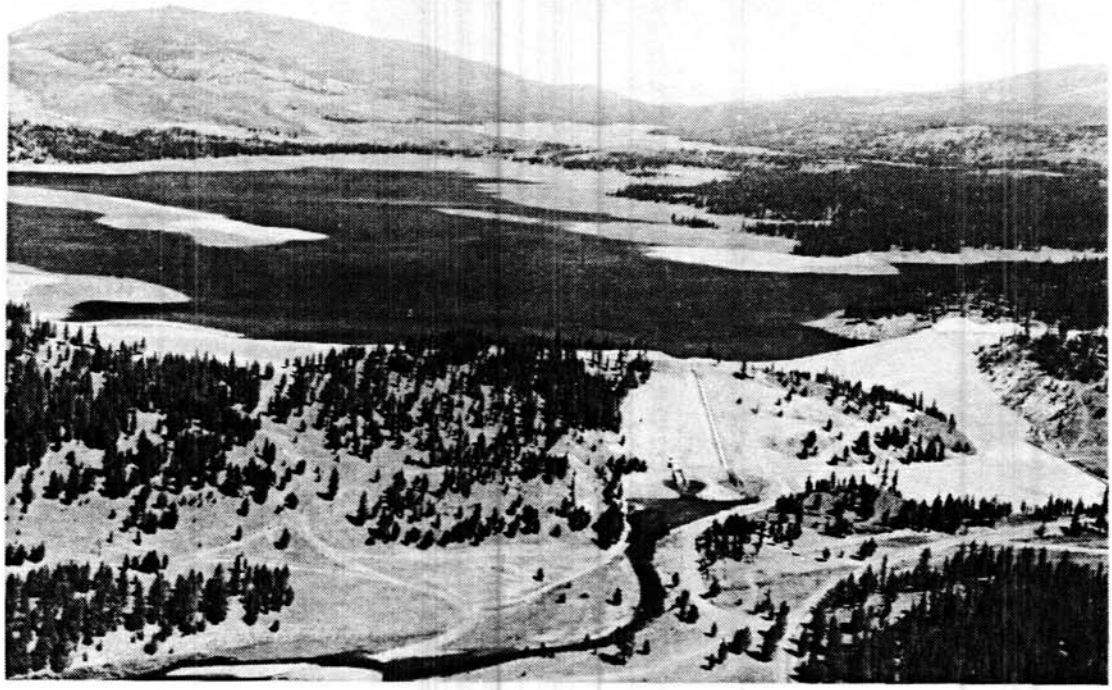
EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO HIDRAULICO

BOLETIN NO. 154

Diciembre de 1990



EN ESTE NUMERO:

Recomendaciones para el Mantenimiento de Compuertas montadas en ruedas y rodillos
Lo que Usted debe saber acerca de las Válvulas
Sistema de Ataguías para la Construcción de una Toma
Un Nuevo Tapon Auricular en Delta
Avances en las Pruebas no Destructivas
Red de Radio Hydromet en el Proyecto Palmetto Bend
Reparación de Tajeas en el sitio del Lago Enid, Mississippi
Enfoque sobre la Presa Stampede y su Embalse

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
Bureau of Reclamation

El Boletín de Explotación y Mantenimiento Hidráulico es una publicación presentada a los operadores de sistemas de abastecimiento de agua. Su objetivo principal es de servir de órgano para el intercambio de información para provecho del personal del Bureau of Reclamation y de los grupos de usuarios de agua en lo referente a la explotación y mantenimiento de las instalaciones hidráulicas.

A pesar de que se hacen todos los esfuerzos posibles para asegurar la exactitud y veracidad de la información presentada, el Bureau of Reclamation no garantiza ni se hace responsable por el uso, o mal uso, de la información contenida en este Boletín.

* * * * *

Ferne Studer, Redactora Administrativa
Bill Bouley, Redactor Técnico
Marie L. Murphy, Traductora
Facilities Engineering Branch
Engineering Division
Denver Office, Code D-5210
PO Box 25007, Denver, CO 80225 EE.UU.
Teléfono: (303) 236-8087 (FTS 776-8087)

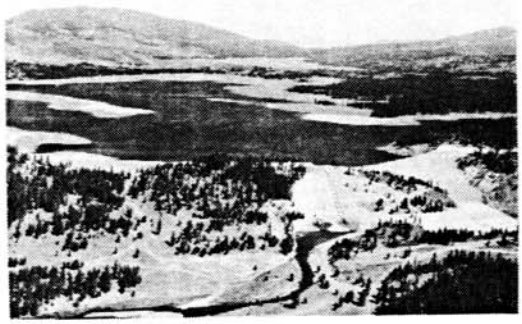


Foto en la portada:

Se enfoca la presa Stampede del Proyecto Washoe en California. Visibles desde la izquierda a la derecha están el dique, las obras de salida, el vertedero y la presa.

Toda informacion contenida en este Boletín referente a productos comerciales no se puede usar con propósitos promocionales o publicitarios, y no se debe considerar como el respaldo del Bureau of Reclamation de ningún producto o compañia.

CONTENIDO

BOLETIN DE EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO HIDRAULICO

NO. 154

Diciembre de 1990

Página

Recomendaciones para el mantenimiento de compuertas montadas en ruedas y rodillos 1

Lo que usted debe saber acerca de las válvulas 4

Sistema de ataguías para la construcción de una toma . 14

Un nuevo tapón auricular en Delta 25

Avances en las pruebas no destructivas 26

Red de radio Hydromet en el Proyecto Palmetto Bend . . 35

Reparación de tajeas en el sitio del Lago Enid, estado de Mississippi. 40

Enfoque en la presa Stampede y su embalse 46

RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE COMPUERTAS MONTADAS EN RUEDAS Y RODILLOS

por Bill Bouley[1]

Las compuertas montadas en ruedas, también llamadas compuertas vagón, se componen de una hoja de acero estructural sobre la cual están montadas ruedas para soportar la carga hidráulica. Las compuertas montadas sobre rodillos se parecen a las compuertas montadas en ruedas, salvo que, en lugar de ruedas, la carga hidráulica queda soportada por un sistema de tren de rodillos o una serie de trenes de rodillos. Estas compuertas son generalmente instaladas como compuertas de guarda para altas presiones tales como las conducciones forzadas o conducciones de desagüe. Los tres sitios en que se instalan generalmente las compuertas montadas en ruedas o rodillos, cada una con su tipo particular para el caso, son los vertederos, el paramento de aguas arriba de una presa y en galerías. Las compuertas montadas en ruedas y rodillos tienen un diseño similar de hoja, el que podría beneficiar de los comentarios presentados a continuación.

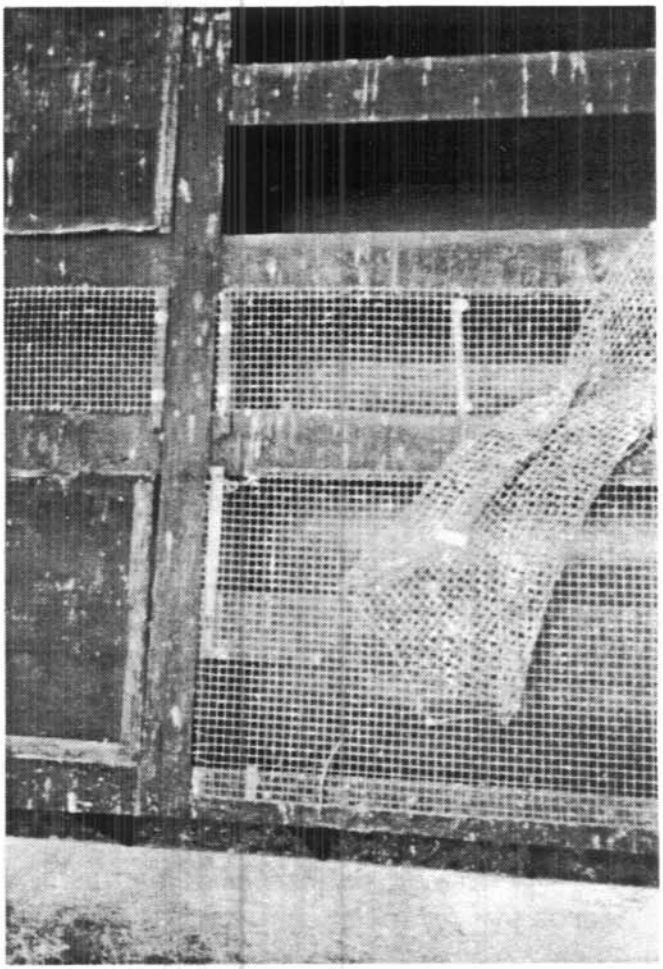
Debido a la configuración de las compuertas montadas en ruedas o rodillos del tipo de superficie, la parte superior de los elementos estructurales está usualmente expuesta a la intemperie. La fuerza de las olas, los desechos llevados por el aire o el agua y los rayos ultravioleta del sol, todos atacan la capa protectora de la compuerta. Charcos de agua dejados por las lluvias en los elementos estructurales superiores pueden crear problemas de corrosión y los desechos acumulados en los mismos elementos pueden tapar los orificios de drenaje resultando en corrosión por acumulación de lluvia o nieve.

El Proyecto de Salt River en Arizona dispone de numerosas compuertas montadas en ruedas o rodillos en sus presas de almacenamiento por toda la zona del proyecto. Para proteger la parte superior de las compuertas contra los rayos ultravioleta, se han instalado, por encima de las compuertas, salpicaderos de metal corrugado dispuestos en declive para prevenir que la acción de las olas del embalse deposite agua y desechos causando corrosión. Paneles de fibra de vidrio corrugados podrían ser más útiles puesto que son más ligeros y aumentan menos el peso total para el dispositivo de elevación.

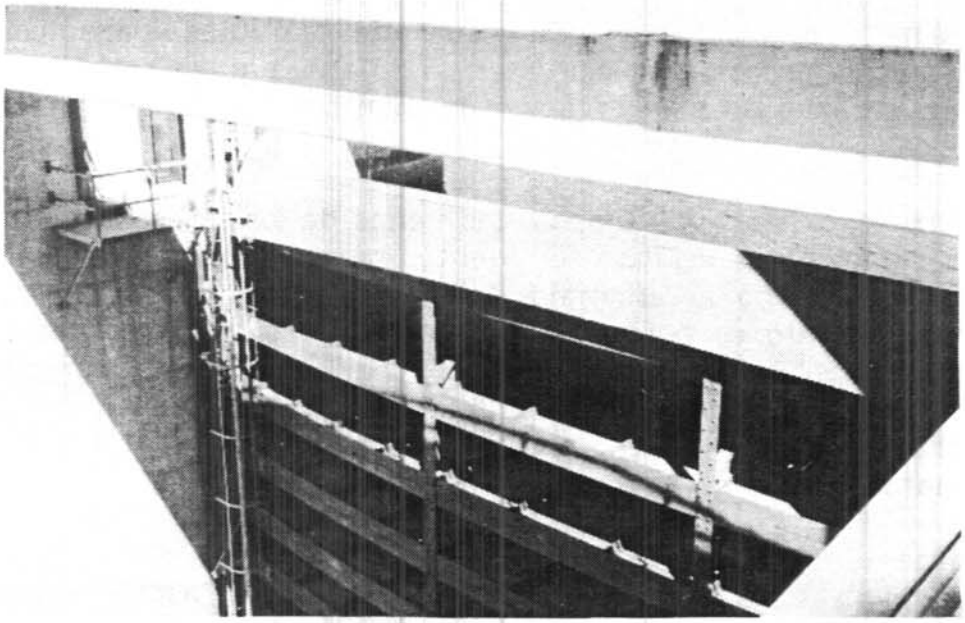
[1]Ingeniero civil en la división Facilities Engineering Branch, Denver Office, Bureau of Reclamation

Las compuertas del tipo de superficie o de galería pueden beneficiar de rejillas de malla metálica adaptadas a los elementos estructurales en el lado de aguas abajo de las hojas de la compuerta. Estas rejillas, fijadas por soldadura de punto a las hojas de las compuertas en la presa Bonny en el este del estado de Colorado, impiden el amontonamiento de nidos de pájaros y otros desechos contra las hojas.

