casi no se usa en obras hidráulicas y parece que sólo se ha aprovechado en obras provisionales, para alcantarillas de caminos. En los Estados Unidos, particularmente en las obras privadas, su empleo es bastante generalizado.

Se ha observado que en condiciones favorables, estas estructuras construidas con cedro rojo o pino rojo (poco empleado en México), tienen una vida de 20 años como límite, con un promedio que oscila de 8 a 10 años.

Las estructuras construidas de abeto tienen una vida máxima de 15 años, mínima de 6 y media de 8 a 10.

Cuando son de pino, la duración máxima es de 10 años teniendo un mínimo de 5 y un valor medio de 6 a 8. (Este es el material que se podría emplear en México.)

Todos los valores anteriores se refieren a condiciones medias principalmente eliminando las alternativas de humedad y sequía y usando madera cruda. Si el terreno es totalmente húmedo o totalmente seco, la condición es favorable, excepto que el terreno sea poroso y dé paso al aire en el segundo caso.

c). En el tercer grupo de estructuras se pueden incluir la mayor parte de las que existen en México.

La madera de construcción más usada es el pino procedente de nuestras Sierras Madres Oriental y Occidental, del Eje Volcánico y la norteamericana de importación. Desgraciadamente el uso de la madera tratada no se ha extendido, de manera que se emplea cruda, teniendo una duración bastante reducida.

En el Distrito de Riego de la Región Lagunera, situado en la cercanía de la región maderera de Durango, los postes de pino sin preparación y enterrados, se encuentran completamente podridos a los 2 años por término medio. Están en terreno arcillo-arenoso y con alternativas de humedad y sequía.

Los pies derechos en los puentes de madera, atravesando canales de irrigación, y apoyados en bases de mampostería, han tenido duración de 5 a 8 años y cosa parecida pasa en la cabeza de las vigas de los techos de edificios, carentes de buena ventilación.

Los puentes para aforos en la misma región, que son vigas Pratt y Warren, salvando claros de 15 a 19 m. y pintados de aceite, han tenido una duración útil de 8 a 10 años, notándose la putrefacción en todas las juntas o ensambles y en las zonas atravesadas por pernos de fierro.

La presa del Cuije que fué construida a fines del siglo pasado, se le dotó de una ataguía de madera, que ha permanecido continuamente dentro de aguas freáticas y que en 1937 se le encontró en buenas condiciones.

En los Estados Unidos, las construcciones de pino de este tipo, tienen una vida de 5 a 10 años, con un valor medio de 6 a 8 años.

*Estructuras de concreto.*—Día a día, los mayores progresos en el cálculo, la experiencia en el diseño, mejoría en los equipos, etcétera, ha hecho que el concreto vaya ganando terreno como material de construcción.

Si a eso se agrega la circunstancia de que el aumento de consumo ha permitido

la fabricación a gran escala del cemento, es posible explicarse la boga creciente del concreto.

El material es de reciente uso en su forma moderna, particularmente en obras hidráulicas, por lo que se tiene poca experiencia respecto a su vida y condiciones de trabajo. Sin embargo, es unánime la opinión en el sentido de considerarlo material prácticamente permanente.

Excepto el deterioro provocado por factores accidentales, hasta la fecha no se conoce un caso en que el material haya fallado, descontando lo acontecido por defectos de fabricación, de cálculo, etc. (1)

Ciertos álcalis dañan al concreto, pero su perjuicio no llega a ser tal que ponga en peligro a la estructura, limitando su acción a una capa exterior. Puede reducirse al mínimo, por medio de pinturas impermeabilizantes que impidan la absorción de álcalis.

Algunos autores consideran que la depreciación de la estructura es originada fundamentalmente por la obsolescencia del diseño o causas accidentales que la deterioren.

La principal causa de obsolescencia se presenta cuando la estructura es insuficiente para servir el área que domina, siendo necesario sustituirla por una construcción de mayor capacidad. En nuestro país, por las condiciones peculiares en que se han tenido que atacar los problemas de riego no hay que temer se presente el caso de falta de capacidad de las estructuras; por el contrario, están holgadas y se han diseñado para satisfacer las actuales condiciones de monocultivo, poca disciplina, etc.

Se considera que al imponerse una mayor disciplina entre los usuarios, acostumbrándolos al ahorro del agua e implantando la diversificación de cultivos que nuestra economía agrícola está pidiendo, el consumo

(1) Parece que sí es sensible a la "cavitación" o sea el vacío instantáneo que se produce al levantar una compuerta. Cuestión aún no estudiada suficientemente, pero que no es de importancia.

de agua por unidad de superficie será menor y las estructuras podrán servir mayores áreas o quedar más holgadas. Es decir, en México no existe el peligro de obsolescencia de estructuras para riego construidas con concreto y puede afirmarse, por lo tanto, que son permanentes.

En otros países se acostumbra dar al concreto 20 a 40 años de vida en obras hidráulicas y 20 en edificios. En obras de arte de caminos la obsolescencia es más rápida, principalmente debido a la rectificación de trazos, ampliación de su anchura, etc.

El costo anual de conservación de una estructura de concreto se mantiene inferior a 2% de la inversión inicial, durante toda su vida.

En los Estados Unidos, donde la amplitud de la oscilación de la temperatura es muy grande, se presenta el problema de que al descenso de ella, el agua de infiltración se congela y al aumentar su volumen rompe el concreto. Para evitarlo se acostumbra aplicar a las superficies expuestas soluciones de alúmina o parafina diluida. En nuestro país, por fortuna, no se presenta esto y sólo en la región extremosa del norte se necesita tomar precauciones en el momento en que se fabrica el concreto.

*Estructuras de fierro.*—Este material es todavía poco empleado en pequeñas estructuras hidráulicas, particularmente en nuestro país.

Puede decirse que sólo se le emplea en las compuertas ya sean de tipo radiales, rectangulares, de deslizamiento o circulares de volteo.

Además, es frecuente encontrarlo en los puentes, puentes-canales, tuberías, acueductos, etc.

En la Comisión Nacional de Irrigación su empleo dentro de las estructuras de canales es restringido, limitándose casi a las compuertas.

El ataque más enérgico que recibe consiste en la formación de orín que aparece rápidamente en las superficies expuestas en presencia del agua o de la humedad, de tal

suerte que es necesario impedir que las superficies de fierro o acero se encuentren al descubierto. Para ello se ha generalizado el empleo de pinturas anticorrosivas, convirtiendo por este hecho al material en permanente.

Teniendo cuidado de estar dando periódicamente las manos de pintura necesarias, el fierro no requiere otro gasto más de conservación. El costo de las manos de pintura depende de la frecuencia con que ésta se aplique, calidad de ella y, sobre todo, de las dimensiones del área que se desee conservar. En general, el gasto de conservación varía de 1 a 4% del costo inicial de construcción.

En nuestro país no existen datos sobre estructuras para riego construidas de fierro, y sólo de algunas tuberías de presión en plantas hidroeléctricas. En el sistema hidroeléctrico de Necaxa al cabo de 35 años de operación, no han sufrido deterioro alguno ni la tubería ni las compuertas, porque se ha tenido cuidado de dar oportunamente la pintura anticorrosiva adecuada, tanto interior como exterior.

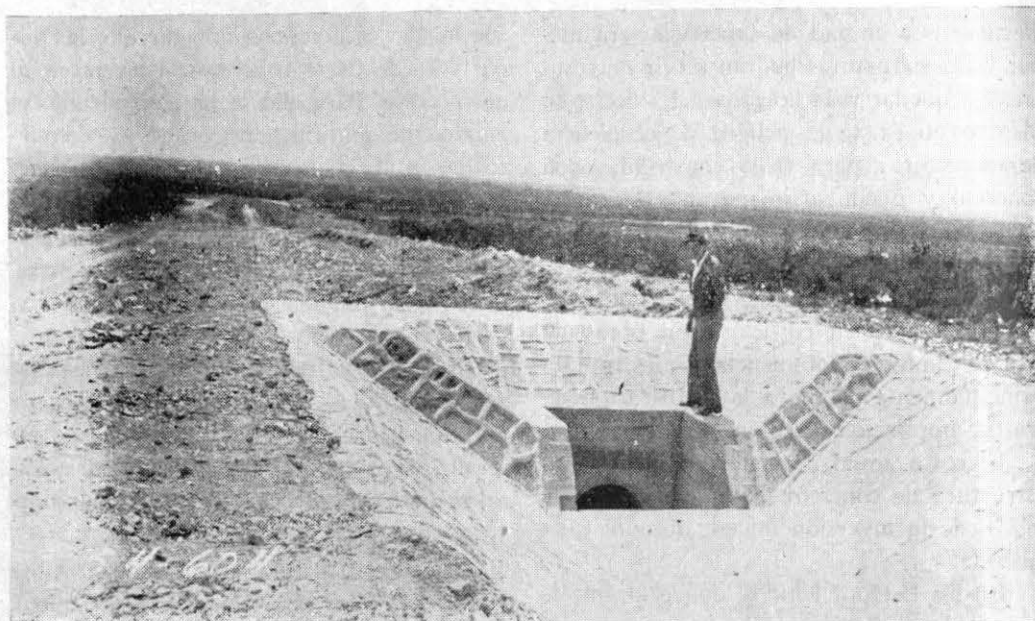
En los Estados Unidos se han observado las siguientes vidas útiles para tuberías de presión.

Con  $\frac{1}{8}$ " de espesor, de 15 a 25 años.

Con  $\frac{1}{4}$ " de espesor, de 25 a 50 años.

Recientemente el "Manual of Practical Construction" reimpresso para Typical Pages of Construction Methods and Equipment, da como costo de la pintura anticorrosiva dólares 0.03 por pie cuadrado y dos manos, correspondiendo a \$ 1.57 m<sup>2</sup>. moneda nacional. Para nuestro país se puede considerar un costo de \$ 1.75 m<sup>2</sup>.

*Estructuras de mampostería de piedra.*—Las construcciones permanentes más antiguas del país fueron construidas con mampostería de piedra y cal. Parece que los artesanos mexicanos adquirieron una mayor soltura y dominio, utilizando este material, por lo que verdaderamente sorprenden las construcciones que aún se conservan, tales



*Distrito de Riego de Don Martín, Coab. y N. L.—Entrada a una rápida entubada, en el lateral Km. 37.6; construida con mampostería de piedra y cal, mostrando un buen acabado, pues se le ha hecho el junteo o emboquillado.*

como puentes, acueductos, cimentaciones en general, partidores y plantillas dentro de las estructuras menores; cortinas de almacenamiento y azudes en las de mayor importancia.

Teniendo cuidado de proteger la superficie expuesta al agua, reponiendo todos los daños por el choque de materiales en suspensión, se han observado muy bajos costos de conservación.

En el Bajío existen construcciones con más de 200 años de vida; lo mismo puede decirse en el Valle de Morelia y en el llamado Valle de México.

En la segunda mitad del siglo pasado se construyeron importantes estructuras en la Región Lagunera con una caliza pesada, de grano compacto y cal de buena calidad. El estado de conservación de estas obras es excelente, no obstante tener hasta 80 años de uso, al grado de que cuando una estructura ha dejado de prestar servicios o se ha destruido por causas exteriores, la piedra que la formaba se ha utilizado con ventaja, en la construcción de cualquiera otra estructura.

Puede afirmarse que si la piedra que se utiliza es compacta y no se altera por la influencia del agua, la vida de la construcción depende de la resistencia del mortero, oscilando de 10 hasta 200 años.

En los lugares donde los materiales, cal y piedra sean baratos pueden substituir con ventaja al concreto, particularmente en las regiones donde los operarios y peones aún no se familiaricen con la fabricación del concreto, pues la mala preparación de las mezclas es una de las principales causas de fracaso de las construcciones de concreto.

Debe tenerse cuidado de inspeccionar periódicamente la estructura y corregir todos los defectos que se hayan presentado. El más común consiste en la desintegración del mortero expuesto a la intemperie, lo que conviene contrarrestar haciendo los resanes correspondientes y "emboquillados" frecuentes.

Así también, cuando se observa que parte de la estructura presenta grietas o fracturas, es recomendable hacer un estudio de las condiciones de estabilidad y ejecutar las adiciones necesarias, rellenando las grie-

tas. A veces se requiere demoler parte de la obra y sustituirla por nueva mampostería. En este último caso, debe tenerse cuidado de procurar que la antigua y la nueva mampostería liguen.

*Estructuras de mampostería de ladrillo.*— En las regiones arcillosas, donde es posible fabricar ladrillos de buena calidad, las construcciones con este material se han estado ejecutando con buen éxito desde la época colonial. También es posible encontrar en el Bajío estructuras actualmente en uso construidas con ladrillo y cal, con vidas superiores a 100 años.

La duración de una construcción empleando ladrillo y cal depende de la bondad de los materiales. Hay regiones ya citadas, donde la cal es de buena calidad, pero la presencia de sales en los depósitos utilizados para fabricar el ladrillo, hace que la composición del material cocido no sea correcta y por efecto de la humedad, al cabo

de 25 ó 30 años, el ladrillo se desintegre y aun se reduzca a polvo.

El canal La Perla, de la Región Lagunera, atraviesa la ciudad de Torreón, cubierto con una bóveda de ladrillo que se construyó a principios del siglo y que en el presente año ha comenzado a derrumbarse por la destintegración del ladrillo, estando en buenas condiciones el mortero. Es conveniente hacer notar que como la bóveda está colocada en la parte superior y el canal no ha trabajado como tubo forzado, el ladrillo ha sufrido alteración exclusivamente por la humedad y no por el contacto del agua.

La vida probable para las estructuras de ladrillo es variable, por las razones ya citadas, pero se acepta como mínimo 25 años y como mayor medio probable 50 años.

Por ello se recomienda una vigilancia cuidadosa para ejecutar inmediatamente las reparaciones necesarias y a veces la sustitución de la estructura.



*Distrito de Riego de la Región Lagunera.—Vista de la bóveda del túnel de La Perla que cruza la ciudad de Torreón y que recientemente se ha hundido en algunos sitios, por pulverización del ladrillo.*

Prácticamente no tiene gastos de conservación, excepto el arreglo de la superficie cuando sirve de conducto o se le desea impermeabilizar, no llegando al 1% del costo inicial.

*Mampostería de piedra seca.*—Tanto para obras temporales en los canales, como permanentes en los drenes, se ha usado con frecuencia la mampostería seca ya sea acomodada o tirada, llamándose en este último caso enrocamiento. El tamaño del material empleado depende de los usos que se le den, así como el acabado de la mampostería.

En canales y estructuras definitivas se emplea como protección auxiliar, elástica, porque puede seguir los movimientos del terreno en los casos de ataque de los elementos. Sólo en casos aislados, como la protección de la entrada de un arroyo a un canal, el enrocamiento constituye unidad constructiva. Fuera de éstos, la construcción de piedra seca siempre es complemento de la ejecutada con otros materiales.

En los drenes, su importancia es mayor, particularmente por la necesidad de que algunas protecciones y revestimientos sean permeables, para no evitar el escurrimiento de las aguas infiltradas en el terreno, así como reducir su costo.

Dentro de los drenajes, si es frecuente que constituyan unidad constructiva independiente como caída, rápida, defensa, alcantarilla, etc.

En las obras de defensa en corrientes, como veremos más tarde, se presenta un caso especial de mampostería de piedra seca que consiste en diques de este material, cubiertos con alambrados o telas de alambre, para evitar que el agua los arrastre.

Es una técnica barata de construcción, pero de aplicaciones restringidas. Su precio depende fundamentalmente de la mayor o menor facilidad de adquirir piedra.

*Elección del material adecuado para una estructura.*—Este es un problema que no sólo se presenta al proyectista, sino que también, con frecuencia, se plantea a la administración de un Distrito de Riego.

La amplia literatura al respecto presenta diversas consideraciones de tipo económico, que pretenden fijar un criterio para seleccionar el material conveniente. Por ejemplo, comparando estructuras de maderas y de concreto, se recomienda hacer un estudio económico que permita investigar las relaciones de las inversiones originales, que pueden dar al cabo de cierto tiempo un igual costo total de inversión y mantenimiento.

Como estas elucubraciones de tipo teórico, al llevarlas a la práctica no siempre han dado resultado, se han estado desarrollando una serie de criterios generales para resolver la cuestión.

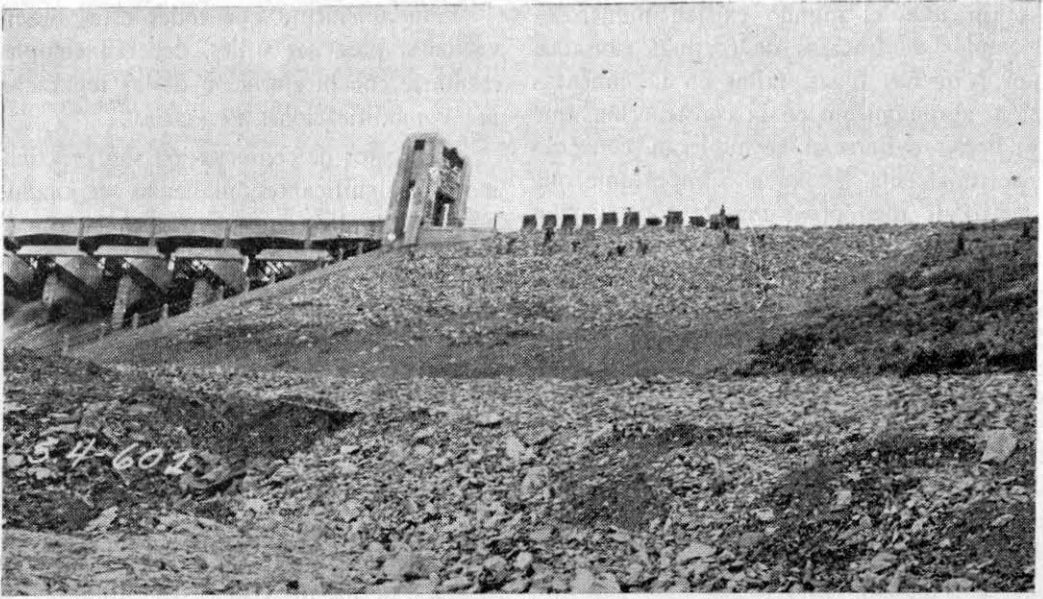
En los Estados Unidos, el Reclamation Service ha sustentado la opinión de que sobre los canales principales de servicio continuo las estructuras deben ser de materiales permanentes, eligiendo dentro de éstos, el de costo más reducido en la región.