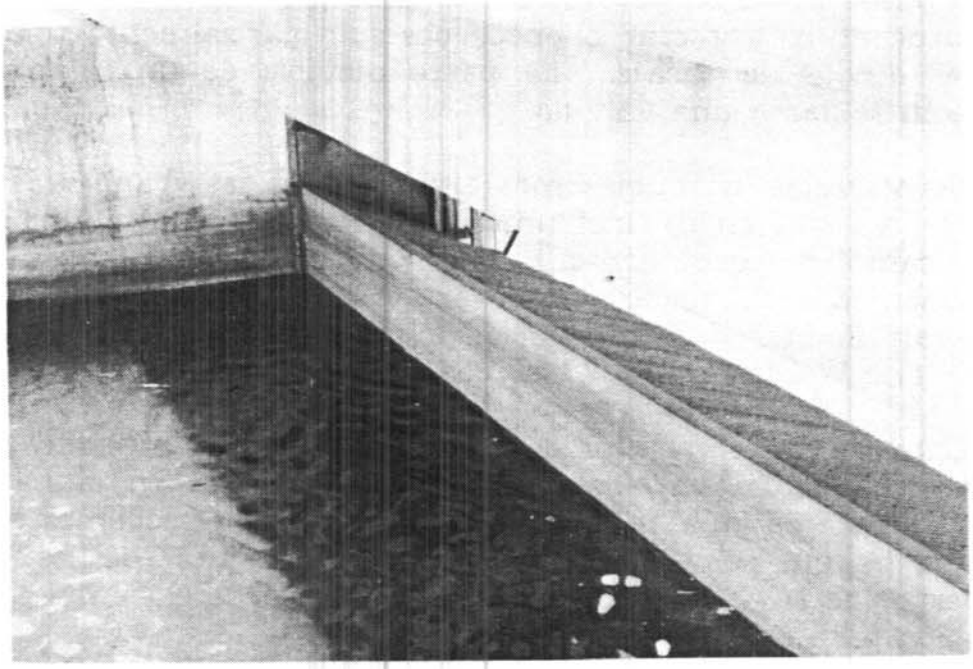
Antes de considerar cualquiera de las modificaciones descritas más arriba, se debe realizar una evaluación del aumento de carga para el dispositivo de elevación.



Fotografía 1.- Rejillas de malla de alambre instaladas en el lado de aguas abajo de la compuerta en la presa Bonny. 5/88



Fotografía 2.- Salpicaderos instalados por encima de las compuertas en la presa Mormon Flat. 4/90



Fotografía 3.- Salpicadero por encima de la compuerta, visto desde el lado de aguas arriba de la presa Mormon Flat. 4/90

LO QUE USTED DEBE SABER ACERCA DE LAS VALVULAS[1]

Mucho tiempo antes de que se fabricara la primera válvula, la naturaleza ya utilizaba toda clase de válvulas para controlar innumerables procesos biológicos en las plantas y los seres humanos. Han sido utilizadas en la creación del hombre, de las máquinas y de la música.

Por ejemplo, existen válvulas en las venas de los seres humanos y de innumerables otras criaturas vivientes para regular el proceso de la vida misma, como lo afirmará todo cirujano cardiólogo o paciente cardiópata. Esto es porque, entre otras cosas, las válvulas pueden cerrar provisionalmente un pasaje u orificio, o permiten el movimiento de un fluido en una sola dirección. Cuando las válvulas del corazón fallan, deben repararse porque de lo contrario, nos enfermamos y nos morimos.

Las almejas o las ostras utilizan un tipo totalmente diferente de válvula protectora al abrir y cerrar su concha. Hasta el frijol tiene una especie de válvula llamada así. Los ejemplos en la naturaleza no se pueden contar.

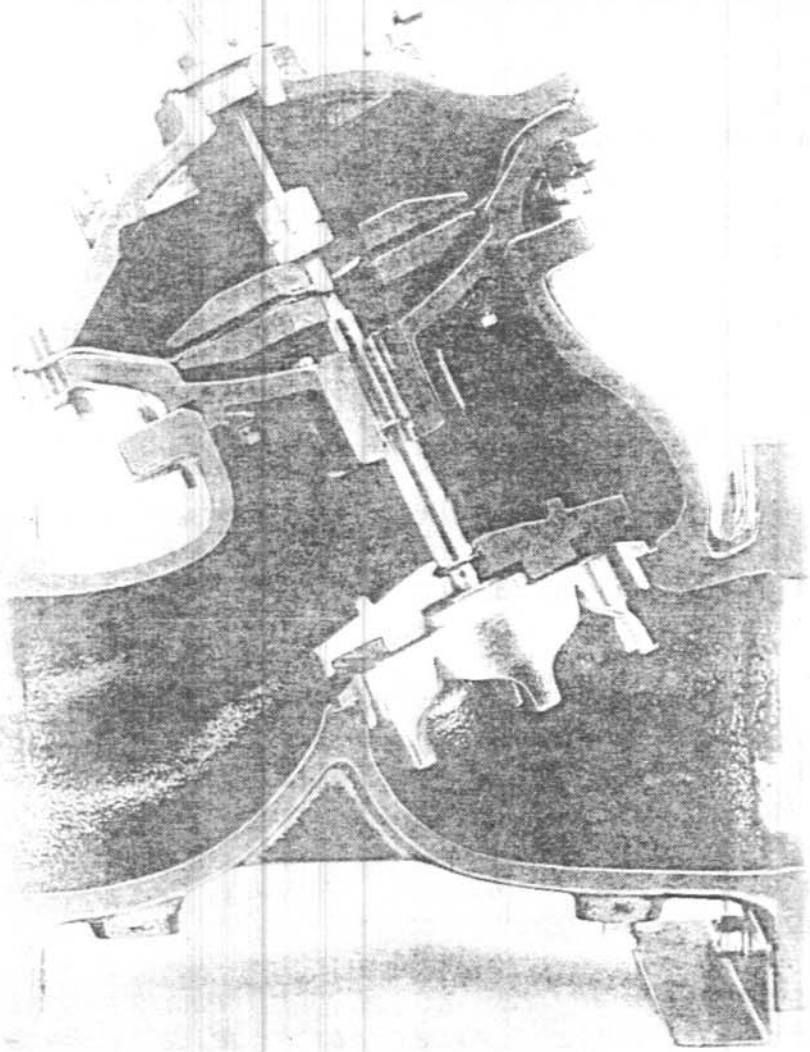
Por otro lado, una válvula fabricada puede ser cualquier dispositivo por medio del cual una corriente de líquido, gas, o material suelto en bulto puede iniciarse, pararse o regularse por una pieza movible que se puede abrir y cerrar o puede obstruir parcialmente una o más salidas o vías de pasaje. La parte movible de un tal dispositivo también se llama una válvula.

Sin las válvulas, no hubieramos disfrutado de las grandes bandas de música, ya que en un instrumento de cobre se utiliza una válvula para cambiar rápidamente la corriente de aire a través de una extensión del tubo para cambiar el tono fundamental por un intervalo definido. (Estas varias definiciones han sido sacadas del diccionario Webster's Ninth New Collegiate Dictionary).

Si posiblemente el inventor de la primera válvula mecánica se valió de algunos de los variados e ingeniosos ejemplos en la naturaleza para servirle de guía, nunca lo sabremos. Lo que podemos decir con certeza es que las válvulas son una parte vital de los métodos modernos de riego para la agricultura y los jardines, y son esenciales también para muchas otras industrias.

---

[1]Reimprimido con permiso del redactor associado, Irrigation Journal, edición de marzo de 1990.



Vista de perfil de una válvula de control activada
por diafragma básico con un tapón obturador V-Port.

Según Larry Schneider, ingeniero de campo para la empresa Bermad Control Valves de Anaheim, California, "La comprensión del propósito y de las limitaciones del equipo utilizado en un sistema de tratamiento de agua hace más fácil y eficaz el trabajo del operario." Al discutir los propósitos y las limitaciones de las válvulas de reducción de presión, el Sr. Schneider señala lo que pueden hacer estas válvulas -- y, de igual importancia, lo que no pueden hacer:

Las válvulas reductoras reducen la presión.- No mantienen, ni sostienen, ni obtienen, ni retienen la presión; no hacen más que reducirla. Estas válvulas reducen presiones de alta fluctuación aguas arriba para convertirlas en presiones estables aguas abajo.

No pueden producir presión.- Una válvula reductora no es capaz de producir presiones en un sistema. Por ejemplo, si la presión aguas

arriba de una válvula reductora fuera a caer cerca de o por debajo de un punto de ajuste, no le quedaría a la válvula ninguna presión que reducir. Las presiones tanto aguas arriba como aguas abajo de la válvula caerán. Un productor de presión, tal como una bomba, debe activarse para crear otra vez la presión.

Estas válvulas no regulan el caudal por minuto.- Si bien las válvulas reductoras reducen continuamente la presión, no regulan la tasa del caudal por unidad de tiempo. En momentos de alta demanda de flujo, las válvulas estarán casi completamente abiertas y cuando baja la demanda, estarán casi cerradas. En ambos casos, una presión estable será mantenida aguas abajo. Es sorprendente hasta que punto una válvula puede cerrarse para regular una presión deseada.

¡Las válvulas reductoras pueden engañarse! Estas válvulas sienten la presión aguas abajo a través de un caño o tubo de cobre conectado al lado inferior de la válvula. Algunas veces estas lecturas pueden ser erróneas.

Puede equivocarse la válvula, por ejemplo, de existir una pendiente abrupta inmediatamente aguas abajo de dicha válvula, combinada con una alta demanda de agua. El efecto de succión del agua que cae rápidamente en forma de cascada puede dar una señal falsa en lo referente a la verdadera presión. Esto puede causar un malfuncionamiento de la válvula y obligarla a buscar constantemente el punto de control.

Las válvulas reductoras no pueden reaccionar ante cambios de elevación que ocurren aguas abajo de la válvula.- Dentro de cualquier sistema, la presión después de una fuerte caída puede volver a su lectura original debido a la carga estática. El efecto al final del recorrido podría indicar que la válvula no está funcionando bien. Sin embargo, estas válvulas sólo pueden controlar la presión en la línea central de la válvula, y se deben tomar en cuenta las elevaciones más altas o más bajas aguas abajo de la misma.

Las válvulas reductoras pueden quedar atrapadas.- No pueden reaccionar instantáneamente a cambios bruscos en un sistema. Por ejemplo, en un sistema de riego por aspersores, éstos se prenden uno por uno mientras se abre más y más la válvula reductora. En cada etapa, la válvula controla correctamente la presión.

Si la demanda de caudales es muy alta, la válvula puede estar completamente abierta. Sin embargo, si de repente todos los aspersores se cerraran simultáneamente, la válvula se quedaría totalmente abierta. Se registraría instantáneamente una presión máxima de bomba por todo el sistema de tubería porque la válvula no puede reaccionar con suficiente rapidez para cerrarse. La válvula

está atrapada en una posición completamente abierta y no puede reducir la presión sino hasta que el exceso de presión haya sido eliminado de la tubería.

Las válvulas reductoras no quedan siempre bien cerradas.-- Normalmente, las válvulas reductoras se cierran conforme va bajando la demanda. Luego, si la corriente se para totalmente, la válvula se cierra y queda obturada, previniendo toda acumulación de presión aguas abajo.

Pero objetos tales como escamas, tierra, orín y calcio, o depósitos de cal pueden impedir el cierre total de la válvula. Por lo tanto, una fuga causada por una partícula de arena puede permitir la transmisión de la plena presión de aguas arriba al lado de aguas abajo.

Las válvulas reductoras modulan.- Frecuentemente, se les instalan interruptores para encender luces, activar alarmas o arrancar bombas. Por ejemplo, conforme se va abriendo la válvula, un interruptor puede arrancar una segunda bomba, o conforme baja la demanda un interruptor puede desconectar los cloradores.

Pero las válvulas reductoras siempre están realizando ajustes y reajustes para compensar las fluctuaciones de demanda o presión. Bajo ciertas condiciones, el interruptor controlado por la válvula puede iniciar un arranque/parada de la bomba varias veces por segundo. Para prevenir esto, se deben incorporar barras de cierre o dispositivos de retardo en el diseño del circuito del interruptor que usa una válvula para controlar un componente del sistema.