En la Comisión de Irrigación, el ingeniero consultor Andrew Weiss ha sostenido el mismo criterio, de tal suerte que en los canales principales y aun laterales de servicio continuo, las estructuras son permanentes y sólo en los secundarios y regaderas se construyen de madera.

Este criterio es todavía más justificado en México, porque no hay temor de obsolescencia de las obras, como se explicó al hablar del concreto.

Con relación a las estructuras de drenaje, más tarde se verá que los drenes se van construyendo por etapas, modificando frecuentemente sus dimensiones a causa de la poca precisión de los factores que intervienen en su diseño, lo que impide prever su capacidad y funcionamiento. Por esta circunstancia se ha generalizado el criterio de que sean estructuras provisionales de madera o de mampostería seca.

En los pocos casos en que se construyeron en forma definitiva, como ocurrió en el Distrito de Riego del río Conchos, al tener que ampliar el dren, quedaron inutilizadas las estructuras.



*Distrito de Riego de Don Martín, Coab. y N. L.—Protección del talud de aguas abajo de la cortina, con enrocamiento que se arroja desde la corona de las vagonetas que lo traen de la pedrera. Posteriormente se le da un rápido acomodo a mano.*

## ALMACENAMIENTOS

En conjunto, la vida de un almacenamiento no depende de la estructura en sí, sino de las condiciones hidrológicas de la cuenca, particularmente del material sólido que se deposita, salvo en los casos de deficiente construcción, mala cimentación o insuficiencia del vertedor, etc.

La cortina, obra de toma, vertedor, etc., contruidos de diversos materiales, son permanentes, suponiendo que han sido diseñados en forma adecuada para dar buen servicio.

Aparentemente las obras del almacenamiento no requieren gastos de conservación, como no sean pequeñas reparaciones de detalle y de muy poco costo. Sin embargo, es muy importante considerar que la mayor garantía de la existencia eficiente del almacenamiento, depende de una vigilancia cuidadosa para evitar que desperfectos insignificantes se conviertan en peligro para la construcción.

Así, en la presa Don Martín, en el extremo izquierdo de la cortina se presenta-

ron filtraciones de importancia por la existencia de mantos yesosos. Afortunadamente la observación permanente que se había establecido, permitió conocer su existencia, localización e importancia, procediéndose inmediatamente a la aplicación de una serie de inyecciones que obturaron fugas.

En la presa de Requena, construida aguas arriba y en las inmediaciones de Tula, se observaron filtraciones de importancia dentro de la cortina y en las estructuras geológicas de apoyo. Como la cortina se construyó de tierra con un corazón celular de mampostería reforzada, se temió se presentara algún accidente que sería de grande importancia por la cercanía de la población de Tula, Hgo.

Un programa de observaciones cuidadosas de las filtraciones, de sondeos del material de la construcción y de las estructuras geológicas de apoyo, permitieron ver con mayor confianza la cortina, reanudando el servicio que por precaución se había suspendido, durante los años de 1938 y 1939.

En todo el mundo existen numerosos ejemplos de fracasos de cortinas causados por pequeñas fugas, fallas en la cimentación, agrietamiento en la construcción, que pudieron evitarse si se hubieran conocido oportunamente. Es por ello importante que dentro de todo programa de conservación de obras de riego, se incluya una vigilancia cuidadosa del almacenamiento que consistirá en observación hidrométrica de las filtraciones, tanto en la cortina como en los terrenos vecinos; reconocimiento periódico de las condiciones de los materiales y del grado de conservación en que se encuentran los mecanismos de la obra de toma, vertedores, etc.

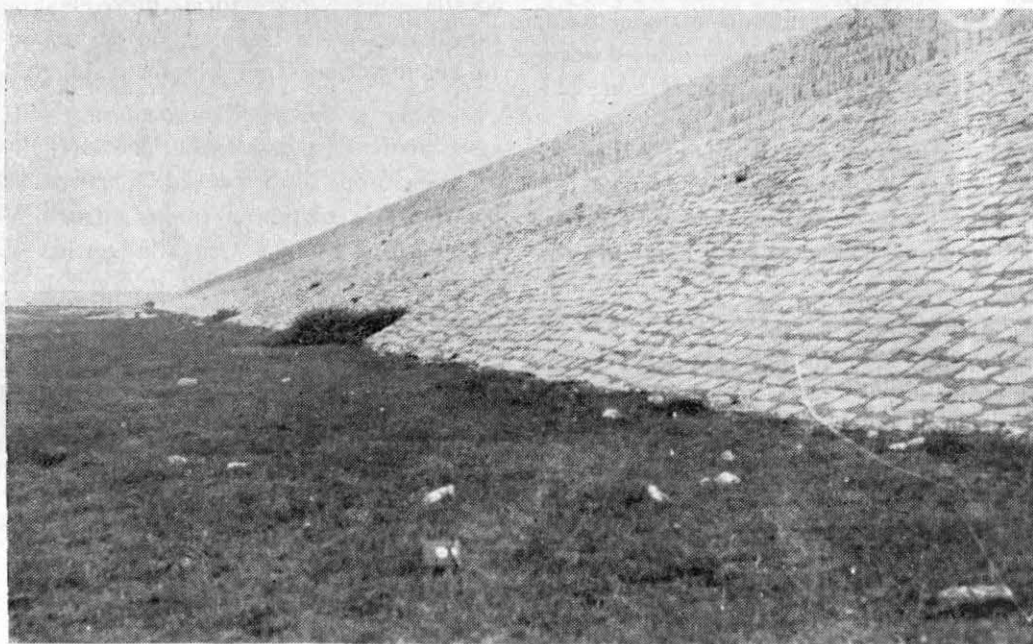
Algunos vertedores están dotados de pesadas compuertas que se manejan con malacates, como ocurre en la presa Presidente Rodríguez, del río Tijuana. En estos casos, es muy conveniente que con frecuencia se hagan simulacros de operación con el objeto de tener la seguridad de que los mecanismos están al corriente y poder corregir los defectos que se presenten.

Indudablemente que todas estas observaciones, para ser útiles, deberán complementarse con la ejecución de las reparaciones y modificaciones necesarias.

Los costos de conservación son prácticamente insignificantes, pudiendo ser cuando más de 0.1 al millar por año en cuanto al valor de las observaciones y rara vez de 1 o 2 al millar por año, cuando se tienen que ejecutar algunas obras de reparación sencillas que pueden quedar incluidas dentro del concepto de conservación.

Ya se dijo que el factor decisivo para la vida del vaso consiste en la cantidad de azolves; de tal suerte que es de recomendarse levantamientos periódicos de la capacidad del vaso, con el objeto de conocer el valor de los materiales depositados y de este modo tener una referencia precisa que permita mantener, reducir o intensificar el programa de control de los torrentes que alimentan las corrientes que llevan el agua al vaso.

En nuestro país, la mayor parte de los vasos en operación son de reciente cons-



*Distrito de Riego de Don Martín, Coab. y N. L.—Vista del talud mojado del dique auxiliar Este de la presa de Don Martín. Está protegido con mampostería junteada con cemento.*

trucción, por lo que no se tienen datos suficientes respecto a los azolves depositados.

Sin embargo, se conocen algunos casos concretos de almacenamiento que fueron colmados por arrastres. De la época colonial se menciona la Presa del Rey, construida sobre el río Teotihuacán en las inmediaciones del poblado de Acolman, entre 1604 y 1616, pretendiendo regularizar las aguas del río y que obligó a cambiar el asiento del pueblo. Ya para 1833 estaba en tan malas condiciones, que el Gobierno la abandonó y para 1856, estaba completamente inutilizada. "El asiento del desaparecido pueblo de Acolman está convertido en sementeras".

Como ejemplo más reciente, cabe mencionar la presa de Dolores sobre el arroyo del mismo nombre, en la Cuenca de México, que en unos cuantos años se aterró.

El vaso de Yuriria se construyó en 1548; a la fecha está sumamente azolvado, al grado que prácticamente ha perdido sus condiciones de almacenamiento.

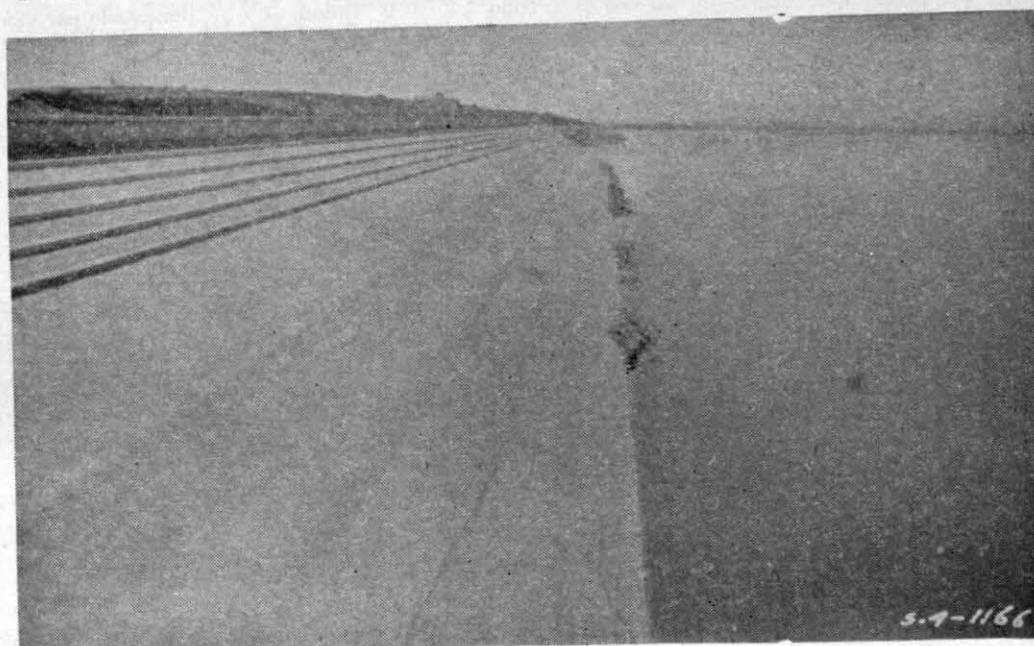
La presa de San José, que abastece de agua potable a la ciudad de San Luis Po-

tosí, se construyó en la última década del siglo pasado y muestra un avanzado proceso de azolvamiento. Provista de una compuerta desarenadora, se dejó de operar en los primeros años y, posteriormente, ya no fué posible abrirla.

En el sistema hidroeléctrico de Necaxa, en vista de que la cantidad de azolve que se ha depositado en los vasos de la Compañía, en la región de Necaxa es insignificante, no se han llevado registros de observaciones.

En general el sistema comenzó a operarse de 1904 a 1906 y no se ha observado una reducción de importancia en los vasos. Parece se debe al hecho de que las presas de Laguna y los Reyes están construidas sobre arroyos insignificantes y la alimentación de ellas se hace por canales que derivan agua de los ríos Necaxa y Cazones. Las presas de Nejapa y Tenango también están alimentadas por una derivación del río Laaxalpa.

La presa de Necaxa, que es la cabeza del sistema, tampoco presenta azolve por el hecho de que varios kilómetros aguas



*Distrito de Riego de Don Martín.—Protección con losa reforzada de concreto de 0.20 a 0.28 m. de espesor.*

arriba de su cola, el río tiene una pendiente muy suave y en él se depositan los arrastres.

En cambio, en las presas de derivación, los depósitos de material sólido son muy abundantes, al grado de que ha sido necesario modificar las dimensiones de sus desarenadores. Con este fin, recientemente se hicieron ampliaciones en la presa de Laxaxalpa. Se ha observado que la mayor cantidad de azolve baja con las primeras avenidas.

La deforestación de la cuenca ha sido bastante intensa. En la del río Necaxa, sobre todo en sus partes altas, se fabrica carbón en grandes cantidades. Parece que en la del río Laxaxalpa, por falta de comunicaciones el desmonte ha sido menor.

No obstante lo anterior, se ha estimado que el azolve es más abundante en la región de Zacatlán, que en la de Necaxa. Se atribuye esto, a la circunstancia de que el río Necaxa tiene la mayor parte de su lecho en roca basáltica de grano fino, que es poco atacable.

T A B L A 6

AZOLVES OBSERVADOS EN VASOS PROPIEDAD DE DIVERSAS INSTITUCIONES PARTICULARES

Vaso	Periodo observado	Capacidad total m <sup>3</sup>	Volumen depositado m <sup>3</sup>	% de capacidad perdida	Condiciones de la cuenca	OBSERVACIONES
Sistema hidroeléctrico de Necaxa. (Cía. Mex. de Luz y Fuerza Motriz, S. A.)						
Necaxa, Pue. (Reg. Necaxa)	1905-1935	43 000 000	1 100 000	2.56	Bosque 60% Pastal 30% Cultiv. 10%	Localizado sobre la corriente principal. Río Necaxa.
Tenango, Pue. (Reg. Zacatlán)	1905-1935	43 000 000	Nulo	0.0	Bosques 60% Pastal 30% Cultiv. 10%	Alimentado por la presa Nexapa.
Nexapa, Pue. (Reg. Zacatlán)	1905-1935	16 000 000	Nulo	0.0	Bosque 40% Pastal 40% Cultiv. 20%	Alimentado por una derivación del río Laxaxalpa.
Laguna, Pue. (Reg. Necaxa)	1905-1935	43 000 000	Nulo	0.0	Bosque 60% Pastal 30% Cultiv. 10%	Alimentado por derivación del río Cazones.
Los Reyes, Pue. (Reg. Necaxa)	1905-1935	26 000 000	Muy reducido	0.0	Bosque 100%	Alimentado por derivación del río Necaxa.
Cía. de Tlanvías, Luz y Fuerza de Puebla. S. A.						
Tuxpango, Ver.	1923-1940	1 600 000	850 000 (1)	53.0	Forestada	Cabeza de la planta hidroeléctrica construida sobre el río Blanco.
Cía. Agrícola y de Fuerza Eléc. del Río Conchos, S. A.						
Boquilla, Chih.	1916-1940	2443 000 000 (2)	160 000 000	2.9	Forestada en la parte alta. Árida en las cercanías del vaso.	Cabeza de la planta de la Boquilla, construida sobre el río Conchos.

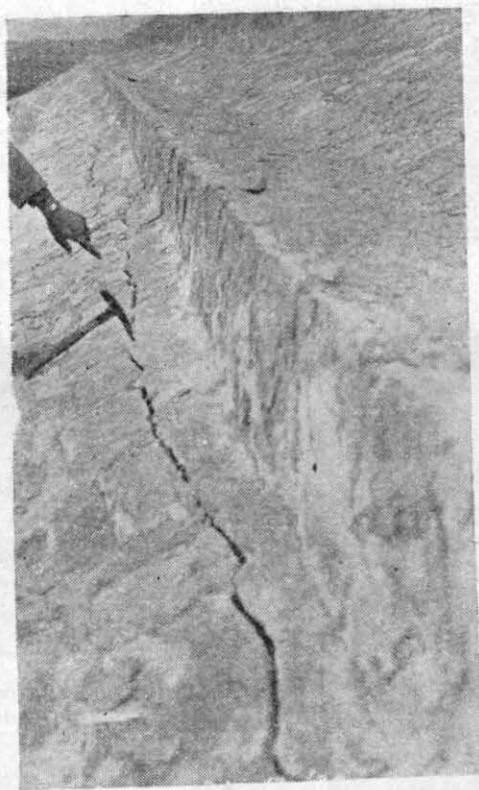
(1) 50 000 m<sup>3</sup> de azolve medio anual. Ha sido necesario extraer los azolves, con draga de succión.

(2) Volumen utilizable 2 525 000 000 m<sup>3</sup>.

En Tepuxtepec, la deforestación también ha sido intensa. En los primeros años, se hizo muestreo del agua y se midió el material sólido retenido por el filtro. Se obtuvo como valor máximo 2.4 de azolve

por 1 000, en peso; 1.2 por 1 000 en volumen.

Se hizo una estimación rápida tomando como valor medio 1.0 por 1 000 en volumen, resultando que para la capacidad de



*Distrito de Riego de Don Martín, Coah. y N. L. Grieta en la mampostería del talud mojado del dique Este, originada por el asentamiento de la terracería. La separación máxima es de 7.5 cm.*

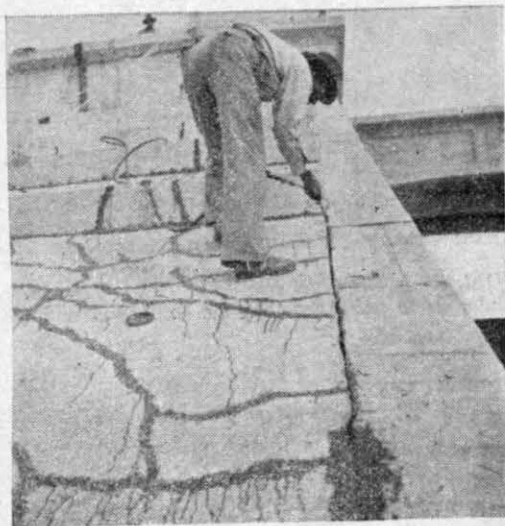
500 millones de metros cúbicos (que primero se proyectó) el azolvamiento total del vaso se presentaría en 800 años. Para la capacidad actual de 370 millones de m<sup>3</sup> el azolvamiento total se presentaría al cabo de 600 años aproximadamente. Esta estimación se basó en la hipótesis de que todo el azolve que llega quedará depositado en el vaso y que las aguas salieran limpias, lo que no sucede.

La acción de las olas es un elemento que ataca el talud mojado de la cortina; cuando éste es de concreto armado, no le afecta; pero si se ha construido de mampostería, tierra o enrocamiento, será necesario estar haciendo reparaciones constantemente.