Las válvulas reductoras necesitan presión para funcionar.- Dependen de la presión en la tubería para activarse. Si el agua no puede alcanzar el actuador de control, la válvula no dispondrá de la presión requerida para funcionar.

Estas válvulas han sido diseñadas para tiempos de reacción promedios.- Después de un cambio de presión, se necesita tiempo para que la válvula sienta el cambio y reaccione. Si los cambios son más frecuentes, más abrutos, o más rápidos que el tiempo de reacción de la válvula, puede ocurrir una rebaja de exactitud o una embolada excesiva o de mayor amplitud.

Las válvulas reductoras están diseñadas para condiciones promedias, y puede ser necesario hacer reajustes para cambios más rápidos. Esto puede hacerse usando una válvula de control de velocidad para aquietar el funcionamiento de la válvula.

Las válvulas reductoras requieren una presión diferencial mínima para activarse.- La mayoría de estas válvulas dependen de un flujo

dado o presión mínima para funcionar. Una válvula con una presión de 3,86 kg/cm^2 aguas arriba, dispuesta para controlar 3,65 kg/cm^2 aguas abajo, puede demorar mucho antes de reaccionar. En este ejemplo, el diferencial de 0,21 kg/cm^2 debe sobreponerse a la rigidez del actuador y a la pérdida por rozamiento de objetos en la tubería de control.

Las válvulas reductoras suelen ser extragrandes.- Los diseñadores de sistemas hidráulicos tienden a utilizar dimensiones excesivas al determinar el tamaño del equipo. Escogen muy seguido bombas de mayores capacidades de lo que se necesita y la fricción en los tubos resulta ser menos de lo anticipado, sobre todo si los tubos antiguos se reemplazan con tubos nuevos de plástico. El resultado es un caudal excesivo de la bomba.

A veces se espera que las válvulas reductoras compensarán este gasto excesivo y volverán a poner el sistema en las condiciones de diseño. Algunas veces las válvulas son tan grandes y la demanda es tan pequeña que la válvula reductora queda cerrada la mayor parte del tiempo. Rebote cíclico, o repiqueteo, puede resultar porque los caudales sobrepasan la capacidad de la válvula.

El Sr. Schneider también ofrece lo que él llama "una lista de cosas que Ud. debería conocer acerca de las válvulas de control de bombas." Otra vez, algunos de sus comentarios podrían sorprender a los lectores. Por ejemplo:

¡Las válvulas de control de bombas no controlan las bombas!- Motores, interruptores, relés y propulsores son los elementos que controlan las bombas. Las válvulas de control solamente se abren y cierran y dan una indicación de la posición de la embolada. La señal de posición está conectada al circuito eléctrico de la bomba y responde a los controles de la bomba.

Otros nombres se usan también para describir esta función, tal como "válvula de regulación eléctrica de bomba". El propósito de la válvula es el de cerrarse mientras esté funcionando la bomba. Una vez cerrada la válvula, el interruptor de posición sobre la misma hace parar la bomba. Se previenen los flujos invertidos, sin el ruido ni el choque que ocurren frecuentemente cuando el fluido cierra una válvula de regulación.

Apagando la bomba puede ser cosa sería.- Un sistema típico consiste de una bomba y de una válvula reguladora. Tarde o temprano, si se instalan suficientes sistemas y si las condiciones lo favorecen, una parada de la bomba causará golpes de ariete. Se han visto casos en que la sobretensión repentina ha llegado a tumbar la bomba de su base.

Se han utilizado válvulas reguladoras de todos tamaños, formas y tipos para tratar de prevenir las sobretensiones así como para prevenir flujos invertidos del agua. Todos estos dispositivos son diseñados para combatir las condiciones hidráulicas después de la parada de la bomba. En otras palabras, las válvulas reguladoras atacan directamente el problema. Las válvulas de control de bombas previenen el problema antes de su ocurrencia.

Hay muchos tipos de válvulas de control de bombas.- En teoría, cualquier válvula puede convertirse en una válvula de control de bomba. Las válvulas de dos alas, válvulas cónicas y válvulas de flotador, todas han sido utilizadas para ese propósito.

Las válvulas esféricas son comunmente aceptadas como las más útiles por ser que funcionan directamente a partir de la presión que ya existe en la tubería. El área del diafragma es casi dos veces el área de la tubería. La fuerza de cierre es dos veces la fuerza de abertura. La válvula es autocontenida y esencialmente autoelevadora. No hay necesidad de aire exterior, aceite o electricidad.

Las válvulas de control de bombas son más que simples válvulas reguladoras.- Hay válvulas reguladoras de disco, de columpio, con guía centradora, de disco inclinado, esféricas y de disco plegable.

Muchos clientes tienen la tentación de usar la válvula de control de bomba sin dispositivos eléctricos, como una simple válvula de regulación con guía centradora. Esto es posible, pero un válvula de regulación siempre conserva su carácter regulador. Si la velocidad de cierre es demasiado rápida, pueden ocurrir ruidos fuertes y golpes de ariete. Si la velocidad de cierre es demasiado lenta, habrá inversión del flujo que puede invertir la rotación de la bomba.

Es posible que nunca se encuentre un justo medio. El cliente tiene que aceptar las limitaciones de sus válvulas reguladoras. La adición de un interruptor limitador y de una válvula de solenoide creará una verdadera válvula de control de bomba.

Las válvulas de control de bombas pueden tener otros usos útiles.- La ventaja de las válvulas esféricas del tipo "autocontenido" consiste en que muchos aspectos particulares han sido diseñados para la válvula. Al agregar un piloto de control a la tubería de control, el cliente puede crear una válvula de reducción de presión que mantendrá una presión estable aguas abajo en el sistema.

Pilotos que sostienen la presión no permiten a la válvula abrirse a no ser que se obtenga una presión previamente establecida aguas arriba. Una vez lleno un depósito, un piloto de altitud hará parar la bomba. Las válvulas de control de velocidad permiten un llenado lento de un

sistema vacío o bien un paro lento, casi imperceptible, del abastecimiento de agua. Todo esto se hace al utilizar la presión ya presente en la línea para propósitos de control. No ne necesita ninguna energía externa.

Tres válvulas de refuerzo para control de bombas controlan tres bombas separadas

Las bombas también pueden tener problemas en el arranque.- Sucede a veces que las bombas de pozos profundos pueden causar fuertes golpes de ariete en el momento del arranque. Un método típico es de vaciar la columna de aire en algún punto entre la válvula y la bomba. Cuando la válvula de descarga de aire se cierra bruscamente y la bomba de control no está todavía abierta, puede resultar un choque.

Se puede utilizar en cambio una válvula reductora de presión por descarga de aire. Esta válvula no se cierra abruptamente al alcanzarla el agua. Al contrario, el agua pasa a través de la válvula a ser ventilada. La gradual acumulación de presión en el tubo de control y en el diafragma cierra la válvula con la lentitud deseada. Si el piloto de purga siente una presión excesiva, la válvula se vuelve a abrir para dar escape al aire.

Las válvulas de control de bombas siguen protegiendo la bomba al suceder una falla de energía.- Cuando falta potencia, estas válvulas se convierten otra vez en sofisticadas válvulas reguladoras. Es necesario realizar un cierre rápido para prevenir una contracorriente. Los fabricantes han concebido muchos métodos ingeniosos para accelerar el cierre. Algunos utilizan un árbol estriado o un disco de elevación. Otros utilizan un solenoide que permirá parar el flujo a través de un circuito de diámetro más grande a una velocidad más rápida.

Los diseños de actuadores de diafragma de doble cámara no requieren aspectos especiales. No dependen de la condición del solenoide ni controlan la capacidad en la tubería. El cierre se hace por medio de

la reducción de presión en el tubo. Se previene la inversión de la corriente de agua y el cierre es silencioso.

La falta de potencia en algunos casos de control de bombas puede reclamar una atención particular.- Analizando las sobrecargas creadas por las faltas de potencia es un problema que aun los expertos no llegan a solucionar. La mayor parte de las instalaciones de bombeo son simples, pero algunas pueden ser muy complejas.

En términos sencillos, cuando una bomba se para en el momento de una falta de potencia, el movimiento del agua sigue impulsándola. Este movimiento hacia adelante hace que se extienda el agua y crea una onda zonal de baja presión. El aplastamiento también crea una onda.

Las amplitudes de onda circulando a través del tubo pueden combinarse y ocasionar presiones muy altas. Una onda avanzando a 1220 m/seg y creando un aumento de presión de 3,51 kg/cm^2 para cada metro/segundo de pérdida de velocidad de flujo no sorprendería a ningún experto. En tales casos, los clientes instalan válvulas especiales que pueden anticipar una onda de sobrecarga. También usan válvulas de alivio de apertura lenta.

Las válvulas de control de bombas pueden prevenir el agotamiento de la bomba.- Se puede instalar un piloto en la válvula para controlar la succión de la bomba. Si la presión baja demasiado, la válvula empieza a reducir la corriente. Esto previene que la bomba falte de agua o se agote.

Muchas veces se inicia por interruptor un arranque/paro repetido de las bombas instaladas en depósitos si los niveles bajan demasiado. Un piloto de aspiración hace lo mismo hidráulicamente por regulación. La bomba puede seguir funcionando con la debida carga de aspiración positiva neta.

Las válvulas de control de bombas pueden mantener constante el flujo de la bomba.- Otro aspecto útil de un piloto es el de utilizarlo para controlar tanto la presión de aspiración como la de descarga. Este es un piloto de presión diferencial que sirve para obturar la válvula de control de la bomba para mantener un diferencial previamente establecido.

Al mirar la curva de caudales de una bomba, se puede ver que al mantenerse una presión diferencial se mantiene indirectamente una tasa de caudal constante. El flujo permanece muy estable, sin importar las fluctuaciones de presión.

Estas válvulas pueden ser el deleite de los expertos.- Grupos electrónicos completos están disponibles para hacer de una válvula de

control de bomba la más sofisticada posible. Una computadora en la caja de control de la válvula puede mandar el paro de la bomba si la presión no se obtiene dentro de un minuto.

Existe un paro automático cuando falla cualquier componente y advertencias de que la válvula no se abrió o no se cerró. Los grupos tienen luces en caso de falla de corriente, alarmas de baja presión, y marcado automático. Los retardos de tiempo pueden cambiarse y ser reprogramados en el sitio de trabajo, y todo esto con luces de colores, timbres y faros intermitentes.

La division de riego, Cla-Val Company Irrigation Division de Newport Beach, California, señala que la necesidad de control es vital para todos los sistemas de bombeo de agua y advierte que las onda de choque hidráulico creadas por el arranque y paro de bombas en sistemas hidráulicos pueden ser potencialmente dañosas para el sistema si no existe el debido control.

Afirma el personel de dicha empresa que los siguientes elementos son esenciales para un sistema de válvulas de control de bombas: Control de sobrecargas, de golpes de ariete, de funcionamiento reverso de bombas, de reversos de presión, de la presión de aspiración y presión de descarga de las bombas. El tipo de control requerido dependerá del diseño del sistema y de las condiciones existentes.

Los medios para proveer el control requerido son varios. Van de una simple válvula de regulación, que controla los caudales reversos únicamente, hasta los sistemas de alta precisión que proporcionan una operación completa, suave y automática, tanto para el arranque como para el paro de la bomba.

Las válvulas de la empresa Clayton Automatic Valves sirven para todas estas funciones. La empresa afirma que sus válvulas ofrecen "la flexibilidad para satisfacer las demandas cambiantes de los sistemas existentes de riego automatizado y se especializa en válvulas para el control de sobrecargas, presión, lavado de filtros y control remoto, entre otras, y dispone de válvulas concebidas para los sistemas de riego de pivote central.

Mark Hewitt, gerente de ventas en el noroeste para la empresa Netafim Irrigation, Inc. cuya oficina principal se encuentra en Valley Stream, New York, concluye nuestra encuesta con un informe sobre una nueva válvula de diafragma. Mientras que sea singular en su construcción y modo de operación, es sin embargo típica de la innovaciones que los fabricantes de válvulas en todas partes están constantemente tratando de incorporar en sus productos con el fin de servir mejor al mercado del riego.