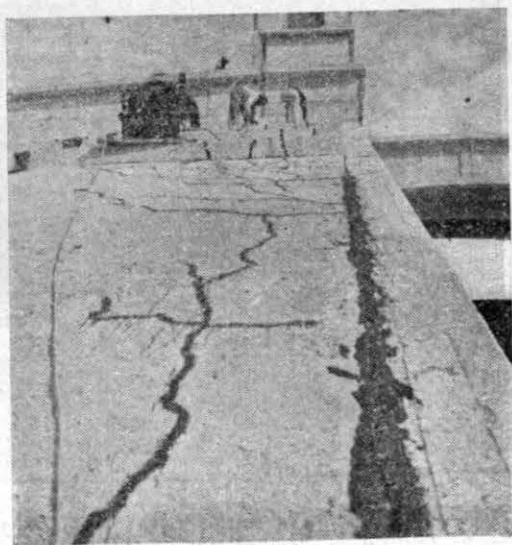
Cuando es de mampostería el golpe de las olas ataca el mortero, por lo que conviene aprovechar la temporada en que el

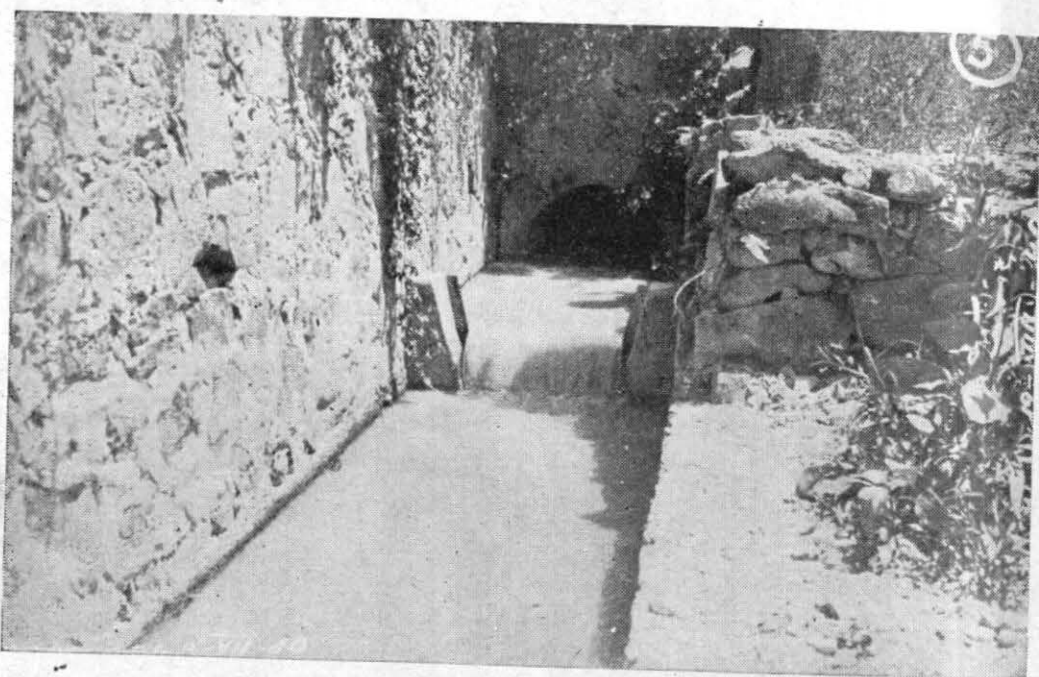
embalse está bajo para resanar la cara mojada y de ser posible emboquillar las juntas con cemento.

En los casos en que la cortina sea de tierra o mixta, el talud mojado se provee de roca tirada de grandes dimensiones. En ocasiones, las condiciones locales pueden hacer que la intensidad de las olas sea mayor que la prevista, obligando a colocar roca de mayores dimensiones a la empleada. De todos modos el golpe constante de las olas

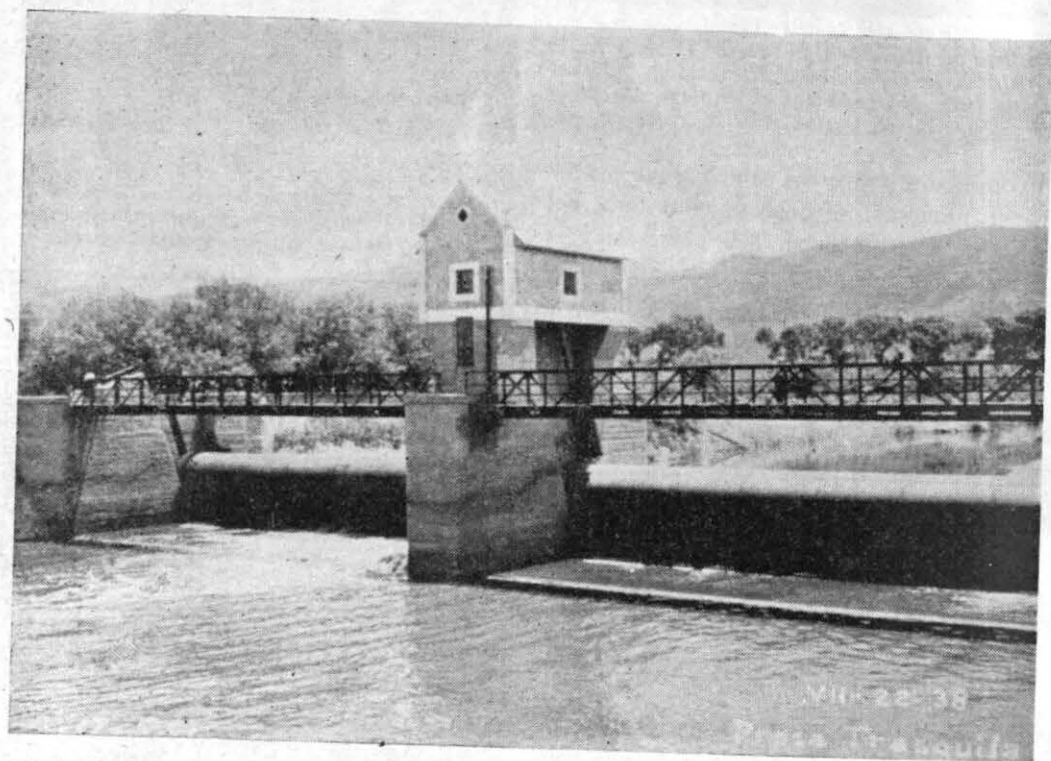


*Distrito de Riego de Don Martín, Coah. y N. L. Grietas en el contacto de la losa con el muro de cabeza, que se rellenaron con un preparado asfáltico, aplicado a presión, llamado Laycold.*





*Distrito de Riego del Río Tula, Hgo.—Vertedor colocado para aforar las filtraciones en el muro celular de la presa Requena. La fotografía se tomó el 19 de agosto de 1940, cuando se tenía un gasto de 16 litros por segundo.*



*Distrito de Riego de la Región Lagunera, Coab. y Dgo.—Presa de Trasquila. Azud móvil, de tambores, de fabricación alemana que ha funcionado satisfactoriamente. La vista es hacia aguas arriba.*

**T A B L A 7**  
**COMISION NACIONAL DE IRRIGACION**  
**DISTRITO DE RIEGO DE LA REGION LAGUNERA**

**GASTOS DIRECTOS DE CONSERVACION OBSERVADOS EN LAS PRESAS DE DERIVACION Y BOCATOMAS QUE SIRVEN. (AZUDES)**

NOMBRE DE LA PRESA	TIPO	COSTO INICIAL (1)	MOTIVO DE LA EROGACION (2)	1937			1938			1939			1940			GASTOS DE CUATRO AÑOS			
				Erogación	Porcentaje del Costo Inicial (3)	Porcentaje corregido del Costo Inicial (4)	Erogación	Porcentaje del Costo Inicial	Porcentaje corregido del Costo Inicial	Erogación	Porcentaje del Costo Inicial	Porcentaje corregido del Costo Inicial	Erogación	Porcentaje del Costo Inicial	Porcentaje corregido del Costo Inicial	Erogación	Porcentaje acumulado del Costo Inicial	Porcentaje promedio del Costo Inicial	Porcentaje corregido del Costo Inicial
RIO NAZAS SAN FERNANDO.....	FIJO.—Mampostería....	\$ 206 500.00	CONSERVACION.....	\$ 4 733.99	2.29	1.93	5 854.00	2.84	2.25	792.71	(5)0.34	0.27	662.02	0.28	0.22	12 042.72	5.75	1.44	1.15
			VIGILANCIA.....	4 450.08	2.16	1.82	1 537.50	0.74	0.59	1 076.22	0.46	0.36	1 142.16	0.49	0.38	8 205.96	3.85	0.96	0.77
			Total.....	9 184.07	4.45	3.75	7 391.50	3.58	2.84	1 868.93	0.80	0.63	1 804.18	0.77	0.60	20 248.68	9.60	2.40	1.92
SANTA ROSA.....	FIJO.—Mampostería....	130 000.00	CONSERVACION.....	(6) 23 313.58	17.93	15.11	639.92	0.49	0.39	.....	0.00	0.00	455.11	0.35	0.27	24 408.61	18.78	4.70	3.76
			VIGILANCIA.....	3 453.51	2.66	2.24	2 576.37	1.98	1.57	1 427.00	1.10	0.87	2 102.87	1.62	1.27	9 559.75	7.35	1.84	1.47
			Total.....	26 767.09	20.59	17.35	3 216.29	2.47	1.96	1 427.00	1.10	0.87	2 557.98	1.97	1.54	33 968.36	26.13	6.54	5.23
CALABAZAS.....	FIJO.—Mampostería....	230 000.00	CONSERVACION.....	9.60	0.00	0.00	593.84	0.26	0.21	149.51	0.07	0.05	42.96	0.02	0.02	795.91	0.35	0.09	0.07
			VIGILANCIA.....	2 322.34	1.01	0.85	2 930.05	1.27	1.01	2 104.46	0.91	0.72	3 300.64	1.44	1.12	10 657.49	4.63	1.16	0.93
			Total.....	2 331.94	1.01	0.85	3 523.89	1.53	1.21	2 253.97	0.98	0.77	3 343.60	1.46	1.14	11 453.40	4.98	1.25	1.00
COYOTE.....	FIJO.—Mampostería....	270 000.00	CONSERVACION.....	6 484.03	2.40	2.02	.....	0.00	0.00	.....	0.00	0.00	44.85	0.02	0.02	6 528.88	2.42	0.61	0.49
			VIGILANCIA.....	2 543.32	0.94	0.79	2 129.02	0.79	0.63	2 327.07	0.86	0.68	5 668.39	2.10	1.64	12 667.80	4.69	1.17	0.94
			Total.....	9 027.35	3.34	2.81	2 129.02	0.79	0.63	2 327.07	0.86	0.68	5 713.24	2.12	1.66	19 196.68	7.11	1.78	1.43
CUIJE.....	FIJO.—Mampostería....	420 000.00	CONSERVACION.....	156.76	0.04	0.03	338.54	0.08	0.06	8 822.29	2.10	1.65	5 406.78	1.29	1.01	14 724.37	3.51	0.88	0.70
			VIGILANCIA.....	2 492.65	0.59	0.50	1 680.82	0.40	0.32	452.87	0.11	0.09	1 821.08	0.43	0.34	6 447.42	1.54	0.39	0.31
			Total.....	2 649.41	0.63	0.53	2 019.36	0.48	0.38	9 275.16	2.21	1.74	7 227.86	1.72	1.35	21 171.79	5.04	1.27	1.01
GUADALUPE.....	MOVIL.—Agujas.....	942 000.00	CONSERVACION.....	(7) 21 658.48	2.30	1.94	619.81	0.07	0.05	1 587.30	0.17	0.13	1 729.46	0.18	0.14	25 595.05	2.72	0.68	0.54
			VIGILANCIA.....	8 118.09	0.86	0.72	3 261.01	0.35	0.28	3 017.43	0.32	0.25	4 668.56	0.50	0.39	19 065.09	2.02	0.51	0.41
			Total.....	29 776.57	3.16	2.66	3 880.82	0.42	0.33	4 604.73	0.49	0.38	6 398.02	0.68	0.53	44 660.14	4.74	1.19	0.95
TRASQUILA.....	MOVIL.—Tambor.....	373 067.37	CONSERVACION.....	137.66	0.04	0.03	3 339.35	0.90	0.71	5 269.60	1.41	1.11	151.40	0.04	0.03	8 898.01	2.39	0.60	0.48
			VIGILANCIA.....	2 365.90	0.63	0.53	1 689.01	0.45	0.36	1 573.61	0.42	0.33	1 846.80	0.50	0.39	7 475.32	2.00	0.50	0.40
			Total.....	2 503.56	0.67	0.56	5 028.36	1.35	1.07	6 843.21	1.83	1.44	1 998.20	0.54	0.42	16 373.33	4.39	1.10	0.88
SAN PEDRO.....	MOVIL.—Agujas.....	320 000.00	CONSERVACION.....	821.70	0.26	0.22	10.84	0.00	0.00	578.62	0.18	0.14	360.13	0.11	0.09	1 771.29	0.55	0.14	0.11
			VIGILANCIA.....	2 637.70	0.82	0.69	1 920.86	0.60	0.48	1 284.79	0.40	0.34	1 740.67	0.54	0.42	7 584.02	2.37	0.59	0.47
			Total.....	3 459.40	1.08	0.91	1 931.70	0.60	0.48	1 863.41	0.58	0.48	2 100.80	0.65	0.51	9 355.31	2.92	0.73	0.58
COLONIA.....	MOVIL.—Agujas.....	275 000.00	CONSERVACION.....	291.70	0.10	0.08	2 696.83	0.98	0.78	963.86	0.35	0.28	25.44	0.01	0.01	3 977.83	1.45	0.36	0.29
			VIGILANCIA.....	2 824.05	1.03	0.87	1 037.63	0.38	0.30	916.04	0.33	0.26	1 251.36	0.46	0.36	6 029.08	2.19	0.55	0.44
			Total.....	3 115.75	1.13	0.95	3 734.46	1.36	1.08	1 879.90	0.68	0.54	1 276.80	0.47	0.37	10 006.91	3.64	0.91	0.73
PRESA DE SAN MARCOS.....	MOVIL.—Tambor.....	275 000.00	CONSERVACION.....	.....	0.00	0.00	.....	0.00	0.00	13.50	0.00	0.00	.....	0.00	0.00	13.50	0.00	0.00	0.00
			VIGILANCIA.....	154.29	0.06	0.05	1 236.70	0.45	0.36	1 584.63	0.58	0.46	3 507.17	1.28	1.00	6 482.79	4.15	1.04	0.83
			Total.....	154.29	0.06	0.05	1 236.70	0.45	0.36	1 598.13	0.58	0.46	3 507.17	1.28	1.00	6 496.29	4.15	1.04	0.83
RIO AGUANAVAL SOMBRERETILLO.....	FIJO.—Mampostería....	(8) 50 000.00	CONSERVACION.....	2 034.81	4.07	3.43	.....	0.00	0.00	.....	0.00	0.00	.....	0.00	0.00	2 034.81	4.07	1.02	0.82
			VIGILANCIA.....	2 937.13	5.87	4.95	3 066.95	6.13	4.85	4 284.31	8.57	6.75	4 095.10	8.19	6.40	14 383.49	28.77	7.19	5.76
			Total.....	4 971.94	9.94	8.38	3 066.95	6.13	4.85	4 284.31	8.57	6.75	4 095.10	8.19	6.40	16 418.30	32.84	8.21	6.58
LA FLOR.....	FIJO.—Mampostería....	(8) 50 000.00	CONSERVACION.....	.....	0.00	0.00	.....	0.00	0.00	.....	0.00	0.00	.....	0.00	0.00	.....	0.00	0.00	0.00
			VIGILANCIA.....	2 899.63	5.80	4.89	3 087.08	6.17	4.89	4 051.76	8.10	6.64	4 412.38	8.82	6.89	14 450.85	28.90	7.23	5.79
			Total.....	2 899.63	5.80	4.89	3 087.08	6.17	4.89	4 051.76	8.10	6.64	4 412.38	8.82	6.89	14 450.85	28.90	7.23	5.79

**N O T A S :**

- 1). Los costos iniciales fueron tomados del "Informe General acerca de la Comarca Lagunera" presentado en 1928 por los Ingenieros Enrique Nájera, Manuel López Portillo y Estanislao Peña, que se publicó en 1930.
- 2). Se tomaron de la contabilidad de costos las cantidades gastadas en reparación y vigilancia (costos directos). Cuando se presentó un caso de mejora, se cargó incrementando el costo inicial.
- 3). Se calculó el porcentaje que representaba el gasto anual referido al costo inicial de la construcción.
- 4). El valor anterior (3) se corrigió tomando en cuenta el valor adquisitivo de la moneda, para que fuera comparable a la que expresa el costo inicial. Para ello se tomaron los índices del valor adquisitivo interior que aparecen en el Anuario Estadístico de 1939, página 694, tabla 371, como sigue:

AÑO:	COEFICIENTE:	Promedio
1930	100.00	320.29 — 80.07
1937	84.26	
1938	79.18	
1939	78.75	
1940	78.10	

- 5). En el año de 1939 se hizo a la presa de San Fernando mejoras por valor de \$34,327.05 que convertidos al valor adquisitivo de la moneda en 1930, corresponden a \$27,032.55, resultando el costo inicial desde ese año, de ... \$233,532.55.
- 6). No obstante la elevada erogación, realmente se trata de reparaciones que tuvieron tan alto costo por el abandono en que estaba el azud.

- 7). Fué necesario comprar todas las agujas para la presa de Guadalupe, pues el azud se recibió sin ellas y hacer un costoso canal de llamada.
- 8). Costo inicial estimado aproximadamente:

**PROMEDIOS:**

Porcentaje sobre el costo inicial corregido

Azudes fijos de mampostería.....	Conservación.....	1.23
	Vigilancia.....	0.88
	Total.....	2.11
Azudes móviles de agujas.....	Conservación.....	0.31
	Vigilancia.....	0.44
	Total.....	0.75
Azudes móviles de tambor.....	Conservación.....	0.24
	Vigilancia.....	0.62
	Total.....	0.86
Azudes fijos de mampostería de la zona del Aguana- val con el costo inicial aproximado.....	Conservación.....	0.41
	Vigilancia.....	5.78
	Total.....	6.19

rompe la piedra y la hace resbalar, siendo necesario que año con año se coloque una pequeña cantidad de piedra que reponga a la alterada.

En el sistema hidroeléctrico de Necaxa, después de 35 años de uso, el arreglo de la protección al oleaje de las presas Los Reyes, Laguna y Necaxa, requirió una erogación de \$ 20 000 que difícilmente llega al 1 al millar del valor de los almacenamientos.