"En recientes años", dice el Sr. Hewitt, "los adelantos en la tecnología de materiales han permitido la construcción de un tipo totalmente nuevo de válvulas, con un funcionamiento notablemente sencillo y con pérdidas de presión extremadamente bajas. Esta válvula esta caracterizada por un pasaje de agua directo."

Al igual que la mayoría de las válvulas automáticas, observa el Sr. Hewitt, esta válvula utiliza una presión hidráulica actuando sobre un dispositivo interno para abrir y cerrar la válvula. "Sin embargo," revela él, "lo que rinde esta válvula singular es la aplicación directa de agua a las superficies de un solo diafragma para controlar la apertura y cierre de la válvula. Esencialmente, el diafragma es el único componente movible de la válvula! La construcción muy particular del diafragma es lo que hace esto posible."

Las pérdidas de presión a través de este tipo de válvula se mejoran mucho en comparación con las válvulas de modelo tradicional, afirma el Sr. Hewitt. En muchas situaciones, es posible instalar una válvula de diafragma de tamaño mucho más pequeño de lo que hubiera sido necesario de haberse instalado un tipo diferente de válvula, sin sacrificar la eficiencia hidráulica.

Una segunda ventaja clave de estas válvulas es su fácil mantenimiento. Las únicas partes internas de estas válvulas son un diafragma y un resorte, y estas piezas pueden repararse sin remover la válvula de la línea de servicio.

Además de su operación automática simplificada, dice el Sr. Hewitt, el surtido de válvulas hidráulicas Dorot puede realizar una variedad de funciones de control de agua y presión, incluso regulación de presión, alivio de presión y aforo de caudales.

"Estas ventajas de simplicidad, eficacia, y fácil mantenimiento hacen de las válulas de diafragma la válvula de preferencia para los mercados siempre cambiantes de la agricultura, de los parques y jardines y de la industria", concluye dicho señor.

No solamente existe una válvula para cada aplicación, sino que se brinda una selección más amplia para cada uso. Esperamos que esta breve encuesta proporcionará al lector una mejor comprensión de las válvulas disponibles en la actualidad.

EL SISTEMA DE ATAGUIAS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA TOMA[1]

por Eric Erickson[2]

El agua se entrega a los usarios de distintas maneras. Si la cantidad ha de ser pequeña, la entrega se puede hacer por medio de una bomba situada al lado del canal. La mayoría de las entregas, sin embargo, se hacen por salidas especiales llamadas tomas, construidas a través del revestimiento del acueducto. Estas tienen aperturas que alcanzan casi hasta el fondo del acueducto. Las aperturas están protegidas por rejillas y forman parte del diseño original del revestimiento del canal, instaladas durante la construcción inicial cuando no había agua en el acueducto, pero un vez lleno éste, la construcción de una toma significaría el paro de las entregas, debiéndose vaciar el agua y cortar a través del revestimiento de hormigón. Esto sería difícil sino imposible de realizar. No anticipábamos esta necesidad. Pero, en la instalación San Luis Field Division, efectivamente se presentó dicha necesidad.

El distrito de riego, Pinoche Water District, es un cliente de muchos años. Sus tres tomas fueron construcciones originales y ahora tiene derecho a más agua a consecuencia de nuestra nueva asociación cón el Canal Delta-Mendota. Puesto que este canal es mucho más bajo que el acueducto California, las nuevas aportaciones de agua tendrían que ser elevadas al nivel de reserva por nuestras bombas. Esto aumentaría el costo del agua. La solución ideal, desde luego, era de construir una toma en el mismo acueducto sin requerir ningún levantamiento. Pero esto ocasionaría todos los problemas mencionados más arriba. Sin embargo, el cliente tiene ahora sus nuevas tomas a partir del acueducto y nuestras entregas de agua nunca fueron interrumpidas. Esto se realizó de la siguiente manera.

Es evidente que se debía construir una toma. Pero cómo, ¿sin parar la corriente de agua? Los ingenieros de la firma Stoddard and Associates, de Los Baños, California, idearon un ataguía especialmente construido para circuir toda la zona de trabajo para que las entregas de agua pudieran continuar por un lado y la nueva construcción progresar por el otro. Esto significaba que el ataguía tenía que adaptarse perfectamente a la configuración del revestimiento del acueducto hasta el punto más bajo de la construcción para eliminar toda posibilidad de fugas de agua. De hecho, el ataguía (reposando sobre un empaque de caucho) cabía tan bien que sólo hubo fugas

---

[1]Reimprimido con permiso de Information Officer, Office of Public Information and Communications, California Dept. of Water Resources, Sacramento, California, del Boletín Técnico No. 81, edición de enero/febrero/marzo de 1990.

[2]Eric Erickson trabaja en la Technical Information Development Section, California Dept. of Water Resources, PO Box 942836, Sacramento, California 95814 USA; teléfono: (916) 445-1141

alrededor de unos pernos del ataguía. El ataguía fue fabricado en un taller y luego fue llevado por camión al sitio de la obra. Una grúa mecánica lo levantó y lo situó perfectamente. Para aumentar el peso y asegurar una buena impermeabilización, 18 bloques de hormigón (de 3 m x 1,83 m) fueron colocados alrededor del borde superior del ataguía. Los brazos del ataguía también fueron asegurados por varios pernos de 60 cm en el revestimiento. Luego se cortó el revestimiento en la configuración de las futuras tomas y la tierra se removió para corregir el nivel. Se virtió hormigón en el encofrado para crear la apertura de la toma y de las líneas de entrega.

Acabada la nueva construcción, se instalaron compuertas de regulación controles y rejillas para desechos. Se compactó y se niveló tierra alrededor de la nueva toma. En último, se removió el ataguía de protección. La nueva toma es idéntica a las que ya existían.

Todo esto es más fácil decirlo que hacerlo. Surgieron dificultades. El manejo del ataguía fue una obra enorme. Los brazos miden 10 m de lado a lado, la cara es de 9 m de ancho y mide 2,75 m de alto. Se tuvo que rebajar un poco el nivel de agua del acueducto durante el trabajo, obligando a algunos clientes obtener su agua por bombas provisionales para elevar el agua hasta el sitio normal de toma. Este fue el único cambio funcional y no se interrumpieron las entregas.

Muchas de las actividades de construcción de la nueva toma están ilustradas en las fotografías que aparecen a continuación. Para más detalles, sírvase escribir o telefonear al autor del presente artículo.

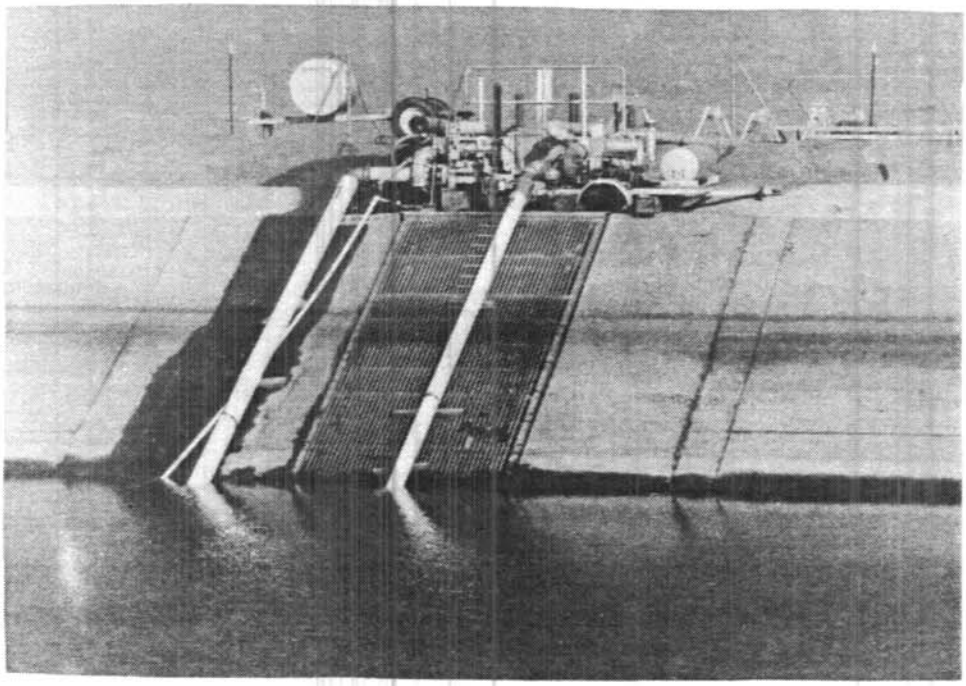


Figura 1.- Bombas de sifón de los clientes sacan agua del acueducto cuyo nivel fue rebajado durante la construcción de la toma.

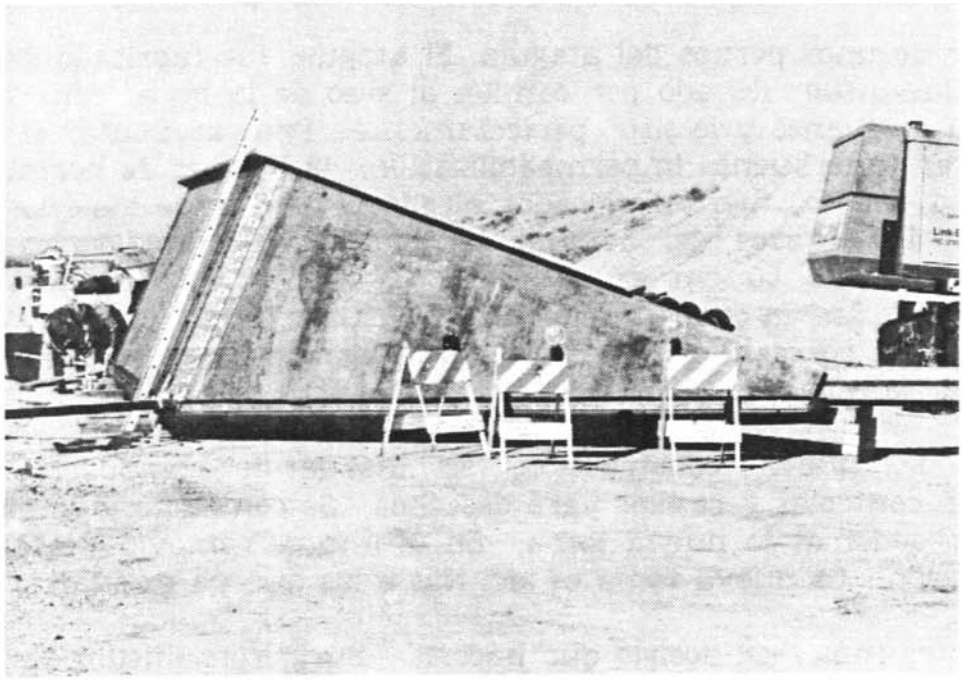


Figura 2.- El ataguía.

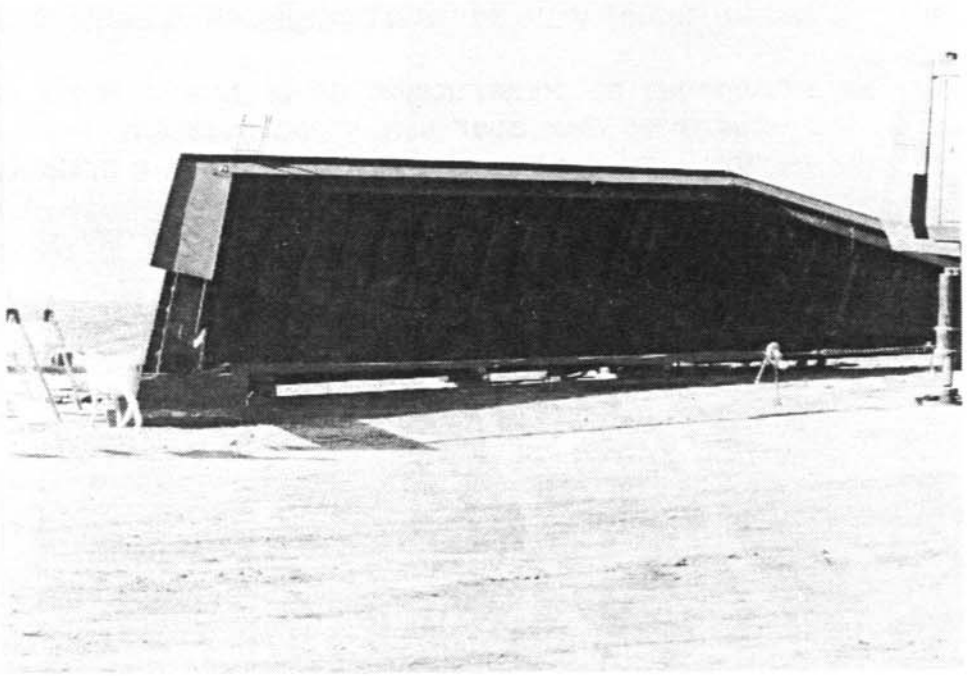


Figura 3.- El ataguía.

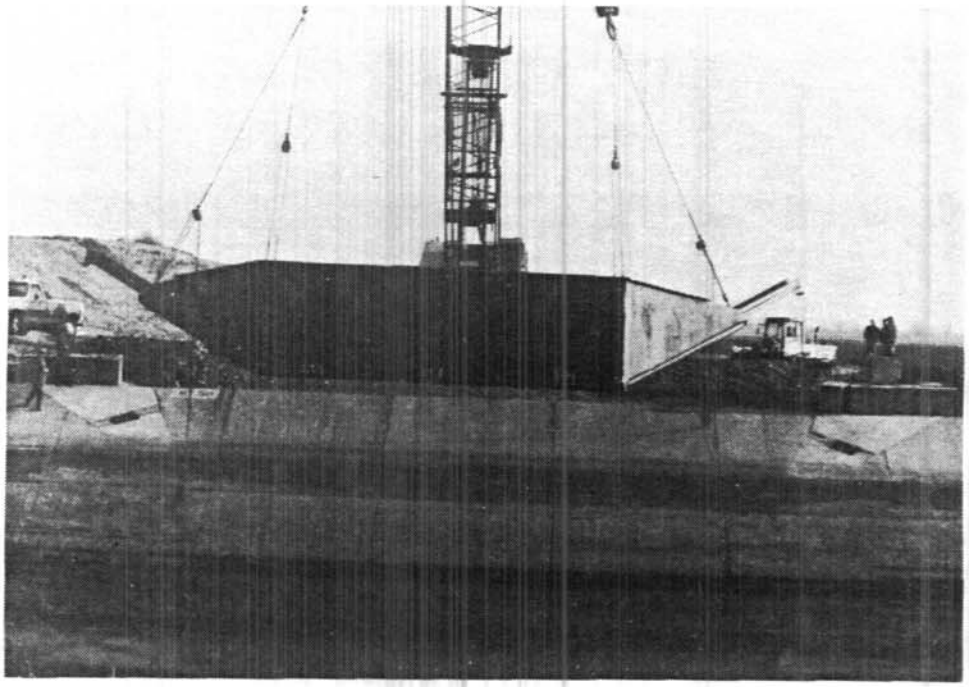


Figura 4.- Se baja el ataguía.

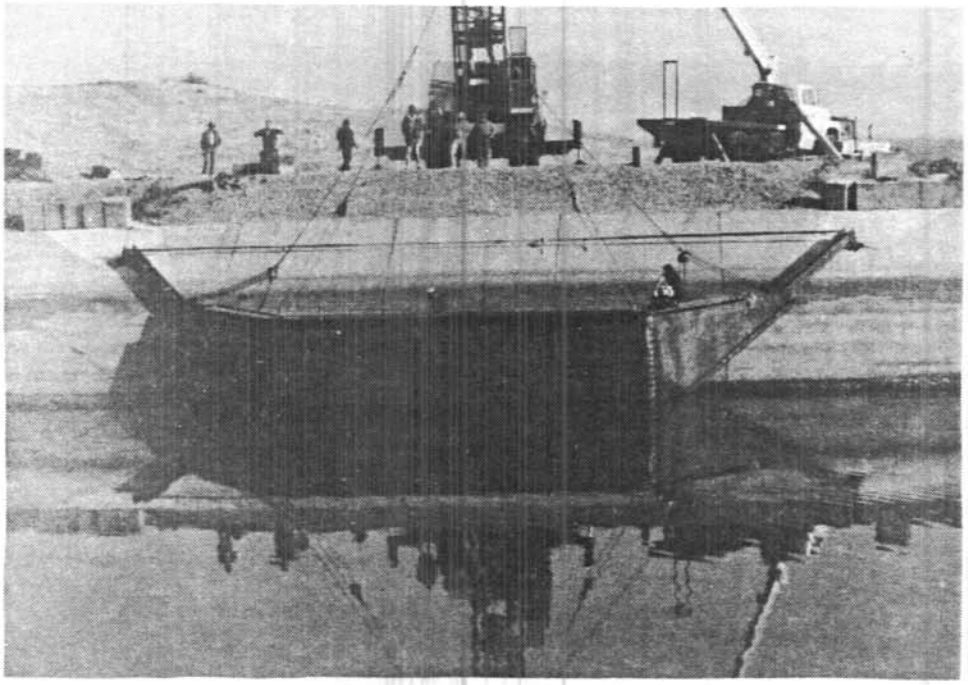


Figura 5.- Se baja el ataguía.

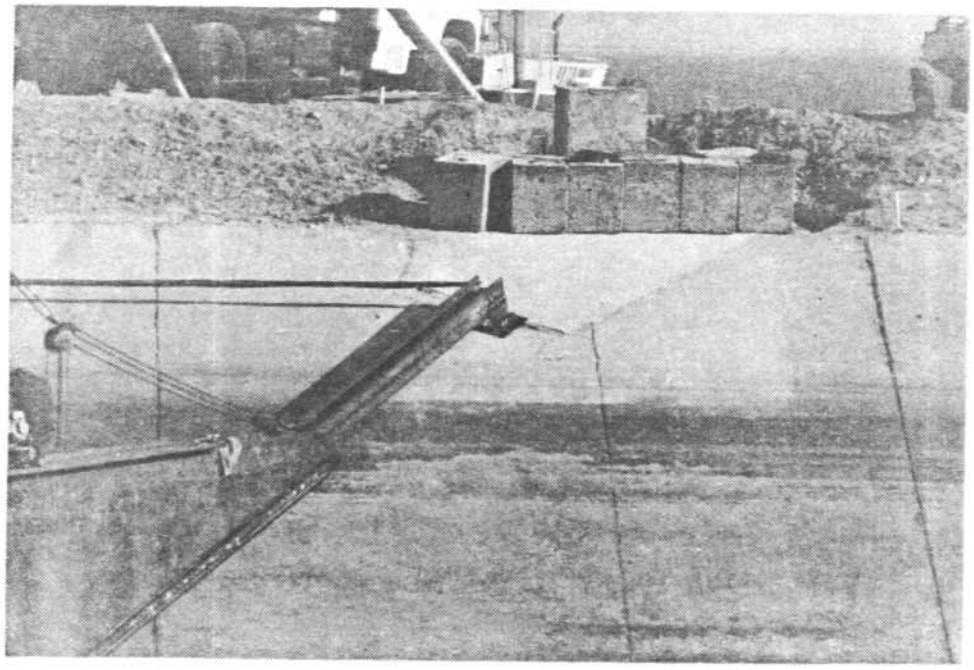


Figura 6.- Se asegura el brazo del ataguía en su debido lugar (pesos de hormigón en la orilla del canal).

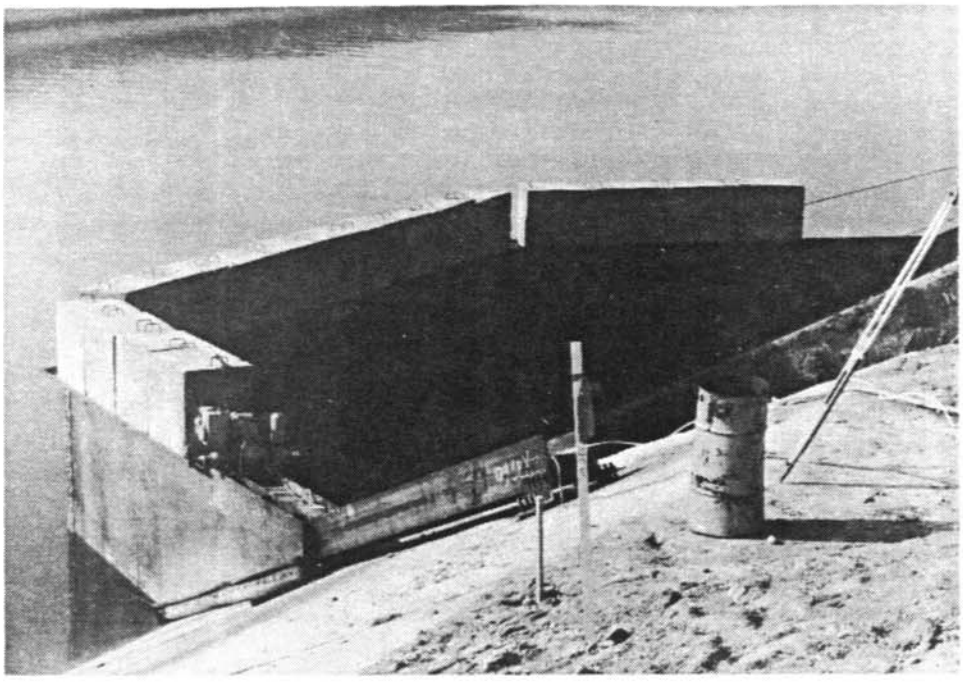


Figura 7.- El ataguía ya colocado (nótense los pesos de hormigón).

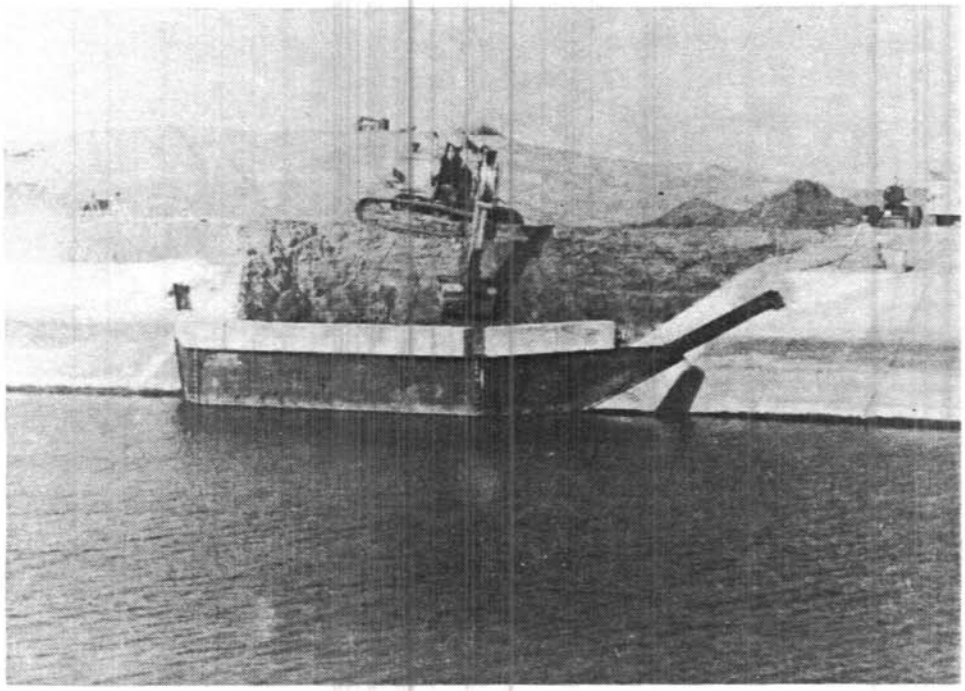


Figura 8.- El revestimiento ya cortado, se sigue con la excavación.