En el mismo sistema, el deslizamiento de la piedra en la presa de Tenango, que tiene un talud mojado de 3:1, se corrigió colocando en él una malla reticular, formada por piedra pesada, acomodada. Los huecos se rellenaron con roca tirada de menor dimensión.

En la presa de Laguna, que tenía piedra acomodada, se fué junteando con cemento poco a poco, suprimiéndose al final los deslizamientos.

En los casos de cortina de enrocamiento la superficie de aguas arriba está formada por la pantalla impermeable. Como generalmente se construye de concreto armado, es prácticamente permanente y con gastos de conservación mínimos. Las juntas de dilatación, cuando son de cobre tienen una duración indefinida; las juntas de hule son de reciente uso, por lo que aún no se tienen datos al respecto.

La presa de Mezquitic, que se construyó hace 25 años, se le dotó de juntas de lámina de fierro negro, de 1/16", colocando fieltro entre la losa. Durante el tiempo transcurrido no se ha observado filtración alguna, suponiéndose que los huecos se han taponado con arcilla y por ello no se observa deficiencia alguna.

En el dique de Don Martín se le protegió con una losa de concreto reforzado cuyo espesor varió de 0.20 m. hasta 0.28 m. y varilla de  $\frac{3}{4}$ " a 0.30 m. en ambos sentidos. Al asentarse el dique; se presentaron algunas grietas verticales; particularmente en el contacto con el muro de cabeza terminal, liga con el vertedor. La úni-

ca grieta horizontal que se observó, apareció en el vertedor en el contacto de la losa con el dentellón; más bien consistió en una junta de construcción que se abrió. Todas ellas se taponaron con una preparación asfáltica fluida llamada "Laycold".

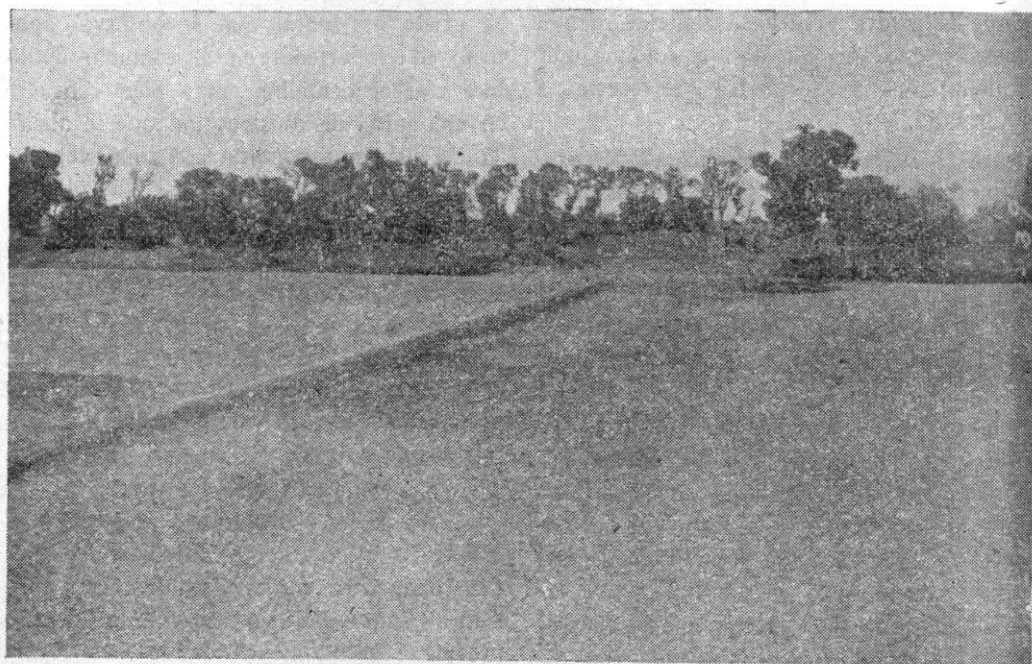
En el dique auxiliar del Este, en la presa de Don Martín, se presentó una grieta horizontal en la parte más alta, debajo del escalón superior y en la parte del talud mojado. Este recubrimiento había sido construido de mampostería con mortero de cemento. Se aconsejó rellenar la abertura con mortero fluido de cemento, limpiándola previamente con aire comprimido.

Como se ha observado la poca frecuencia de las grietas horizontales, en las nuevas cortinas de enrocamiento, se han omitido las juntas horizontales y se ha querido prever el asentamiento dando una forma de arco a la corona, con una pequeña flecha.

Comunmente se usan las coronas de las cortinas como caminos, y el tránsito, la lluvia y los asentamientos hacen que sea atacada. Con frecuencia se originan pequeñas escurrideras que, cuando su erosión se dirige hacia aguas arriba facilita el deslizamiento del enrocamiento protector (si son de tierra) o atacan el enrocamiento y dejan presentarse subpresiones inconvenientes, cuando el embalse baja. Por todo ello se recomienda planchar con frecuencia la corona, pasando conformadora y aplanadora y darle desagüe hacia aguas abajo, protegida la descarga de éste, con un recubrimiento de grava o piedra triturada, con una capa de espesor no menor de 10 cm.

La obra de toma, no obstante que haya sido diseñada con acopio de datos, requiere modificaciones, porque es muy difícil prever las condiciones de su funcionamiento.

Es por ello necesario que se observe cuidadosamente, para poder proponer con oportunidad las modificaciones necesarias. Puede presentarse el caso de que el azolve se deposite en sus cercanías; que sea nece-



*Distrito de Riego de la Región Lagunera, Coab. y Dgo.—Vista del Azud del Cuije en abril de 1939.—  
Nótese el abundante azolve depositado. La parte de aguas abajo queda a la izquierda.*

sario localizar para la extracción un filete lo menos cargado de material sólido; que por efecto del depósito del azolve la obra de toma no pueda extraer el agua de alguna bolsa que se forme, etc. La descarga de la obra de toma en el canal frecuentemente origina erosiones que deben contrarrestarse con zampeados o revestimientos, hasta que el régimen se estabilice y ya no erosione. Las fotografías que se acompañan ilustran los casos de los Distritos de Riego del Río Mante y Don Martín.

La superficie de aguas abajo también presenta dificultades para su conservación. Los principales elementos de ataque son: el tránsito de personas y animales, el agua de lluvia y el viento.

Lo primero se puede corregir por medio de un servicio de policía que impida el paso. Para lo segundo y tercero es conveniente establecer un recubrimiento que pueda ser pasto, vegetación o una carpeta de concreto o mampostería pobre. Este problema se presenta con mayor intensidad en las cortinas construidas con materiales

sueltos, donde con frecuencia se presentan filtraciones a través de la cortina.

En la presa de Necaxa se ha colocado un zampeado, de 0.60 m. de espesor, con unos drenes formados con tubos de pequeños diámetros para eliminar el agua que pueda acumularse. El total de filtración es sumamente bajo, de uno o dos litros por segundo en su máxima.

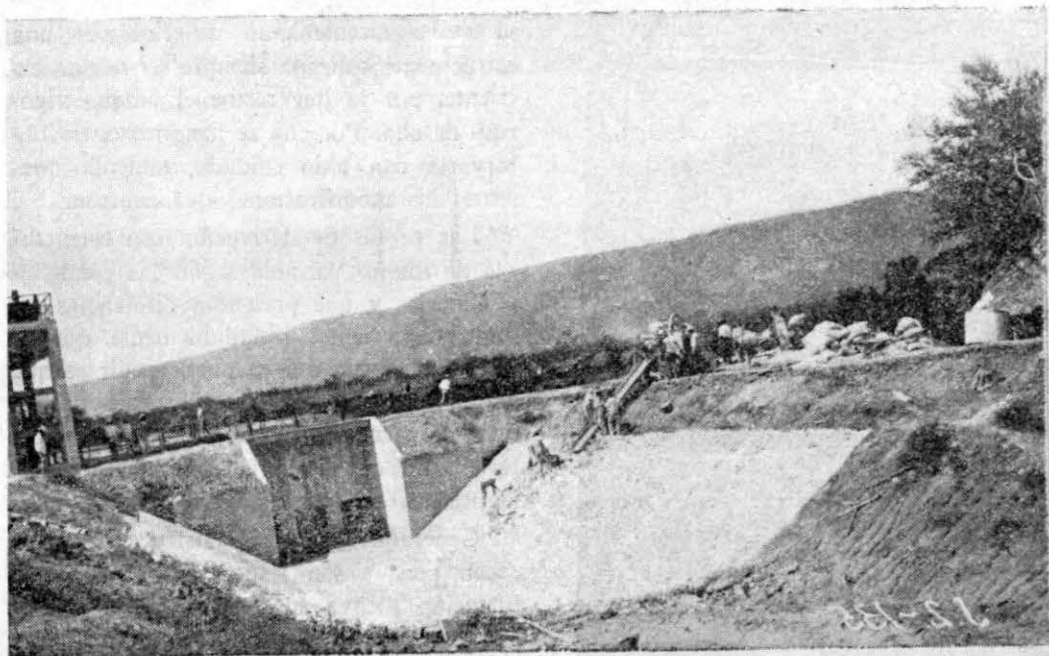
En la presa de Tenango el talud aguas abajo se ha protegido con pasto, pero esto ha obligado a intensificar la vigilancia, porque los vecinos mandan sus ganados.

La compañía propietaria de las presas del sistema de Necaxa, dice que el mayor gasto de conservación se emplea en cercas, alambrados y servicios de policía.

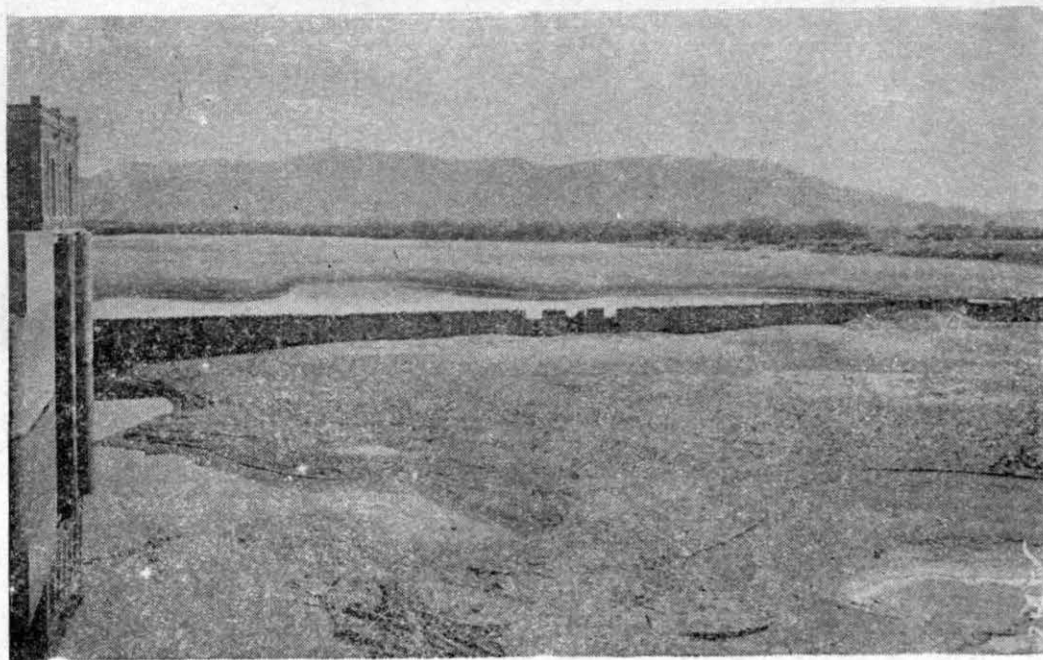
## AZUD

(Presa de derivación.)

Ya sea que el azud tenga la función de cabeza del sistema o, por tratarse de derivación de aguas broncas o que sea una construcción intermedia, por existir una pre-



*Distrito de Riego del Río Mante, Tamps.—Revestimiento de mampostería en la iniciación del Canal Oeste, construido para contrarrestar el efecto erosivo de las turbulencias causadas por la compuerta de la bocatoma.*



*Distrito de Riego de la Región Lagunera.—Vista hacia aguas abajo de la presa de Guadalupe. Es una presa móvil de caballetes de fierro y agujas de madera.*



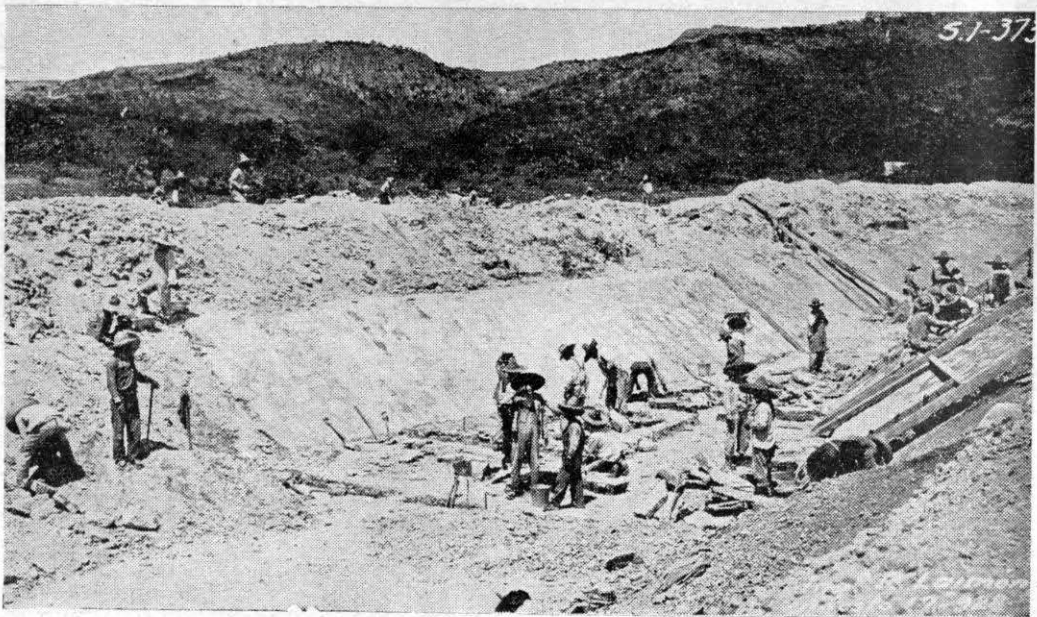
*Distrito de Riego de la Región Lagunera.—Presa de Guadalupe. Vista tomada desde la ribera izquierda. Nótese el depósito de azolve.*

sa de almacenamiento anterior; es una estructura localizada siempre sobre una corriente, por lo que recibe el ataque vigoroso de ella. Por ello se hace necesario observarla con todo cuidado, teniendo presentes las modificaciones que ocurran.

Las presas de derivación son estructuras de diseño variable según las condiciones locales y que presentan diferencias según la corriente. Indudablemente que la menor exigencia que se puede pedir es que sea lo suficientemente estable para garantizar su permanencia, asegurando la no interrupción de la derivación de las aguas necesarias.

Generalmente estas construcciones fracasan porque son flanqueadas, porque la filtración socava su cimentación o por el abundante depósito de azolve.

Para evitar lo primero deberá tenerse una vigilancia cuidadosa que permita conocer cualquier ataque de la corriente contra sus bordes. Generalmente el cambio de condiciones hidráulicas que ocurre al quedar el agua dentro de los muros de cabe-



*Distrito de Riego del Río Santiago, Ags.—Revestimiento de mampostería del Canal Principal a la salida del túnel de derivación, ejecutado en 1928.*

za, da oportunidad para que los factores de erosión del material se presenten.

Siempre es recomendable tener una zona de transición entre la ribera natural y los muros de encauce, por medio de enramadas, roca tirada y muchas veces zampeados. Para dar mayor seguridad a estas defensas es conveniente que se apoyen en pequeños dentellones.

Generalmente, sobre todo en nuestro país, no se dispone de los datos suficientes de carácter hidrológico para estimar la creciete máxima que pueda presentarse y por ello es frecuente que la estructura sea insuficiente para dar paso a un caudal de consideración haciendo necesario, en las temporadas de lluvias, tener una vigilancia continua para tomar las disposiciones en caso de que el tirante sobre el vertedor sea tal, que el agua se salga de los muros de encauce y ataque las riberas.

Una gran cantidad de estructuras de este tipo se encuentran cimentadas sobre materiales permeables, por lo que los problemas de filtración en la cimentación son frecuentes. Es muy común que el coeficiente de Bligh sea dado por estimación

y que resulte de un valor bajo para el material en que se cimenta, originándose una socavación intensa en el lecho del río que da por resultado que la estructura quede en peligro y en un momento dado fracase.

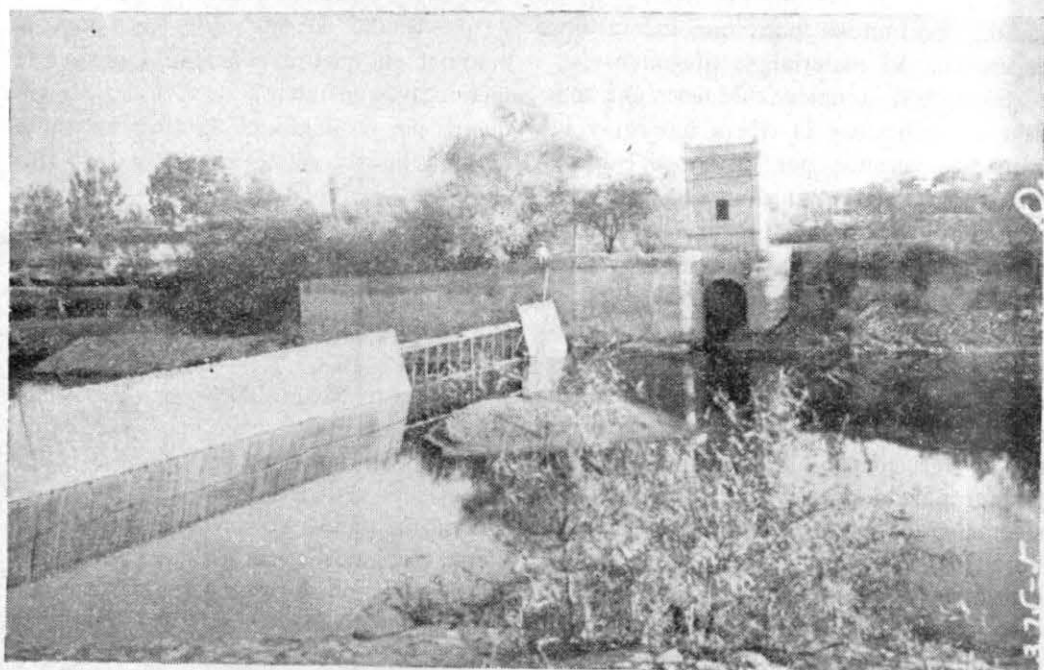
Un caso típico puede encontrarse en la presa del Cuije, construida sobre el río Nazas, para derivar aguas por el canal del Cuije, que sirve al perímetro llamado de Lequeitio.