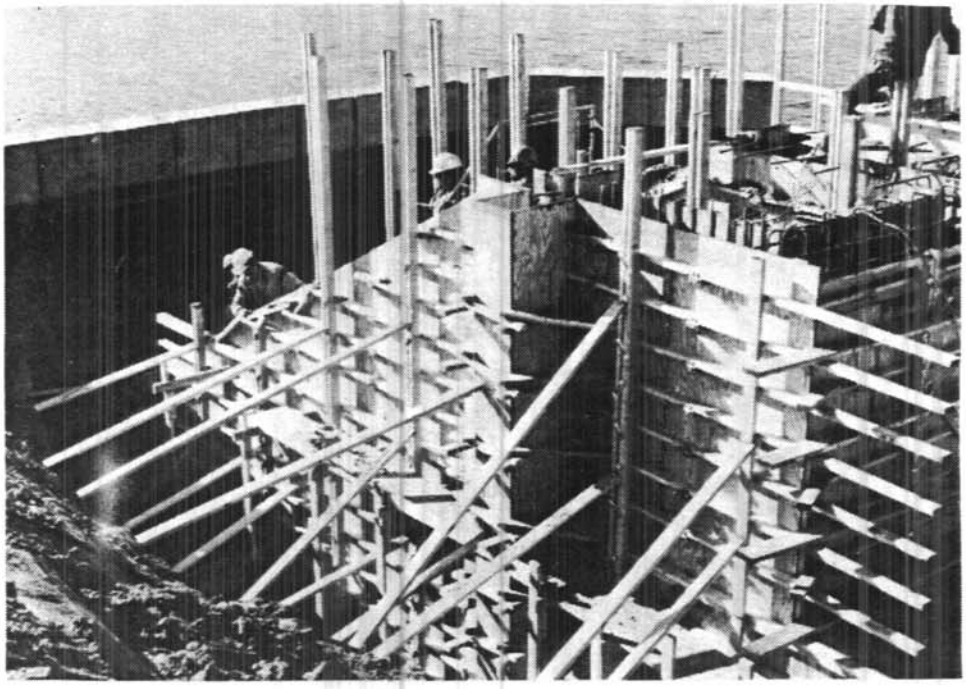


Figura 9.- Se construyen los encofrados destrás del ataguía.

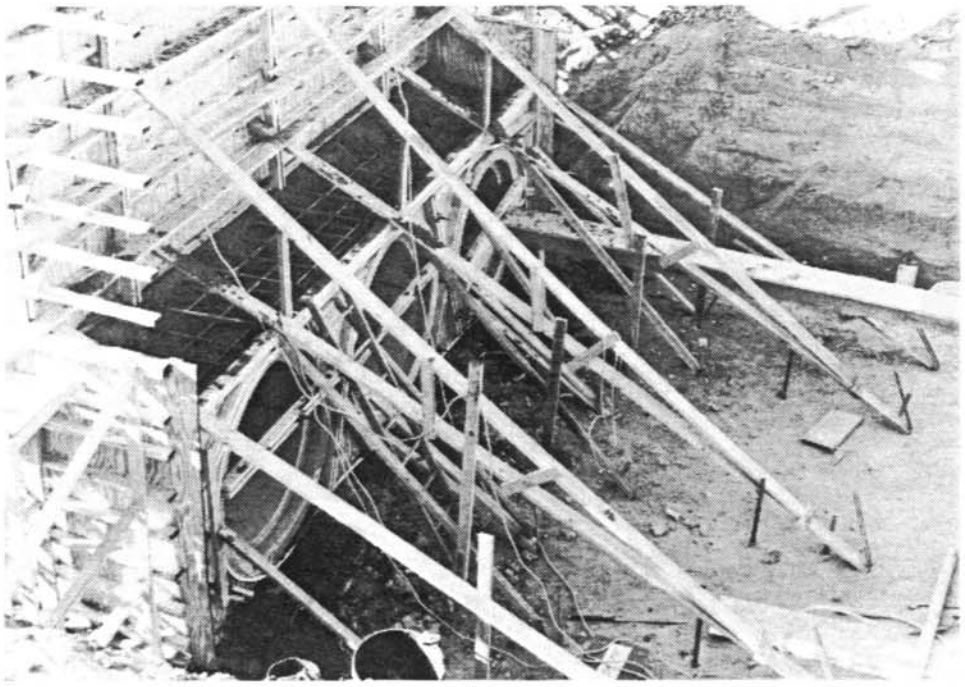


Figura 10.- El encofrado alrededor de los tubos de desagüe.

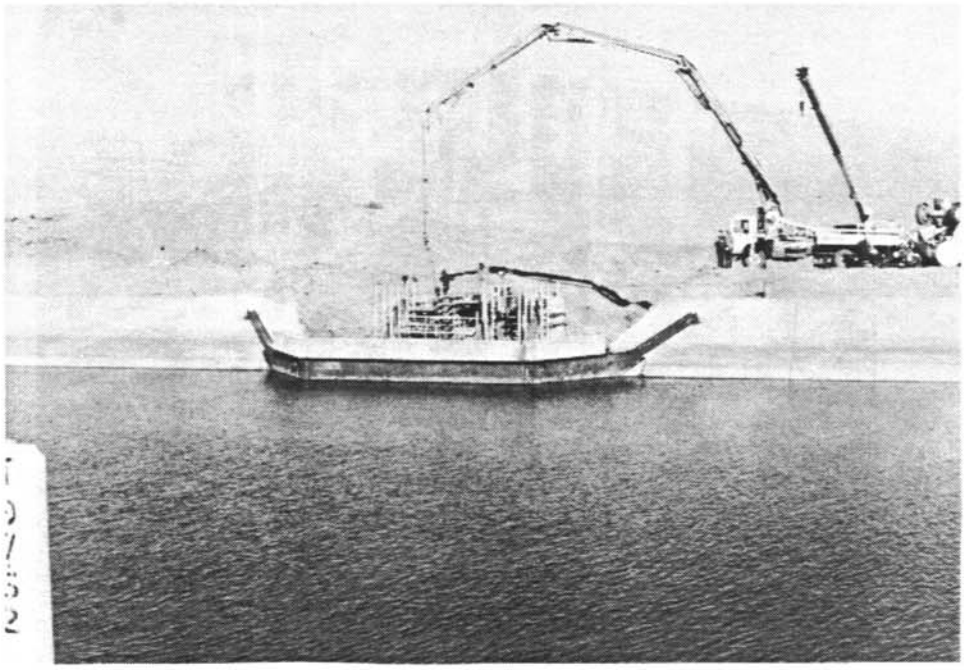


Figura 11.- Se bombea hormigón en el encofrado.

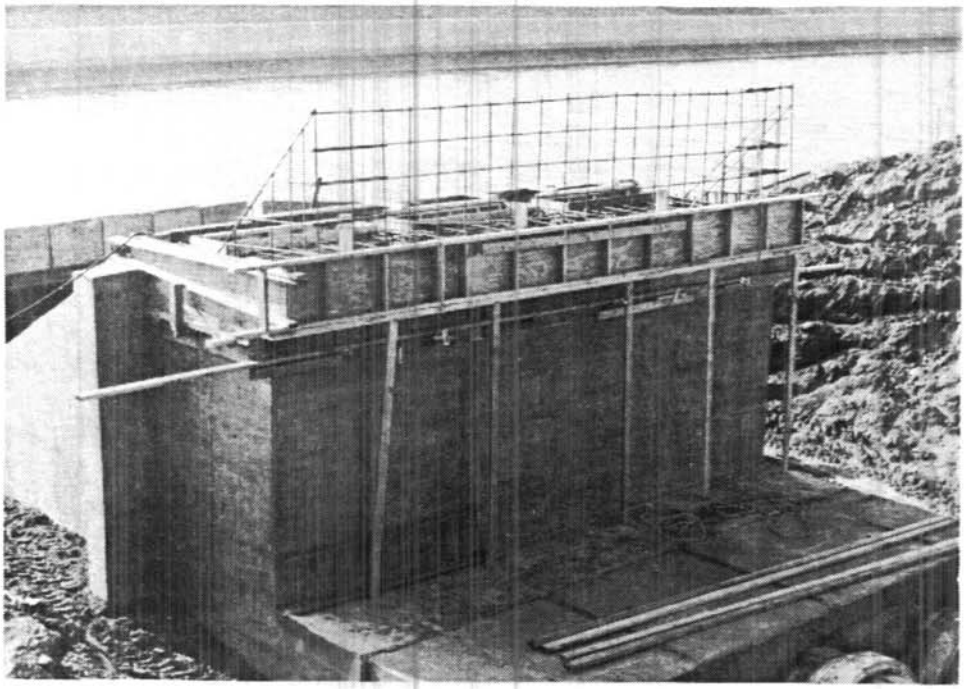


Figura 12.- Se remueve el encofrado de la obra de toma.

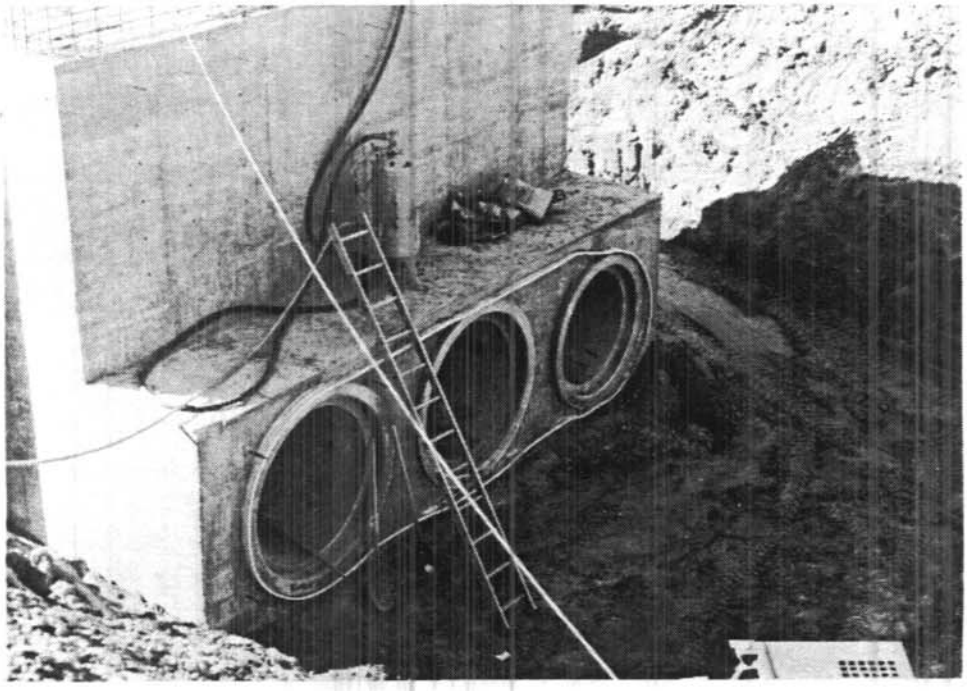


Figura 13.- Se remueve el encofrado de la obra de toma.

Figura 14.- Se nivela la tierra alrededor de la toma.