Se construyó en 1900 sobre las arenas del río, queriendo cimentar la estructura sobre pozos chinos localizados a lo largo del eje del vertedor. En el primer año de uso sufrió daños de importancia, que hicieron necesario ejecutar obras de alguna consideración modificando en parte el diseño y dotándola de una losa de recubrimiento hacia aguas arriba, que terminaba en una tabla-estacado de madera.

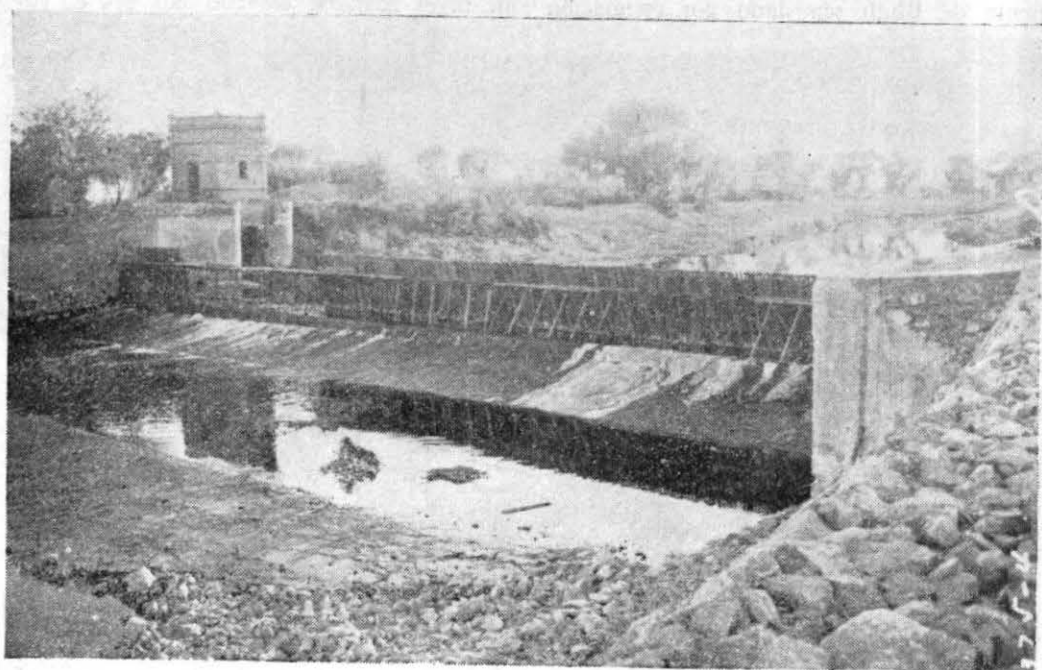
En los años de 1932 y 1933 el ingeniero Francisco Allen fué encargado de reparar nuevamente la cortina, encontrando que aguas arriba del eje de ella había una gran oquedad llena de agua, conservando un nivel bastante elevado por ser el co-



*Distrito de Riego del Río Santiago, Ags.—Revestimiento de mampostería del Canal Principal a la salida del túnel de derivación, ejecutado en 1928.*



*Distrito de Riego de la Región Lagunera. Presa de Colonia.—Es móvil, de abujas y apoyada en caballetes de fierro estructural. En la parte superior, vista hacia aguas abajo. Al fondo del canal de San Lorenzo.*



*Vista desde aguas abajo de la presa Colonia.*

rrespondiente al de las aguas freáticas de las cercanías que, como mínimo, tienen unos cuantos centímetros de profundidad. Gracias a esta circunstancia de profundidad, la losa de recubrimiento había sido sostenida por la presión hidrostática y no se había hundido. La reparación que se le hizo, consistió en rellenar el hueco con roca y la reposición de la losa. Posteriormente se observó un ligero hundimiento en el sentido del eje de la cortina, que no ha tenido consecuencias.

En los arroyos torrenciales o en los ríos que reciben abundante material sólido, el problema del azolve es de importancia. A la fecha se está resolviendo el inconveniente, dotando a las construcciones de desarenadores en los que, usando la misma agua de la corriente, se limpia un triángulo vecino a la bocatoma.

Cuando por alguna circunstancia la estructura carece de desarenador, se presentan muy fuertes gastos de conservación por necesidad de extraer año con año, el material depositado. Tal ocurre en los azudes construidos en la región alta de la Laguna. Las fotografías que se acompañan muestran el depósito de azolve frente a la bocatoma del Cuije.

En algunas ocasiones, la inseguridad de la información hidrológica, incapacidad del cauce o necesidad de tener otros objetivos diferentes a los del riego, hacen necesario el empleo de las derivaciones llamadas móviles que constan de una cimentación permanente y de una superestructura desmontada. Varios son los tipos siendo los más notorios los de caballetes con agujas de madera y los de tambores metálicos.

En las presas de caballetes es necesario sostener un servicio de vigilancia constante y el deterioro que sufre la madera y los caballetes es de importancia, sobre todo cuando el río lleva troncos o cualquier otro objeto pesado. En las zonas donde se puede disponer de madera barata, el costo de conservación es bajo.

Las estructuras de tambores metálicos como la presa de la Trasquila en la Laguna, no requieren gastos de conservación de importancia.

Cuando la construcción es de tipo permanente puede decirse que los costos de conservación son insignificantes, reduciéndose a pequeños remiendos, resanes y, sobre todo, al servicio de vigilancia.

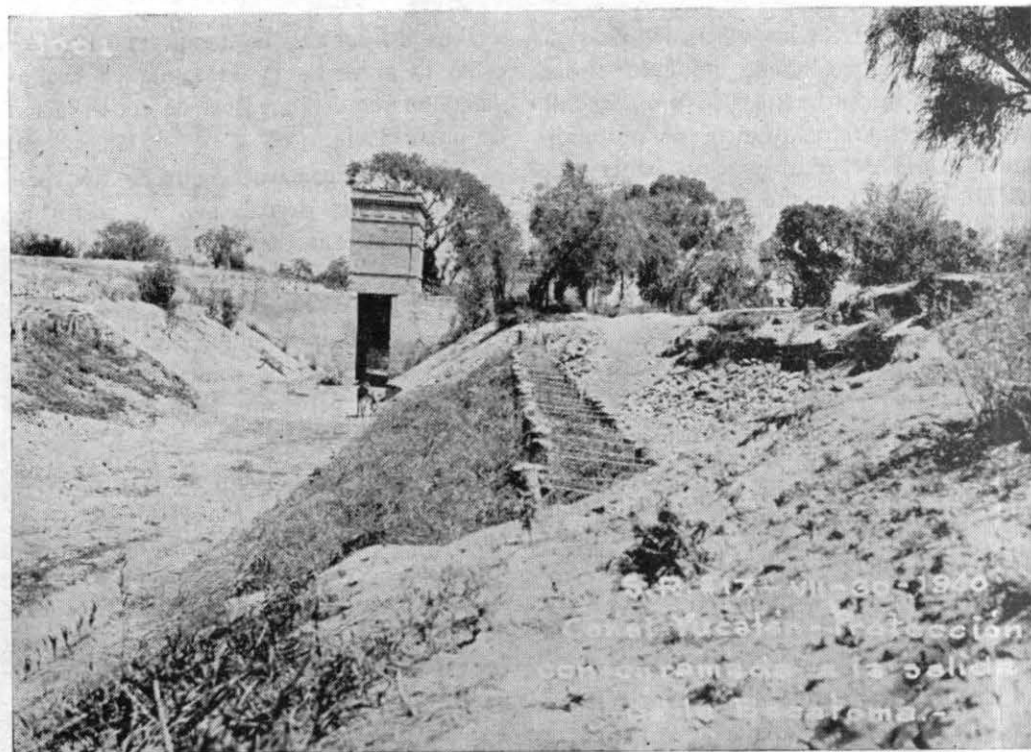
Ya se dijo que en los casos de presas móviles los costos de conservación pueden ser elevados, pero sin llegar a tener valores de importancia.

Se acompaña la tabla de gastos, reparaciones y de vigilancia, observados en el Distrito de Riego de la Región Lagunera. Como los principales problemas consisten en la erosión y la tubificación, los costos de reparación son más elevados por estos conceptos y las reposiciones de la madera quedan en segundo término. A eso se debe que los costos relativos en las presas fijas sean mayores que en las móviles.

En construcciones rurales es frecuente encontrar el empleo de las presas provisionales de enramadas de grava y arena, que reciben el nombre de barrages. Únicamente sirven para provocar un remanso de poca altura con el objeto de derivar las aguas por un canal vecino. Tan luego aparece alguna creciente, es destruido por ella, siendo necesario reponerlo para la próxima temporada de secas.

Algunas personas defienden este tipo de construcción por considerarla económica desde el punto de vista de la corta erogación que hay que hacer, pero otras objetan la necesidad de reponerla cada año, y, sobre todo, la inseguridad de poder disponer de las aguas, ya que cualquiera avenida de poca importancia o desperfecto del barrage, puede hacer que se suspenda la derivación de las aguas.

En el Distrito de Riego del río Culiacán, año por año se construye un barrage para dar servicio a los canales Rosales y Cañedo con una erogación promedio de \$12,500 por año que es sumamente eleva-



*Distrito de Riego de la Región Lagunera, Coab. y Dgo.—Protección con enramadas aseguradas, en el canal Yucatán, a la salida de la bocatoma. La protección de mampostería fué insuficiente, como se ve a la derecha de la fotografía. Nótese que el revestimiento se apoya en un estacado robusto.*



*Distrito de Riego de Don Martín, Coab. y N. L. Lateral Sur Camarón.—Protección adecuada, estableciendo transición entre concreto y el terreno, pasando a zampeado y enramada.*

da. Se estima que, en general, presas provisionales de estacas y enramadas de 2 m. de altura, pueden tener un costo de \$ 50.00 a \$ 60.00 m. lineal.

La legislación de diversos países señala la necesidad de que los azudes no sean obstáculo para el movimiento de los peces, ordenando se construyan escalas para que puedan subir y bajar a las presas; también obliga a que se tomen precauciones para evitar que los peces penetren a los canales, por medio de emparrillados con separación adecuada al tamaño de los peces.

En nuestro país esto no se acostumbra, pero es conveniente que se tenga presente y en los casos en que la corriente tenga peces, se tomen las medidas adecuadas para su conservación.

### ESTRUCTURAS MENORES

Ya se han descrito anteriormente los problemas de conservación de las presas de almacenamiento y de derivación, ahora será conveniente ocuparnos de las estructuras de menores dimensiones y costos, situadas a lo largo de los canales principa-

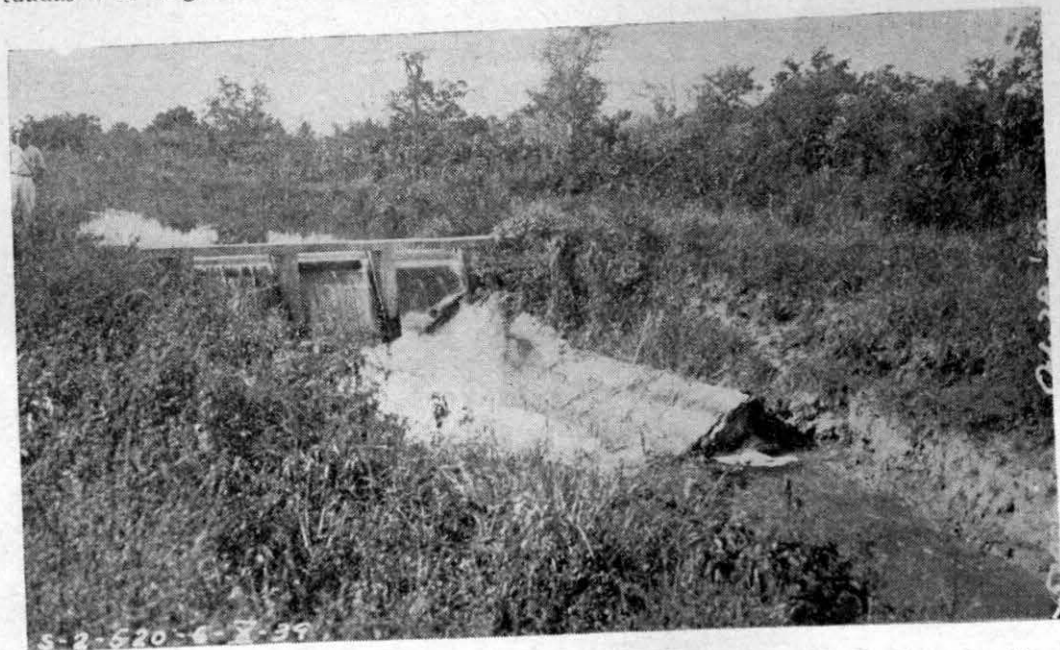
les, laterales y drenes, a las que también es frecuente se les llame obras de arte, aunque esta denominación esté cayendo en desuso. Las más comunes son: caídas, controles, represas, bocatomas principales, laterales y tomas de usuarios, sifones, etc. Los puentes, por tener ciertos problemas específicos, serán tratados independientemente.

A continuación se mencionarán los problemas que más frecuentemente se presentan:

#### *Erosión en las vecindades de las estructuras*

Al circular el agua por un canal es común observar que antes o después de una estructura se presentan erosiones, ya sean en la plantilla o en los taludes, que a veces llegan a tener grande importancia.

Inmediatamente que esto suceda, debe investigarse la causa que lo origina, pudiendo ser a una velocidad mayor a la que el terreno puede soportar o el efecto de la estructura. Cuando lo primero ocurre, no queda otra solución que modificar las características hidráulicas del canal a fin de que las velocidades que se desarrollen no erosionen. En los casos en que el trazo esté



Distrito de Riego Río Mante, Tamps. Caída Lateral Juárez.—Socavación por falta de protección en la parte inferior de la estructura.

obligado y la longitud del tramo sea corto, puede ser más conveniente el revestir el canal, para permitirle soportar las velocidades que se presenten. Por lo tanto, este aspecto tiene que resolverse con criterio económico, pero lo importante es que oportunamente se haga la modificación adecuada para evitar que el canal se conserve en esas malas condiciones.

Las superficies de las estructuras presentan un coeficiente de rugosidad menor que el correspondiente al terreno, por lo que las velocidades que se desarrollen dentro de ellas son bastante elevadas. Al pasar el agua del régimen del canal, al diferente dentro de la estructura, se provocan turbulencias que sacavan la zona vecina a la construcción. Esto es todavía más notorio, cuando la estructura tiene una sección hidráulica diferente a la del canal. Lo que se dice respecto al paso del canal a la estructura, es semejante a lo que ocurre de la estructura al canal.

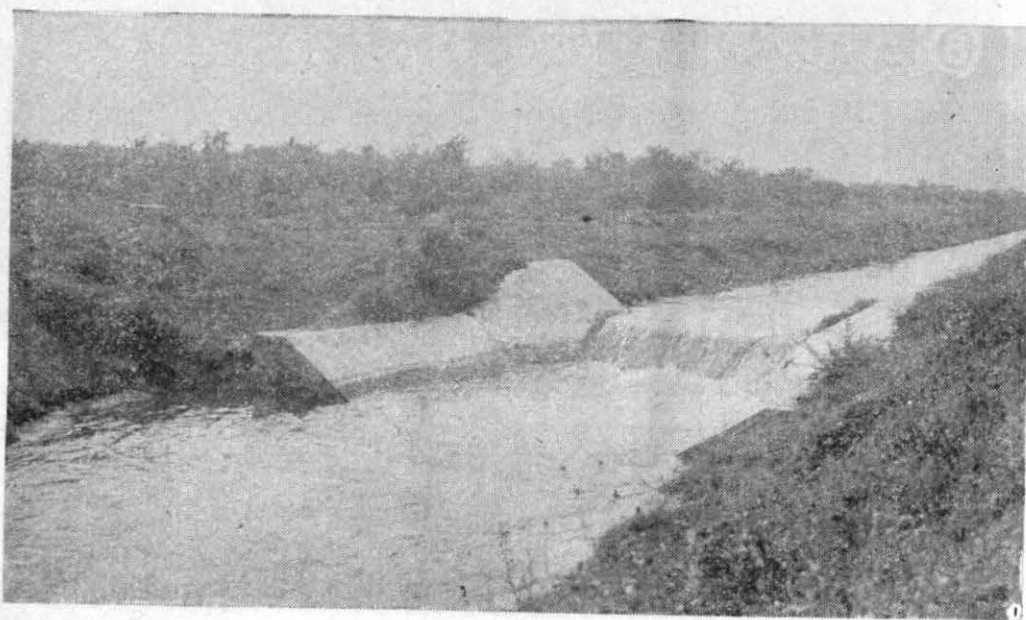
Al diseñar la estructura, el ingeniero proyectista siempre tiene en cuenta estas circunstancias, por lo que es común que en los planos de construcción aparezca la re-

comendación de construir una zona de protección antes y después de la obra "a juicio del Residente".

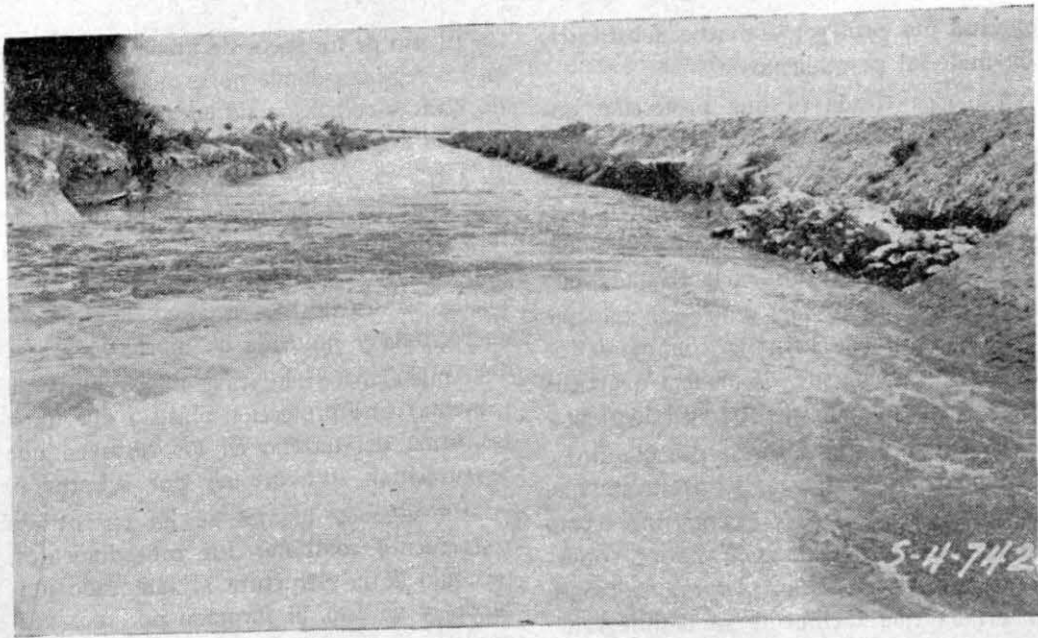
No obstante que el Residente está en condiciones de recomendar una longitud adecuada, es frecuente que ésta sea insuficiente por el deseo de no recargar el costo inicial de la estructura. Por ello es necesario que, al operarla, se observe su funcionamiento y tan luego aparezca un indicio de erosión, se proceda a defender el canal por medio de recubrimientos que no son sino zonas de transición, con un coeficiente de rugosidad intermedio entre la estructura y el canal.

También puede ser que la erosión se deba a falta de colchón, por lo que, cuando aparezca una fuerte socavación vertical, debe hacerse el recubrimiento a un nivel inferior a la plantilla del canal. En algunos casos particulares del Distrito de Riego de Don Martín, se recomendó hacer a 1 m. abajo de la rasante.

Las protecciones que con más frecuencia se emplean son las siguientes: enramadas, madera rolliza, madera labrada, esta-



*Distrito de Riego Río Mante, Tamps.—Caida lateral Juárez.—Socavación por falta de protección en la parte inferior de la estructura.*



*Distrito de Riego de Don Martín, Coab., y N. L. Caída en el Km. 18 del Lateral Camarón, en donde se observa la erosión y la protección incompleta. En la fotografía hacia aguas abajo se ve que la turbulencia continúa más allá de la zona defendida.*

cados, roca tirada, sacos de arena, concreto y zampeados.

Las enramadas son de bajo costo, por lo que algunos ingenieros recomiendan su empleo; pero tienen el inconveniente de que hay que estarlas reponiendo con alguna frecuencia y que a veces, en las temporadas de máxima demanda, pueden ser arrastradas por la corriente originando en un corto tiempo, peligrosas socavaciones. Son una excelente solución transitoria, particularmente para resolver la defensa momentánea durante una temporada, a reserva de posteriormente sustituirla con un material más estable. Se ha observado una duración de cuatro años.

Generalmente se acostumbra colocar las enramadas deteniéndolas con alambres, que se apoyan en la estructura y en algunas estacas. También es frecuente que se lastren con piedras amarradas al alambre citado.

Los revestimientos con madera ya sea rolliza o labrada, se emplean particularmente en las zonas donde el material es barato, que por las condiciones en que este va a trabajar seguramente tendrá una corta vida.

Estos revestimientos están formados por muros de troncos amarrados con alambre, cuando se trata de maderas rollizas o de tablas clavadas sobre una armazón de jirones, en los casos de secciones aserradas.

El recubrimiento de madera debe considerarse como de protección permanente, si bien de corta duración y que sólo es de recomendarse en las zonas en que el material sea barato.

Los estacados constituyen un procedimiento usado con bastante frecuencia, porque puede emplearse la madera rolliza que exista en las vecindades del canal y colocarse aun en las temporadas de riego, en las que el conducto está con tirantes elevados.

En la Región Lagunera ha sido bastante empleado para defenderse de los "comederos" que se inician, los que se han podido detener por medio de un estacado oportuno, que a veces se completa con ramas.

Esta protección debe considerarse de tipo provisional y en la temporada siguiente o cuando ya se tenga seguridad en la

longitud por proteger, conviene sustituirla con material permanente.

La roca tirada es una protección que puede considerarse como definitiva, teniendo la ventaja de que, cuando es insuficiente, puede agregársele más material o prolongar la longitud de la zona de protección.

Generalmente se utiliza la llamada piedra braza o sea de una dimensión tal, que un hombre puede cargarla con ayuda de las manos únicamente, de manera que tiene un peso aproximado de 40 a 50 kilogramos.

Debe procurarse utilizar roca que no se intemperice rápidamente. Es frecuente que se empleen aquellas de grano fino, como tobas volcánicas, calizas y no es conveniente utilizar areniscas, pizarras, tepetates, materiales que fácilmente se desintegran.

En los casos de emergencia, en que es necesario detener una erosión que pueda poner en peligro la estructura, es usual rellenar la oquedad con sacos de arena, procedimiento que permite hacer la defensa aun cuando el canal tenga un elevado tirante de agua.

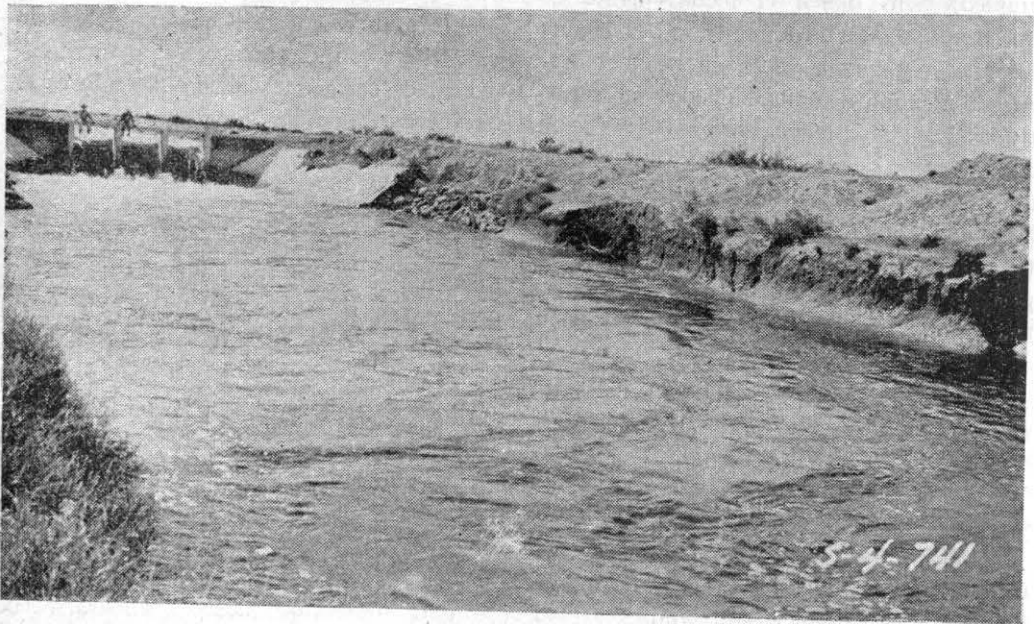
El uso de los sacos de arena se presenta en las regiones donde no se pueda disponer de estacas rollizas o de enramadas y debe considerarse como protección temporal.

Para el establecimiento definitivo de una zona de transición entre la superficie más o menos lisa de la estructura y el canal, es muy conveniente el empleo del zampeado, ya sea de roca acomodada o de roca recibida y junteada en mortero.

Ambos materiales tienen la ventaja de presentar una protección elástica que toma la forma del terreno en los casos en que se presentan socavaciones por subpresión.

En algunos lugares se ha encontrado conveniente combinar los procedimientos, pasando de la estructura al zampeado junteado, y de éste, al formado por roca acomodada, para terminar con enramadas. Siempre deberá procurarse que cualquier tipo de revestimiento usado quede bien cimentado en la plantilla del canal.

La protección de mejor calidad la constituye el recubrimiento de concreto; pero exige una elevada erogación, pudiendo ejecutarse con iguales resultados y a un costo



*Distrito de Riego de Don Martín, Coab. y N. L.—Caída en el km. 1.8 del Lateral Camarón, en donde se observa la erosión y la protección incompleta. En la fotografía hacia aguas abajo se ve que la turbulencia continúa más allá de la zona defendida.*

menor, usando otros materiales, por lo que no es de recomendarse, desde el punto de vista económico. Ya antes se dijo que los recubrimientos de concreto sólo se justifican en los casos de impermeabilización y que fuera de ellos, pueden considerarse lujos innecesarios.

*Socavación por subpresión.*—Al circular el agua por debajo de la estructura lo debe hacer a una velocidad tan baja que no provoque socavación, ya que es tanto más peligrosa, si se toma en cuenta que no es visible y que muchas veces el derrumbe de la estructura es la primera manifestación de su existencia.

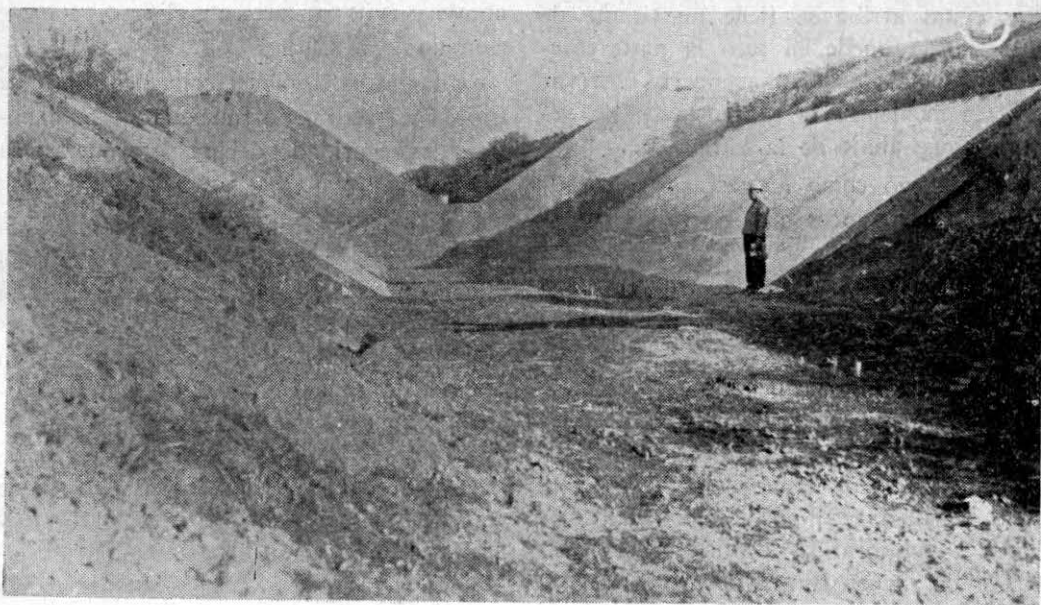
No obstante que al diseñar la estructura el ingeniero proyectista haya tomado un coeficiente de Bligh conservador, no se puede tener seguridad sobre la trayectoria que tome el agua de subpresión. Actualmente todavía se discuten las relaciones entre las trayectorias verticales y horizontales, bondad de los dentellones, etc. Además, al hacerse las excavaciones para cimentar la

estructura, a veces se modifican las condiciones del terreno, alterando de paso el coeficiente de Bligh.

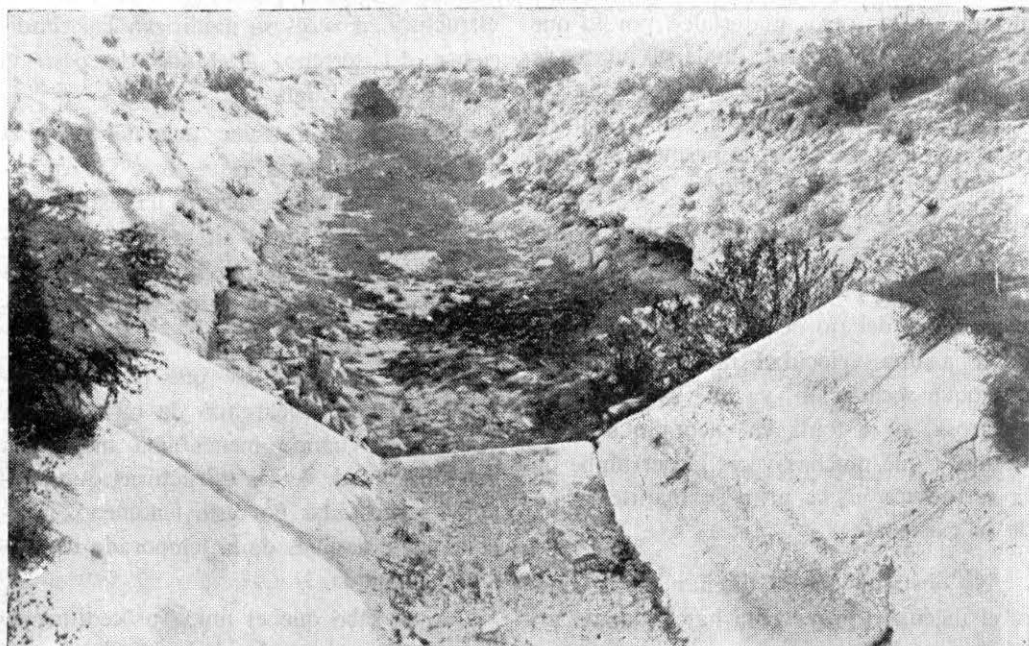
Por todo lo anterior, debe tenerse una cuidadosa vigilancia respecto a las condiciones en que se encuentra la estructura, particularmente en los sitios en que las diferencias de presión pueden hacer que las velocidades lleguen a tomar valores peligrosos.

Es de recomendarse que personalmente el ingeniero encargado de la conservación, haga cuando menos una inspección detenida anual, de las estructuras que puedan ser afectadas por este fenómeno, principalmente después de la temporada de máxima demanda.

Ya se sabe que el único procedimiento para reducir la velocidad de circulación consiste en prolongar el paso de filtración correspondiente, por lo que cuando se observen velocidades mayores, deberá ampliarse la plataforma de apoyo de la estructura y la longitud de los dentellones, siempre que no lleguen a alcanzar valores mayores



*Distrito de Riego de Don Martín, Coab. y N. L.—Estado de la protección con ramas, en la caída km. 77.9, después de cuatro años de uso. La enramada prácticamente ha desaparecido y la erosión se inicia.*



*Distrito de Riego de Don Martín, Coab. y N. L.—Erosión intensa en el km. 8.1 del Lateral Camarón, debido a la existencia de yeso en pequeños lechos o mezclado en el terreno.*

a 1.5 m., porque hay duda de que sean útiles en estas condiciones.

Particularmente en los casos de las represas, en donde es frecuente que mientras aguas arriba se tiene un tirante de importancia quede en seco la parte inferior del canal, es de recomendarse observar en esos momentos la existencia de los veneros aguas-abajo de la estructura.

Tan luego como aparezcan aguas-abajo algunos hoyancos que son salida de los veneros, efectos de la subpresión, deben tomarse las medidas antes recomendadas y proceder a rellenarlos con material bien apisonado.

También es una buena solución colocar aguas-abajo, un dentellón de roca suelta, que por gravedad rellena las oquedades que se vayan presentando, y cuando el canal quede en seco puede reponerse hasta llegar a equilibrar las condiciones de circulación del agua. En la bocatoma de Bolívar, en la Región Lagunera, se construyó un dentellón elástico como el descrito que ha venido funcionando satisfactoriamente.

Si después de todas estas precauciones la socavación continúa, deberán hacerse calas en la parte central de la estructura para conocer la situación del material de apoyo y evitar se presente el caso ya mencionado de El Cuije.

Cuando se llegue al convencimiento de que la estructura no funciona en condiciones de seguridad, deberá proponerse su modificación y a veces hasta la sustitución.

*Conductos.*—Daremos la denominación de conductos a aquellos en que circula el agua sin estar labrados precisamente en el terreno, ya sea en roca o en tierra. Los conductos pueden dividirse en tuberías, en las que el agua circula a presión y acueductos y puentes-canales en los que la circulación se hace a la presión atmosférica.

Estas estructuras pueden construirse de madera, mampostería, concreto y fierro y las condiciones de su vida ya han sido estudiadas con anterioridad, al analizar cada uno de los materiales.

En nuestro país, en la época precortesiana, se hicieron numerosas construcciones



*Acueducto de madera del Canal "Osorios" sobre el arroyo de Chicavasco construido por el Sistema Nacional de Riego Núm. 3.*

nes de mampostería; en la colonial abundaron los acueductos, principalmente para fines municipales, construidos de mampostería de piedra o de ladrillo.

En la mayor parte de las obras de riego construidas en las haciendas, el material generalmente usado para estas estructuras fué la mampostería de piedra y cal o la de ladrillo y cal. En el Bajío, en el Distrito de Riego de Tula, en el Distrito de Riego de Arroyozarco, en el Distrito de Riego de Río Santiago, etc., aún existen numerosos ejemplares de estas construcciones.

Hasta nuestros días se han introducido el concreto, la madera y el fierro.

La madera, tal vez por la circunstancia de no disponerse de material desflemado, por el relativo alto costo de este material, por el peligro de incendio a que está sujeto, etc., ha sido poco empleada en México y puede afirmarse que su uso está limitado a las estructuras provisionales de la etapa de construcción de la obra.

Los sifones tienen que satisfacer las exigencias de presión interna, carga exterior y durabilidad, porque no es posible pensar

en hacerles reparaciones y muchas veces la única corrección posible es substituirlos por una nueva estructura.

Precisamente por esto, el concreto ha adquirido gran boga, sobre todo con el progreso del cálculo de los marcos rígidos, que ha permitido diseñar con seguridad y elegancia los barriles que forman estos sifones. Ya se dijo anteriormente que el concreto es un material permanente, de gastos de conservación mínimos.

Para los acueductos se ha generalizado el empleo de lámina metálica, sobre todo, porque hay algunas casas que se han dedicado a fabricar este material para todas las condiciones posibles; de tal suerte, que el ingeniero proyectista se limita a elegir el tipo más adecuado y la fábrica se encarga de proporcionar el material. La construcción de campo se reduce al armado de la estructura.