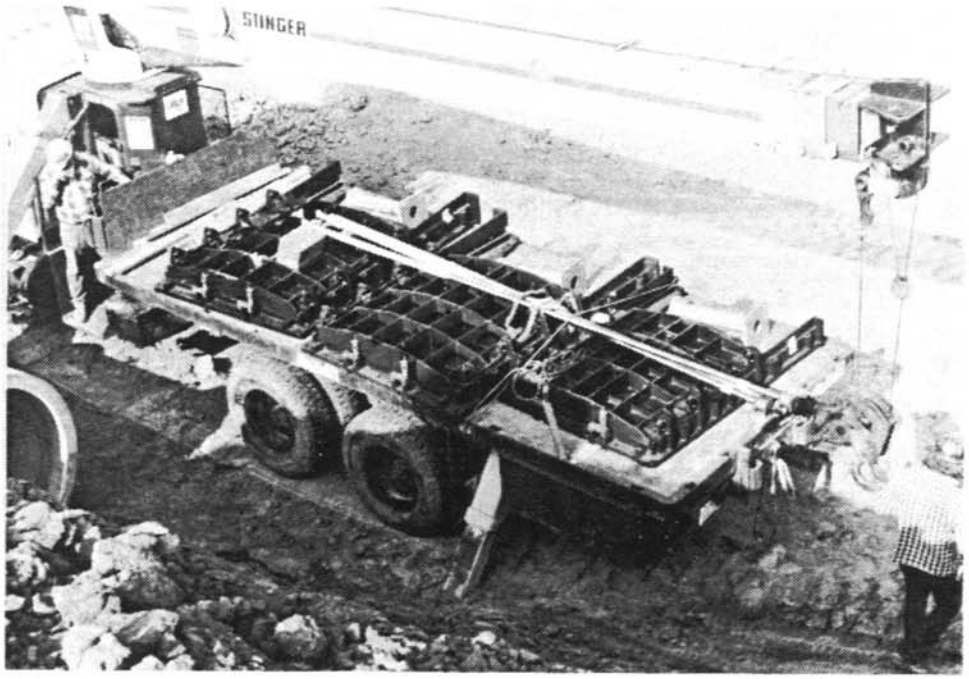


Figura 15.- La entrega de las compuertas de control de la toma.

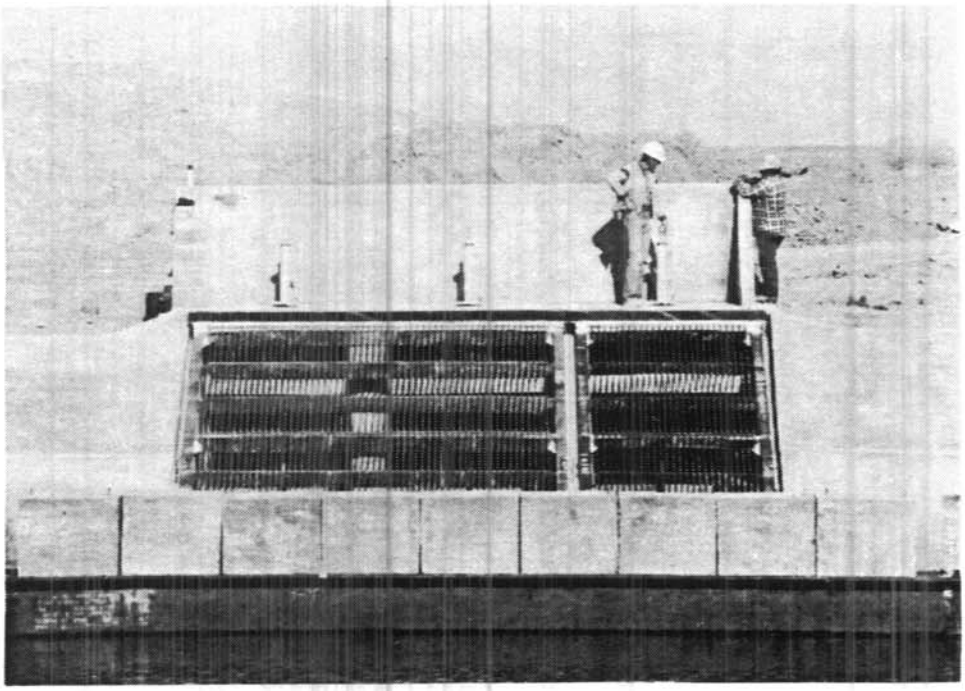


Figura 16.- Las rejillas en su lugar.

Figura 17.- Vista de las rejillas para basura y de las rejas.

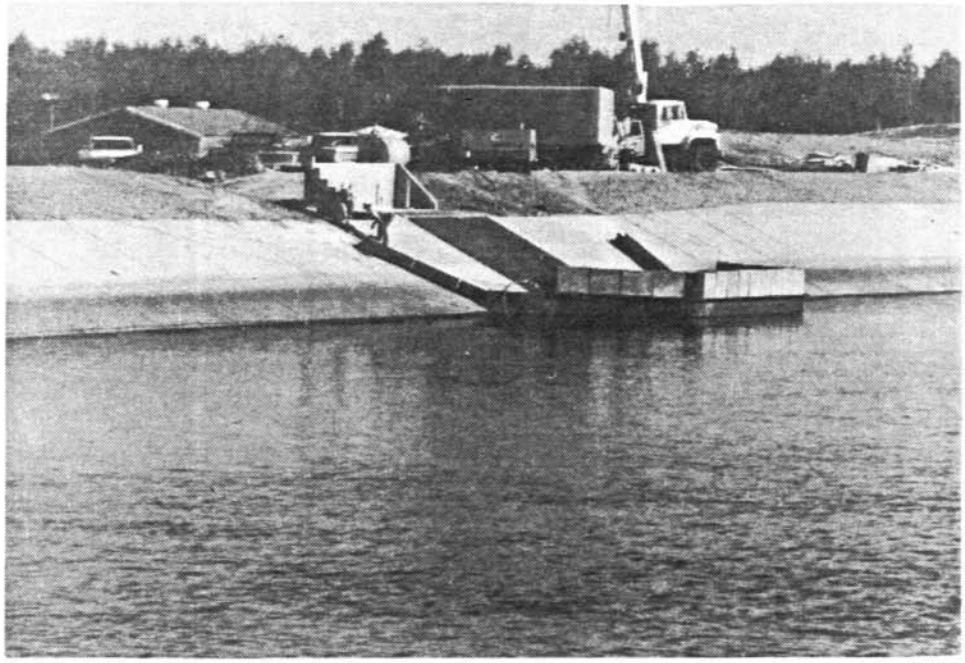


Figura 18.- Preparaciones para remover el ataguía.

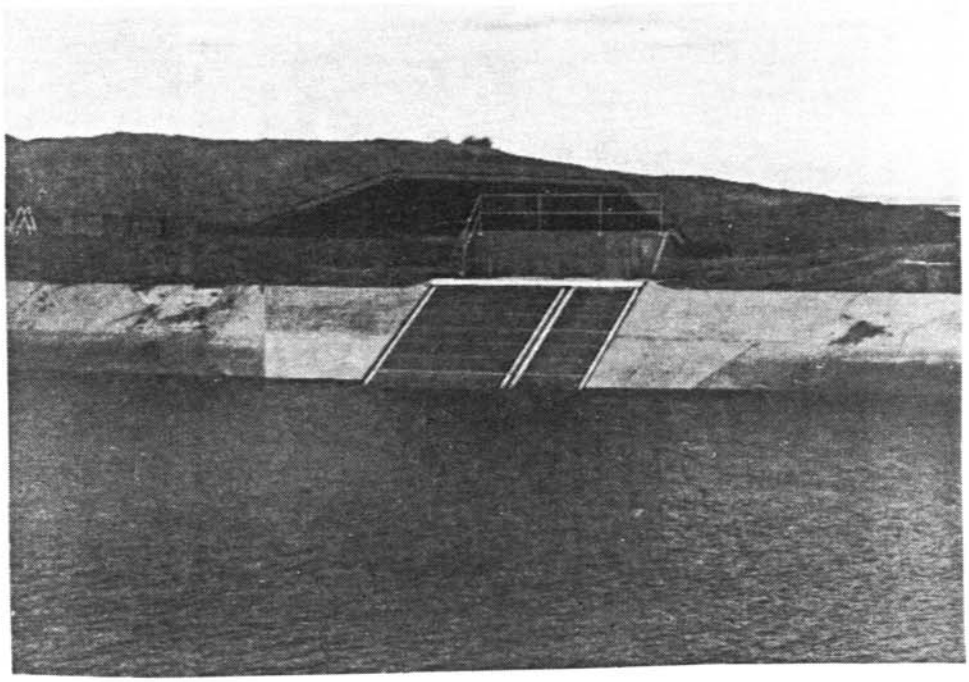


Figura 19.- Vista de la obra de toma completada.

UN NUEVO TAPON AURICULAR EN DELTA[1]

por Melvina Rhoades[2]

Es bien conocido que los ruidos industriales de toda clase representan un peligro para el oído. Posiblemente en nuestra empresa no esté el oido tan asaltado como en una fundición o un taller de trabajos pesados. Pero, la maquinaria rotatoria y los interruptores a gas en nuestras plantas pueden producir niveles de ruido que se podrían calificar de peligrosos, particularmente con el tiempo. Esta condición fue reconocida hace muchos años y nuestros trabajadores siempre han llevado tapones u orejeras, según la situación y su preferencia. El llevar puestos estos dispositivos es tolerable, pero no son confortables. La Division de Delta Field dispone ahora de un tapón auricular que podría cambiar esta condición.

El protector ideal del oido es uno en que la persona que lo lleva puesto puede seguir oyendo ruidos a niveles ordinarios, al mismo tiempo que se eliminan los ruidos de alto nivel o repentinos. El confort es también un factor. Esto parece que sería algo bastante difícil de obtener--pero sí existe. El nuevo tapon auricular exige cierta cooperación y esfuerzo de parte del empleado para ser eficaz, pero los resultados satisfacen normas ideales. El coordinador de seguridad en la división Delta pasó mucho tiempo en tratar de convencer a todos los empleados que el nuevo tapón era la solución. Ahora, el dispositivo ha sido completamente aceptado.

El nuevo tapón auricular debe ser moldeado para caber en el canal del oído de cada individuo. El método toma unos 20 minutos y exige bastante cooperación de parte de la persona. Pero el tapón resultante queda perfectamente adaptado y se puede llevar y usar con seguridad. Este nuevo tapón no es del tipo moldeable que se puede tirar después de usarse, el cual sirve bastante bien, salvo que si las manos del individuo están ensuciadas con aceite u otra substancia, el tapón puede quedar contaminado. Con el nuevo tipo, el individuo lo lleva y lo coloca en sus propias orejas. Cada tapón tiene una lengüeta de color que indica el oido derecho y el izquierdo, y se coge para la colocación, evitándose así toda contaminación del tapón.

La aprobación de un supervisor y 20 minutos de tiempo de parte del empleado, eso es todo lo que se necesita en la empresa Delta para obtener un nuevo tapón auricular. Representa la mejor solución posible al problema en la actualidad.

---

[1]Reimpreso con permiso de: Information Officer, Office of Public Information and Communications, California Department of Water Resources, Sacramento, California, Boletin Técnico No. 81, edición de enero/febrero/marzo de 1990.

[2]Supervisora de materiales y almacenamiento (Coordinadora de Seguridad) para el California Department of Water Resources, Delta O&M Center, Delta Field Division.

AVANCES EN LAS PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS[1]

por Larry D. Olson, Cliff Wright y Kenneth H. Stokoe II[2]

Las primeras pruebas no destructivas por medio de ondas de tensión se hacían golpeando rocas y escuchando el sonido resultante con el oído humano. Los métodos de onda de tensión han progresado mucho desde aquella época y las aplicaciones siguen aumentando en el campo de la ingeniería civil. Algunas recientes aplicaciones han provisto datos sobre la densidad de un derrumbe macizo de tierra, la integridad de pozos de cimientos, las condiciones de soporte por debajo de una losa de hormigón y la condición del hormigón de una presa-bóveda delgada. Las investigaciones se habían realizado para verificar la calidad y para propósitos forenses y de rehabilitación y han provisto información importante que no hubiera sido económico ni práctico tratar de obtener con pruebas destructivas.

El término "onda de tensión" abarca un amplio grupo de ondas que causan deformación física en el medio en que se propagan. Ejemplos de ondas de tensión que ocurren naturalmente son las ondas sonoras en la atmósfera, las ondas de presión en el agua, y las ondas de compresión sísmica, de esfuerzo cortante (torsión) y de superficie en el suelo. En los sólidos, tales como el suelo, las ondas de compresión son las que circulan más rápidamente, seguidas en orden de descenso por las ondas de torsión y las superficiales. La velocidad absoluta de cualquier tipo de onda depende de la rigidez o modúlo del material; entre más rígido el material, mayor será la velocidad.

Existen cuatro métodos de medición de las ondas de tensión mecánicamente generadas: (1) análisis espectral o de frecuencia de la propagación de ondas; (2) medición directa de las velocidades de tensión; (3) medición de ecos de ondas de tensión; y (4) mediciones de vibración resonante o modal. Varios casos se ilustran a continuación.