El conducto generalmente es de fierro, soportado por caballetes de fierro o de madera. Por el elevado costo del fierro es muy común encontrar que los caballetes se cons-

truyan de madera y a veces se recurra también a pilas de mampostería de piedra o de ladrillo.

La vida de cada una de las partes de la estructura depende, como es natural, de los materiales de que está construida y que ya ha sido analizada con anterioridad, por lo que, a continuación sólo se darán algunas noticias generales sobre las precauciones que conviene tener.

Los conductos construidos así, sean de mampostería o concreto, no requieren atención especial. Bastará con mantener una vigilancia cuidadosa y sujetarlos a una inspección detenida cuando menos una vez al año, corrigiendo los desperfectos que se observen que generalmente se limitan a reposición de los aplanados.

Los sifones construidos de estos mismos materiales deben observarse con todo cuidado, teniendo presente que es muy frecuente que se tapen con los arrastres de los canales. La observación constante de las dimensiones del material sólido arrastrado, permitirá determinar la separación de los

emparrillados de protección que deben ponerse a la entrada.

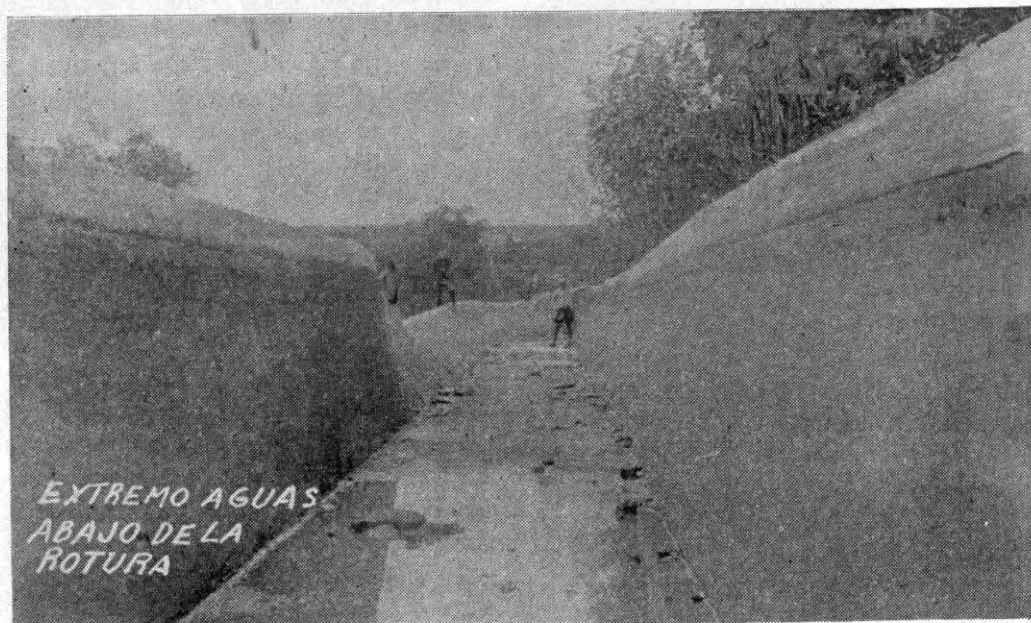
El personal encargado de la conservación deberá estar atento a las condiciones del funcionamiento de la estructura, para recomendar todas las modificaciones necesarias e incluso su sustitución.

Por ejemplo, si un sifón presenta tendencia a taparse y tiene una sección estrecha, deberán tomarse las precauciones necesarias y si éstas se consideran insuficientes, proponer se construya una nueva estructura de mayor sección.

Algunos autores recomiendan el empleo de dispositivos para purgar la parte inferior de los sifones, pero esto en la práctica no ha dado buenos resultados.

Para los sifones deberá tenerse presente todo lo que se ha dicho en los capítulos de erosiones en las vecindades de las estructuras y socavación por subpresión.

Para conductos cubiertos es ya poco común el empleo de tubos de fierro fundido o de lámina en obras hidráulicas; salvo el caso muy especial de las líneas de fuer-



*Distrito de Riego de Tula, Hgo.—Rotura del revestimiento del concreto por derrumbe del borde de apoyo.*

za de las plantas hidráulicas y las obras de toma que atraviesan las cortinas que frecuentemente se hacen de fierro o de concreto. Pero fuera de estos casos; los conductos cubiertos se construyen de mampostería o de concreto.

En los conductos construidos de fierro, deberá tenerse cuidado de dar la protección correspondiente a este material, que consistirá en las oportunas manos de pintura anticorrosiva, tanto interior como exterior.

Existe el caso especial de que el agua tenga fuerte velocidad y lleve arenas duras que actúan como verdaderas lijas contra el conducto de fierro. En este caso, se impone un tanque de reposo previo, donde se eliminen o cuando menos se reduzca el contenido de arenas.

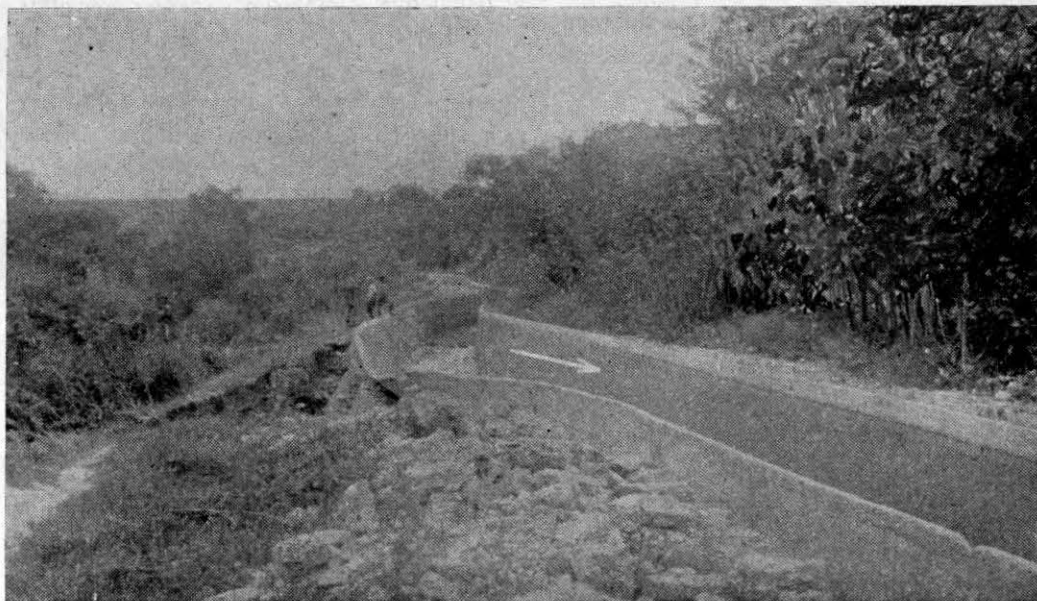
Por razones de economía, algunos ingeneros proyectistas recomiendan que el sifón se haga estrictamente para el caudal necesario, resultando a veces secciones muy estrechas que no dan paso al operario que puede limpiarlas y que cuando se tapan, se inutilizan. Otro criterio consiste en no dar nunca una sección que impida el paso de

un hombre, para tener de este modo la seguridad de poder extraer los materiales que se depositen en el interior. Seguramente que este criterio es más recomendable, no obstante que a veces representa una mayor erogación inicial.

Cuando se hace el estudio, generalmente se piensa que por el canal van a circular exclusivamente aguas más o menos enturbiasadas, pero carentes de materiales sólidos de grandes dimensiones que puedan taponar el sifón. Desgraciadamente esto no ocurre siempre y con frecuencia, las aportaciones de una reducida cuenca cortada por el canal, los desbordamientos de una corriente vecina, derrumbes en el canal, etcétera, pueden hacer que en un momento dado las aguas transporten material sólido pesado que se irían a depositar en el sifón.

#### REVESTIMIENTOS DE CONCRETO

Ya se ha explicado anteriormente los casos en que conviene proteger el canal con recubrimiento de concreto y que pueden reducirse aquellos en que la filtración es muy fuerte o que el material se disuelve al con-



*Distrito de Riego de Tula, Hgo.—Rotura del revestimiento del concreto por derrumbe del borde de apoyo.*



*Distrito de Riego de Tula, Hgo.—Rotura del revestimiento del concreto por derrumbe del borde de apoyo.*

tacto del agua. En lo general, estos recubrimientos presentan pocos desperfectos, excepto en los casos de mala fabricación.

El principal motivo externo de deterioro se presenta por la poca seguridad en los bordes o por la tendencia de ellos a enfangarse.

En el Distrito de Riego del Río Tula, en el Canal Schmeltz, se observó que debido a la falta de consolidación del borde, se desmoronó, favorecido por una lluvia intensa, originando el derrumbe del recubrimiento, junto con su destrucción total en la parte afectada.

En otros sitios puede suceder que por estar el canal en tajo, por los riegos en las tierras vecinas, etc., haya una abundancia de agua en el material de apoyo, apareciendo una fuerte supresión. Esto se contrarresta cuando el canal está lleno, pero al vaciarse puede presentarse la posibilidad de que levante el recubrimiento ya en grandes áreas o en reducidas proporciones, agrietándola en este último caso. Como es fácil percibir, un revestimiento agrietado es inútil, a menos de que sea fácilmente reparado.

La mejor manera de evitar estos perjuicios consiste en procurar un fácil y eficiente drenaje de los bordes, estableciendo contracunetas, contrabordos o francamente drenes que eviten la acumulación de aguas.

No obstante que en los tramos revestidos es usual que se empleen secciones con altas velocidades, no siempre se puede evitar la presencia de vegetación acuática. A causa de ello, el valor del coeficiente  $n$  de Kutter es mayor, reduciendo, por lo tanto, la velocidad.

Ya con anterioridad se explicaba la forma de atacar esta plaga y sólo resta indicar que debe mantenerse una observación cuidadosa para iniciar los costosos procedimientos de defensa, hasta el momento que la reducción de la velocidad signifique perjuicio en el buen servicio.

## PUENTES

Las necesidades de la moderna agricultura obligan a proporcionar a los colonos una vía fácil de acceso, hasta su parcela, por la que puedan llevar camiones, maquinaria agrícola, etc. Por estas circunstancias,

un Distrito de Riego tiene que ser atravesado por algunos caminos principales y un sistema de caminos secundarios, bastante amplios.

A esto se debe la abundancia de puentes, que es necesario construir para salvar los caminos, regaderas, drenajes, etc.

Estas estructuras pueden construirse de diversos materiales, pero se ha generalizado ya en la Comisión Nacional de Irrigación el criterio de que sobre los canales principales deben ser estructuras de material permanente, así como en los secundarios de servicio continuo.

Para los secundarios de servicio intermitente y la red de drenaje se acostumbra que se construyan de madera. Esta última solución merece comentarios especiales.

En los casos de los secundarios de servicio intermitente es posible hacer cualquier reparación aprovechando las temporadas en que el servicio se interrumpe, incluso en la infraestructura.

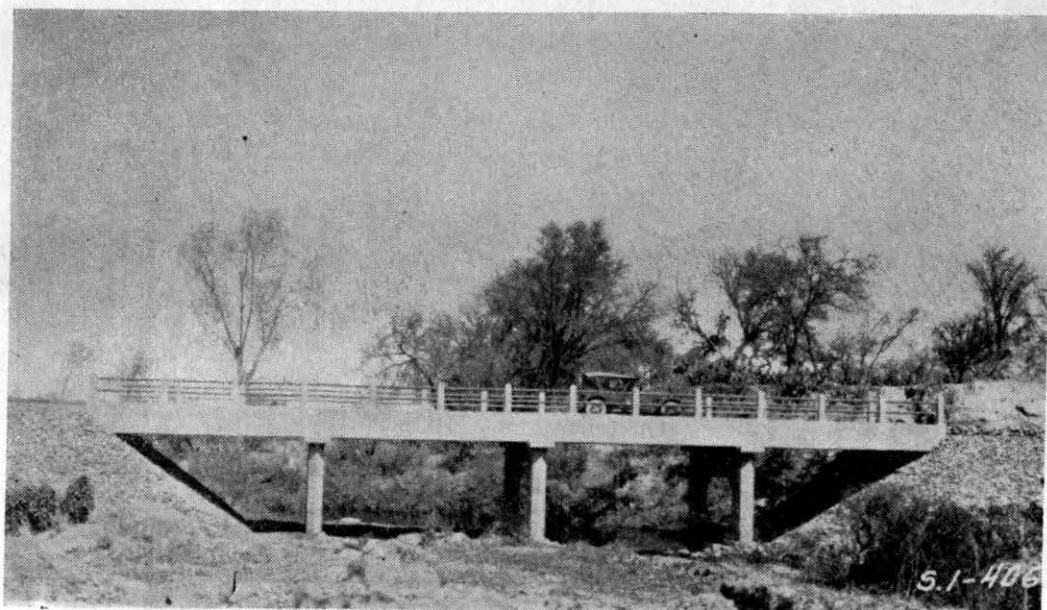
Para los drenes debe recordarse que son obras en constante adaptación, por la imposibilidad de poder prever la intensidad

máxima de lluvias, el gasto de aguas freáticas por evacuar, así como el programa de construcción, etc. Por esto conviene que las estructuras se hagan de madera, ya que están sujetas a una probable ampliación y a una posible destrucción a causa de fenómenos imprevistos.

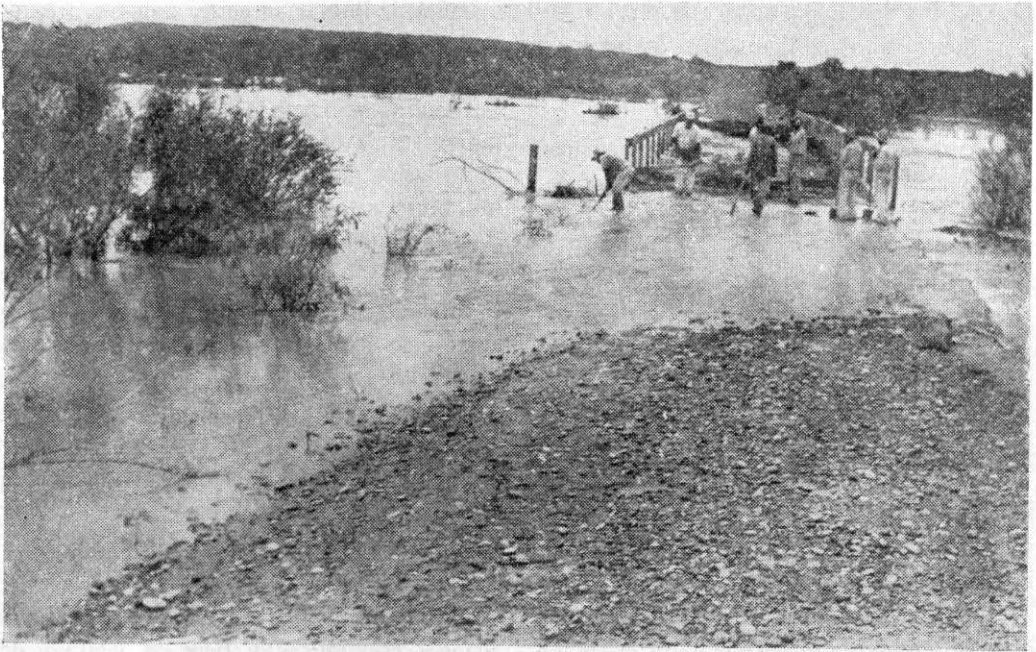
El problema de puentes en el Distrito de Riego se complica por la necesidad de que pueda dar paso a maquinaria muy pesada como es el caso de los tractores, trilladoras, engavilladoras, etc.

En nuestro país, en las obras nuevas, se ha quedado una marcada predilección por construir puentes sobre dos caballetes de concreto que se alojan en la intersección de la plantilla y los taludes, terminando con apoyo en la corona de los bordes.

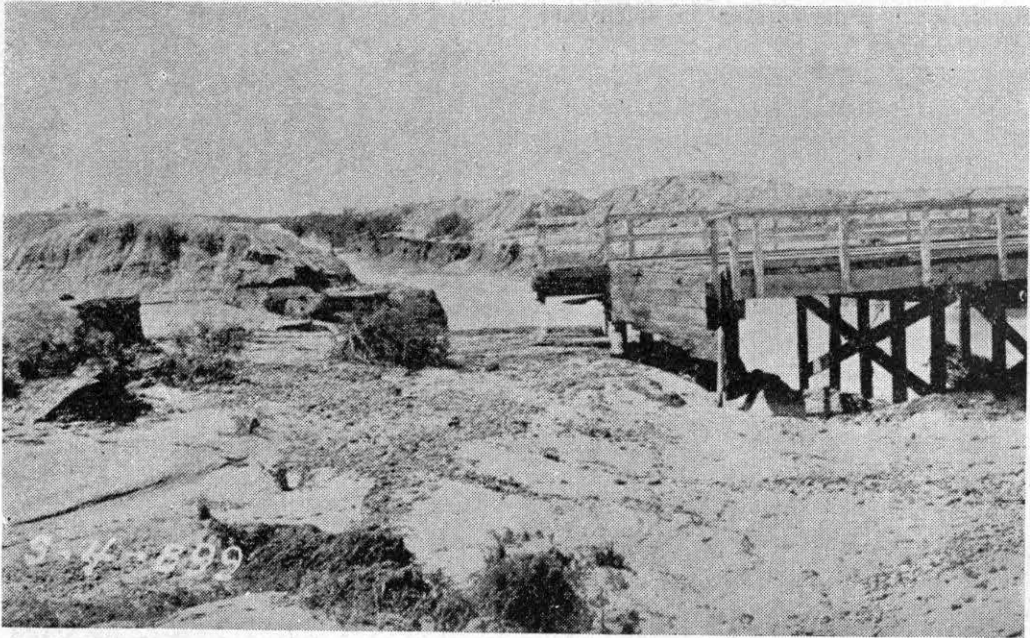
Indudablemente, que esto debe su auge a razones económicas y tiene la ventaja de que es mínima la reducción de la sección hidráulica del canal. Sin embargo, algunos ingenieros han criticado la solución por considerar que la parte de los taludes comprendidas dentro del puente, carece de protección. Efectivamente esto se presenta, pero



*Distrito de Riego de Pabellón, Ags.—Puente sobre el Canal Principal en la carretera de Garabato a Jesús María, debidamente protegido.*



*Distrito de Riego de Don Martín, Coab. y N. L.—El 29 de agosto de 1940 se desató una tormenta que afectó a todo el Distrito, provocando una rápida creciente en los drenes. Por esta circunstancia los puentes fueron flanqueados en la forma que se ve en esta fotografía.*



*Distrito de Riego de Don Martín, Coab. y N. L.—Puente sobre el dren Camarón, en la carretera Camarón-Laredo. Es por esto por lo que se recomienda se construyan en forma provisional, como en el caso de la fotografía.*

## LINEAS TELEFONICAS

puede corregirse por medio de protecciones con enramadas, zampeados, etc., que no conviene hacer desde el principio porque a veces no son necesarios y, en algunas otras ocasiones, la longitud por proteger es muy reducida o su localización se limita a una porción determinada.

Las ilustraciones adjuntas muestran cómo en los casos en que se ha dado la protección correspondiente, no se han presentado daños de importancia.

Como una variante de este tipo se presentan los puentes de caballete de concreto, con superficie de rodamiento de madera. Numerosos ingenieros simpatizan con esta solución, porque han observado que cuando la superficie de rodamiento es de concreto, el impacto de los golpes provocados por el tránsito de maquinaria agrícola, le causa mucho daño; igual ocurre con la madera, pero es de menor precio y fácilmente sustituible.

Al reparar canales de construcción antigua, es frecuente encontrar puentes que reducen en mucho la sección hidráulica del canal, por lo que se debe recomendar la inmediata modificación del puente, cuando sea posible, o la sustitución por otra estructura libre de tal deficiencia.

Entre nosotros se acostumbra que sólo los caminos nacionales que atraviesan los Distritos de Riego, poseen estructuras pagadas por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, y que los demás puentes tienen que ser pagados por la administración del Distrito de Riego cuando son caminos secundarios o por el colono en lo personal, cuando se trate de rutas de servicio particular.

Para este último caso debe obligarse a que los puentes sean diseñados por la Comisión Nacional de Irrigación o se utilicen proyectos tipos y que la construcción se haga bajo su vigilancia, para evitar se erijan puentes que perjudiquen el funcionamiento del canal.

Con el objeto de poder transmitir órdenes y recibir informes rápidamente, es necesario disponer de una red telefónica que cubra el Distrito de Riego.

Para hacer fácil su inspección, se ha establecido la costumbre de que las líneas se lleven paralelas a los canales, sobre los bordes o a los lados de éstos, pero siempre dentro del derecho de vía correspondiente.

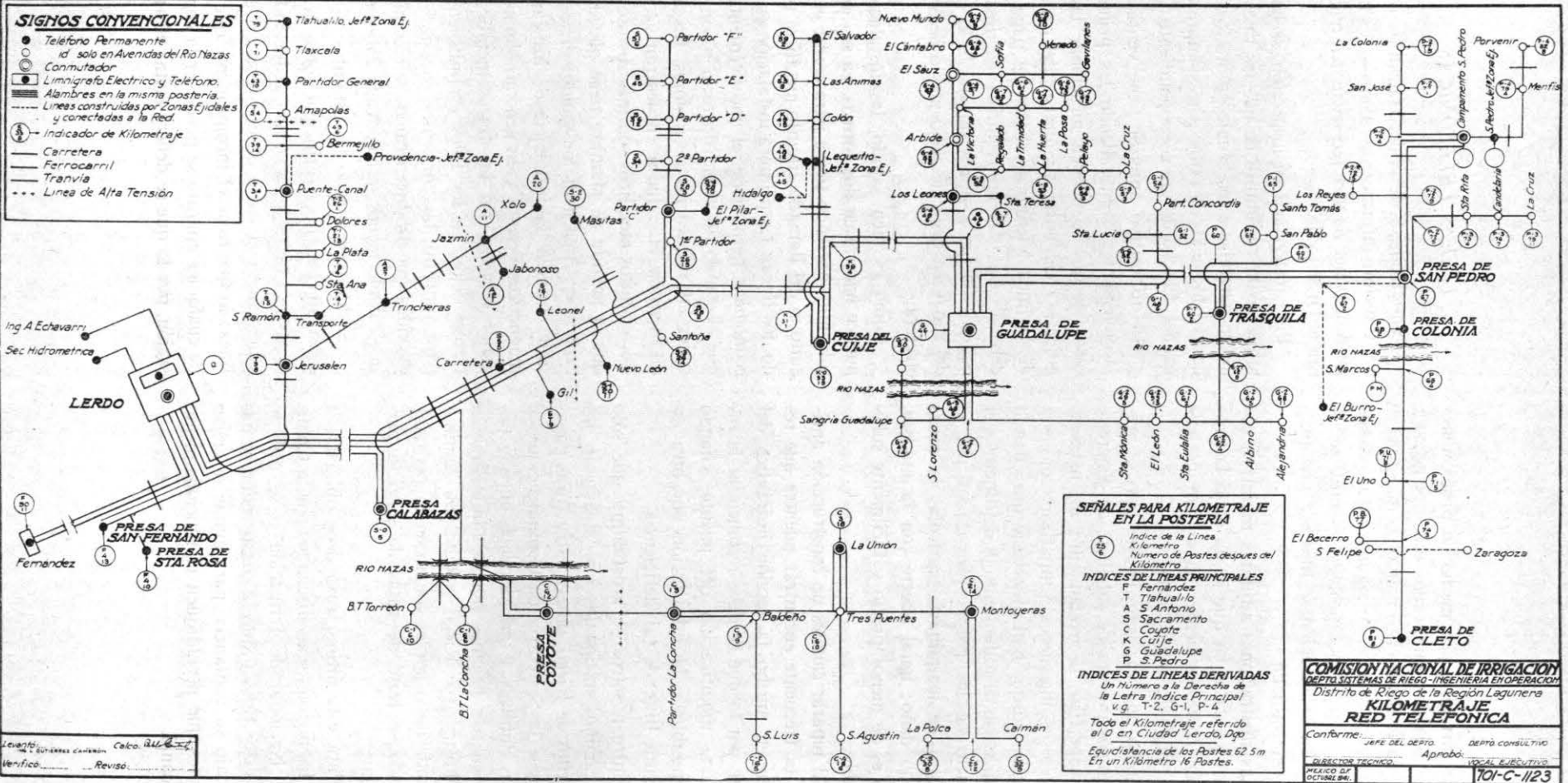
El dispositivo anterior tiene ventajas e inconvenientes, sobresaliendo las primeras, entre las que se pueden mencionar las siguientes: vigilancia simultánea del canal y de la línea telefónica, ahorro de pago por derecho de vía, oportunidad de instalar equipos telefónicos provisionales a lo largo del canal en casos de accidentes o de obras, etcétera.

Como es bien sabido, las instalaciones pueden hacerse en dos formas, ya sea de un solo hilo, haciendo tierra para cerrar el circuito, o del llamado circuito metálico, usando dos líneas. La primera instalación es más económica pero tiene el inconveniente de que el sonido no es satisfactorio y son sensibles las influencias de motores, líneas de alta tensión, etc., que se encuentran vecinas. Los circuitos metálicos son más costosos, ya que la partida de alambre tiene que duplicarse; pero tienen mejor sonido, siendo posible eliminar la influencia de los campos magnéticos vecinos y en general, obtener un mejor servicio. En las líneas metálicas la transposición de los hilos es indispensable para suprimir las corrientes parásitas (inducción) que producen ruido; se recomienda que cuando menos se haga cada 250 metros.

Se ha generalizado la costumbre de sólo construir una línea principal sobre la que se apoyan todos los aparatos, reduciendo de esta manera el costo de construcción de la línea; lo que tiene el inconveniente que desde cualquier aparato se puede oír la conversación, por lo que se deberá evitar el uso de

### SIGNOS CONVENCIONALES

- Teléfono Permanente
- id. solo en Avenidas del Rio Nazas
- ⊞ Conmutador
- ⊞ Limngrafo Electrico y Telefono
- Alambres en la misma posteria
- Lineas construidas por Zonas Ejidales y conectadas a la Red
- ⊞ Indicador de Kilometraje
- Carretera
- Ferrocarril
- Tranvia
- ... Linea de Alta Tension



- ⊞ Índice de la Línea
- ⊞ Kilometro
- ⊞ Numero de Postes despues del Kilometro

### INDICES DE LINEAS PRINCIPALES

- F. Ferrnites
- T. Tlahualilo
- A. S. Antonio
- S. Sacramento
- C. Coyote
- K. Cuñje
- G. Guadalupe
- P. S. Pedro

### INDICES DE LINEAS DERIVADAS

Un Numero a la Derecha de la Letra, Índice Principal  
 v.g. T-2, G-1, P-4  
 Todo el kilometraje referido al 0 en Ciudad Lerdo, Dgo  
 Equidistancia de los Postes 62.5 m  
 En un kilometro 16 Postes.

**COMISION NACIONAL DE IRRIGACION**  
 DEPTO. SISTEMAS DE RIEGO - INGENIERIA EN OPERACION  
 Distrito de Riego de la Region Lagunera  
**KILOMETRAJE**  
**RED TELEFONICA**

Conforme: JEFE DEL DEPTO. DEPTO CONSULTIVO  
 DIRECTOR TECNICO Aprobado: LOCAL E. IRRIGACION  
 PLAZA D.F. OCTUBRE 1941. 101-C-1123

Levantó: E. GARCIA GONZALEZ  
 Verificó: CALVO RIVERA  
 Revisó: CALVO RIVERA

instalaciones en esta forma entre los teléfonos en que se traten asuntos reservados o confidenciales.

Conforme a la Legislación Mexicana, todas las vías de comunicación quedan dentro de la jurisdicción federal, incluyendo telégrafos, teléfonos, radio, etc. El Libro Quinto, Capítulos IV y V de la Ley de Vías Generales de Comunicación, promulgada el 19 de febrero de 1940, señala con detalle los trámites que se han de seguir para obtener autorización para construir una línea telefónica, los que deben cumplirse por la administración del Distrito de Riego, incluso cuando ésta forme parte del Gobierno.

La Dirección de Correos y Telégrafos encargada de la comunicación eléctrica, ha establecido los requisitos que deben satisfacer los cruces con otras vías de comunicación con líneas de alta tensión, etc. En general, recomienda se use postes bastante altos para dejar una gran separación vertical entre la línea y la vía por cruzar. Caso que se trate de otro conducto eléctrico, deberá ser protegida con una cubierta aislante; generalmente tiras de madera aseguradas en torno a la línea telefónica.

Los postes deberán colocarse a una distancia tal que si caen normales al camino o línea por cruzar, su extremo superior no les alcance.

También puede hacerse cruce, principalmente en caminos y ferrocarriles, pasando por debajo la línea telefónica, por dentro de un tubo y tomando precauciones para evitar que el agua entre a él.

Periódicamente esa misma Dependencia practica visitas en las redes telefónicas fuera de la Red Nacional, de tal manera que es muy conveniente mantener siempre a la red telefónica dentro de las prescripciones legales correspondientes.

Los capítulos más importantes del presupuesto de una línea telefónica, son los siguientes: postería, alambre, accesorios, mano de obra.

Como el alambre galvanizado es de importación, su precio es más o menos unifor-

me en todo el país. Generalmente se usa alambre galvanizado del número 12, que en el presente año ha tenido un costo de \$ 0.72 kilogramo en la ciudad de México, resultando una erogación de \$ 33.80 Km. en línea sencilla y \$ 67.60, en línea metálica, sin incluir el transporte al lugar de la obra.

La postería puede ser de madera, de concreto o de fierro, pero en las obras de la Comisión Nacional de Irrigación generalmente se han usado postes de madera cruda. Esta práctica no es conveniente, porque obliga a una constante substitución de los postes e interrupciones frecuentes de la línea. Es de recomendarse el empleo de postes de madera creosotada o de concreto, los que tienen una vida más prolongada.

Los postes generalmente se colocan a distancias de 60 a 70 metros, de una altura de 6 metros para que enterrando un metro, la línea quede a cinco metros sobre la superficie de la tierra. En el presente año, para el contrato de la construcción de la línea Valsequillo-Puebla, se cotizó el poste de madera creosotada de 6 metros de largo a \$ 15.25, y para postes de las mismas dimensiones, de madera cruda de pino, el precio actual en Torreón, es de \$ 3.50 cada uno.

El capítulo de varios no puede precisarse porque se modifica bastante de acuerdo con la calidad de los materiales, marca de los aparatos, etc. Para la línea telefónica ya citada en la que únicamente se empleó un aparato de pared DAS 1001; el conjunto de aisladores, espigas, pararrayo, conos de cemento, pilas y un aparato telefónico dió un costo de kilómetros de \$ 48.33. Sin considerar el teléfono, el costo de kilómetro, por el concepto de accesorios, es de \$ 40.78. Cuando se coloquen varios hilos sobre un poste es muy conveniente hacerlo por medio de crucetas y no directamente por aisladores; además, es de recomendarse las transposiciones para evitar las corrientes parásitas.

Debe cuidarse que en todos los cambios de dirección, se proteja el poste donde se hace la inflexión con una retenida que se

apoye en un cono de concreto bien enterrado.

La mano de obra puede tener un costo de \$ 35.00 por kilómetro para línea de un solo hilo, y de \$ 70.00 por kilómetro en circuito metálico, como valor medio.

A continuación se da la tabla de los costos observados en las líneas telefónicas cons-

truidas por la Comisión Nacional de Irrigación, debiendo tenerse presente que gran parte de los materiales empleados son de origen extranjero, por lo que la depreciación de nuestra moneda influye bastante, modificando los costos. Sin embargo, como ilustración se presentan los valores obtenidos:

**T A B L A 8**

**GASTOS DIRECTOS OBSERVADOS INCLUYENDO APARATOS TELEFONICOS**

	Año Const.	Longitud	Circuito	Postes	Costo directo por Km.	Observaciones
Polotitlán-San Ildefonso.....	1937	7.5	Km. 1 hilo	Madera cruda..	\$ 315.85	Costo directo. Zona de madera cara.
Palmito-Campamento Cortina..	1937	25.3	Km. 2 hilos	Madera cruda..	203.40	Costo directo. Zona de madera cara.
El Tajo-Angostura.....	1938	43	Km. 2 hilos	Madera cruda..	372.24	Costo directo. Zona de madera cara.
Red Dto. de Riego. Laguna....	1938	447.55	Km. 1 hilo	Madera cruda..	175.96	Fácil comunicación a centro maderero. (1)
Puebla-Campamento Valsequillo. . . . .	1941	20	Km. 2 hilos	Madera creosota	677.50	Costo total, incluyendo indirectos.

(1) Costo sujeto a revisión.

Gran parte de la red tiene la peculiaridad de apoyar varias líneas en la misma postería.

Es muy interesante el caso de la red de la Región Lagunera. Se inició su construcción en 1938, proyectándose línea a tierra, de un solo hilo. A causa del deficiente servicio por el cruce con la línea de alta tensión Boquilla-Franklin, línea de tranvías y vecindad de transformadores y subestaciones, se resolvió que 150 kilómetros se convirtieran en línea metálica y ésta va de Fernández a Lerdo y de esta ciudad a San Pedro, siempre sobre la margen izquierda del río Nazas. Además, la línea a lo largo del canal del Cuije también se le convirtió en metálica. Los 300 kilómetros restantes son de línea de tierra. La línea, con todas sus adiciones costó \$ 78,752.00.

Tiene la particularidad de que en cada presa hay una central y aprovecha la poste-

ría llevando varias líneas en ella; por esa circunstancia sólo se han colocado 411 kilómetros de postería.

En los cruces con otras vías de carreteras, ferrocarriles, tranvías u otras líneas eléctricas se han usado postes de 11.8 y 13.1 metros (38' y 40').

Todas estas características explican el bajo costo observado.

La conservación ha costado \$ 24,918.29, acumulando las erogaciones de 1937 a julio de 1941.

El costo es elevado, pero debe tomarse en cuenta que la cuadrilla de reparaciones radica en Ciudad Lerdo y la red es palmeada con terminales muy lejanas.

Por haberse usado madera cruda para la postería, a los dos años ya fué necesario

cambiar algunos postes, no obstante que la parte enterrada se pintó con creosota. Por la escasez de leña que se sufre en la región, los robos de postes son frecuentes, presentándose casos en que en medio kilómetro de línea, desaparezcán los postes. La rotura de los aisladores porque son apedreados por los campesinos, es también un motivo de fuerte gasto.

El costo directo de conservación, por las causas antes citadas, tiene un promedio anual de 8% referido al costo inicial directo.

Los tratadistas extranjeros que se ocupan de este asunto y los ingenieros mexicanos que han tenido que operar las redes telefónicas existentes en México, están de acuerdo en que es fundamental establecer la prohibición de que la línea telefónica se utilice para asuntos no oficiales. Puede darse el caso que no haya nada que reportar de importancia, pero es necesario tener la línea lista para que al ocurrir algún accidente, rápidamente se informe y sea posible contrarrestar sus efectos.

En los Distritos de Riego servidos por el canal principal exclusivamente, la red se limita a una línea central de la que parten algunos ramales a lo largo de los laterales. En este caso es compacta; sencilla y generalmente no se instala conmutador central.

Cuando el Distrito de Riego es servido por varios canales, como sucede en los que riegan con derivaciones de los ríos, la red es más complicada porque tendrá un ramal principal a lo largo de cada canal y será necesario interconectar los ramales. Esto obliga a tener conmutador central, operador permanente que muchas veces requiere servicio de veinticuatro horas y una clave de señales más o menos complicada, así como el aislamiento de alguno de los ramales mientras se trabaja en otro.

Un tercer tipo de línea telefónica se observa en la etapa de construcción y que se limita a conectar la obra con la estación o población más cercana de alguna importancia.

Del primer tipo pueden citarse como ejemplo las líneas telefónicas del Río Santiago y del Río Conchos. Del segundo tipo es un ejemplo característico el Distrito de Riego de la Región Lagunera, así como el Distrito de Riego del Río Tula. Del tercero, cabe mencionar las líneas Tajo-Angostura, en el Estado de Sonora; Puebla Campamento-Valsequillo en el Estado de Puebla; Polotitlán-Campamento San Ildefonso, en Querétaro, y Torreón-Bermejillo, en el Estado de Durango.

(Continuará.)