Ningúna necesidad de Barrenar

Un nuevo método sísmico, llamado análisis espectral de ondas superficiales (AEOS), determina los perfiles del módulo de fuerza cortante en el suelo, y los perfiles del modúlo de Young se usan en los sitios pavimentados. El método, desarrollado en la Universidad de Texas en Austin, ha evolucionado de la técnica de ondas de estado constante de Rayleigh introducida en los años del 50. Se basa en

---

[1]Reimprimido con permiso de Civil Engineering, una publicación mensual de la ASCE (American Society of Civil Engineers) número de mayo de 1990.

[2]Larry D. Olson, ingeniero y dueño de la firma Olson Wright, Inc., Lakewood, Colorado; Cliff Wright, geólogo antes asociado con la misma firma; Kenneth H. Stokoe II, M.ASCE, profesor regente de Brunswick-Abernathy, Civil Engineering Department, University of Texas, Austin, Texas, EE.UU.

medidas en sitio de la velocidad de ondas superficiales como una función de la longitud de la onda, y subsecuentes modelados teóricos determinan el perfil de la velocidad de la onda de torsión. También determina, sin la intrusión de barrenados, los perfiles de rigidez de cizallamiento para pavimentos laminados y sistemas de suelos, puesto que la fuente sonora y los receptores se encuentran en la superficie del material expuesto.

Las características no-intrusivas del método fueron utilizadas para estimar la densidad global de un derrumbe macizo en el valle de Valtellina en el norte de Italia en 1987. La avalancha llenó el valle con una masa total de 32 millones de metros cúbicos a partir de una altura de 1280 metros. Los ingenieros tuvieron que realizar una estimación cualitativa de la densidad de los derribos, los cuales consistían en una mezcla heterogénea de limo, arena, cascajo y rocas que no se podía averiguar con los ensayos geotécnicos normales. Hubiera sido difícil y posiblemente peligroso avanzar con taladros o dispositivos de penetración en la masa. La heterogeneidad del material presentaba otro obstáculo a las pruebas convencionales.

Los ingenieros de la ISMES de Bergamo, Italia, en colaboración con el profesor Stokoe, utilizaron el método AEOS para determinar los perfiles de velocidad de las ondas de torsión y pudieron inferir, en una escala global, la densidad de los derribos para un análisis de ingeniería geotécnica. Aplicaron el método en cinco sitios a través de la masa del derrumbe. Las ondas superficiales fueron generadas al aplicar una fuerza dinámica vertical a la superficie del suelo--ya sea, dejando caer cargas pesadas o por el vaivén de un bulldozer. Se midió la propagación de ondas usando dos receptores alineados con la fuente sonora. Los espaciamientos fuente-receptor se incrementaron progresivamente para determinar el perfil de velocidad de la onda de torsión a mayores profundidades.

En el campo, los receptores miden los movimientos temporales de partículas creados en el punto de origen. Un analizador de señales dinámicas transforma éstos en frecuencia. Esto produce el espectro linear resultante de dos señales. Por medio de más procesos con el analizador de señales, se producen los datos clave, o sea, la fase del espectro de frecuencia cruzada (cross power spectrum) y la función de coherencia (medida de la relación señal/ruido) para cada espaciamiento fuente-receptor. Estos datos forman las curvas de dispersión (velocidad de ondas superficiales vs. longitud de ondas) a partir de todos los espaciamientos fuente-receptores.

Luego, una curva teórica de dispersión se calcula a partir de un perfil asumido de velocidades de ondas de torsión y espesores de capas. El perfil asumido de la onda de torsión se ajusta hasta llegar a una buena concordancia entre las curvas teóricas de dispersión y las que

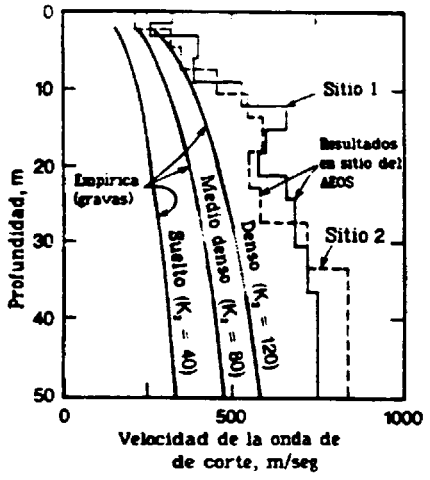
fueron medidas en el sitio. Por estudios y experiencia se sabe que el perfil teórico final de ondas de torsión representa correctamente las condiciones existentes en el sitio.

Los resultantes perfiles de velocidad de la onda de torsión en dos de los cinco sitios del derrumbe aparecen en la figura 1. Las medidas por análisis espectral de ondas superficiales fueron efectivas a profundidades de más de 46 metros sin taladrar. Se compararon los valores promedios de la velocidad de la onda de torsión así obtenidos con los valores calculados usando relaciones empíricas para las gravas. Curvas cualitativas de grava suelta, media y densa también se presentan en el perfil de la velocidad de la onda de torsión en la figura 1, la que muestra que los derribos en estos dos sitios son densos. Se notaron resultados parecidos en otros sitios. El método proporcionó datos que eran esencialmente imposibles de obtener por medios convencionales.

Integridad de Cimentaciones Profundas

En Norteamérica, los ensayos no destructivos de los cimientos profundos han consistido principalmente de ensayos dinámicos de alta tensión de los pilotes para predecir las capacidades de este tipo de cimientos. Pruebas de integridad de baja tensión de cimientos profundos han sido realizadas aquí, pero en una escala mucho menor que en Europa. Sin embargo, el interés sigue aumentando.

FIGURA 1. **Datos del derrumbe**
LANDSLIDE DATA



Datos del análisis espectral de ondas de tensión para la masa del derrumbe en Valtellina, Italia. La velocidad de torsión vs. el perfil del espesor indica la densidad del derrumbe.

Los ensayos no destructivos de baja deformación realizados desde la superficie dependen de la reflexión de energía de las ondas de tensión causadas por defectos para indicar las condiciones internas de cimientos profundos. Existen dos técnicas principales de onda de tensión de baja deformación para evaluar la integridad y longitud de cimientos profundos a partir de la cabeza del cimiento: el eco sísmico (ES) y la respuesta al impulso (RI). Ambas técnicas pueden localizar defectos en cimentaciones profundas, tales como intrusiones de suelo, intersticios y roturas. Los aparatos de ensayo comprenden un martillo de impulso, un acelerómetro y receptores geófonos y un analizador de señales dinámicas. El analizador de señales trata y presenta los datos obtenidos por el martillo y el receptor.

Para los ensayos de ES y RI es necesario golpear la cabeza del cimiento con el martillo para generar una onda de compresión cuyo trayecto baja por el cimiento. La energía de la onda se refleja a partir del fondo de un cimiento en buen estado o de anormalidades en el hormigón y vuelve a subir por el cimiento hasta la superficie donde los receptores controlan los sonidos del eco. La velocidad de propagación de la onda indica la calidad del hormigón y se utiliza para predecir las alturas de reflexión. La amplitud de la onda se atenúa con la distancia debido a la amortiguación suelo/cimiento de la energía de la onda y alguna energía se transmite en los materiales de soporte en el pie del cimiento, según las relaciones de impedancia acústica. Los materiales de soporte parecidos al hormigón reflejan menos energía. Por otro lado, los materiales de soporte más blandos reflejan más energía en el interfaz suelo/cimiento.

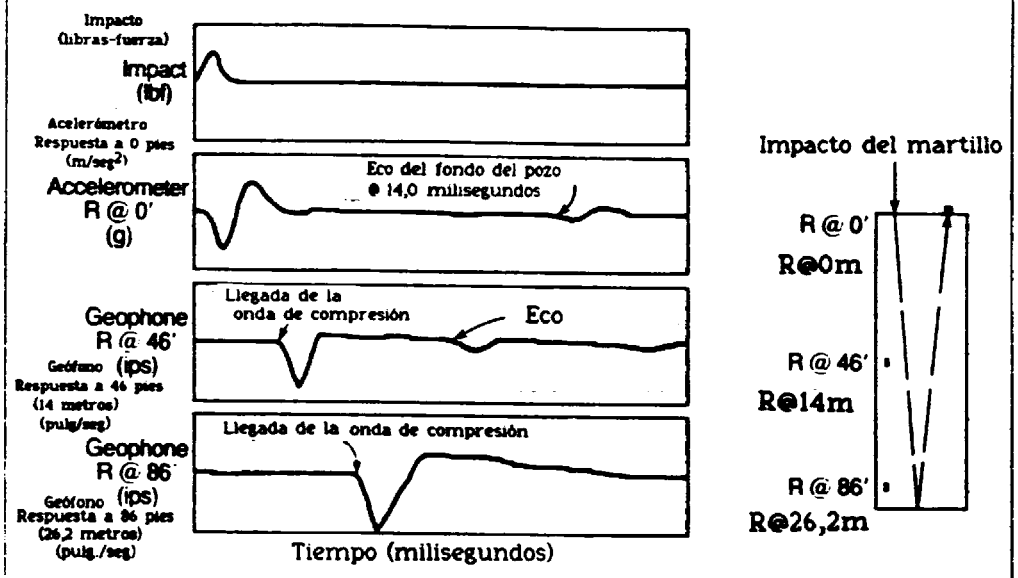
Los dos métodos de superficie fueron utilizados para la realización de un ensayo no destructivo de calidad de los cimientos de una torre de comunicaciones micro-onda de la agencia New Jersey Transit Authority. Tres pozos de hormigón de 1,5 metro de diámetro y de 28-28,2 metros de largo, fueron instalados para la torre situada en Kearny, New Jersey, por la empresa Coastal Caisson Drill Company, Inc. de Clearwater, Florida, utilizando un método de barrenado con pasta aguada. El fondo de los pozos era de esquisto.

Ensayo de Eco Sísmico

El golpe del martillo de impulso en la cabeza de un pozo aparece en la figura 2, junto con un ejemplo del registro de ecos sísmicos (ES). La onda de compresión baja y sube en un pozo barrenado controlado en la superficie por un receptor acelerométrico y dos receptores geófonos encajados en la armazón del pozo. La línea superior en la figura proviene del golpe del martillo de impulso, la segunda línea es de un acelerómetro en la cabeza del pozo. La tercera es del geófono encajado a 14 metros y la cuarta es de un geófono a 26,2 metros.

Las llegadas de las ondas de compresión directas a través del hormigón del pozo a los geófonos encajados dan las velocidades de la onda de compresión directa al dividir las alturas marcadas por los geófonos por los tiempos de las llegadas. La reflejada llegada de la onda de energía o del eco a la superficie está indicada por un aumento en la amplitud de vibración del acelerómetro a un tiempo de 14,0 milisegundos. Usando una velocidad directa de 4084 m/seg, la profundidad de reflexión se calcula entonces a 28,7 metros. Esto compara favorablemente con la longitud real del pozo de 28 metros. El resultado del ensayo indica que la reflexión proviene del fondo del pozo y que el pozo está en buenas condiciones; no existen reflexiones anteriores que sugieren una anormalidad.

FIGURA 2.
SEISMIC ECHO TEST ENSAYO POR ECO SISMICO



Prueba de integridad por eco sísmico para un pozo de cimientos.

Ensayo de Respuesta al Impulso

Al igual que para el ensayo por eco sísmico, el ensayo por la RI consiste de un golpe a la cabeza de la cimentación y el registro de la respuesta vibrante para determinar la llegada de la energía reflejada de la onda de compresión. Sin embargo, los análisis de los resultados de los ensayos por RI pertenecen al dominio de la frecuencia (técnicas modales) para identificar las alturas de reflexión mientras que los ensayos por eco sísmico son del dominio temporal. Debido a su forma de varilla, la teoría elástica indica que un cimiento profundo presenta un cambio consistente de frecuencia entre puntos máximos de resonancia que es una función de la altura de la reflexión y velocidad de la onda de compresión, o sea: $\Delta f = V_c / (2 \times D)$. Por

lo tanto, en el ensayo RI, un eco está indicado por el cambio promedio de frecuencia entre los múltiples picos de frecuencia y se calcula entonces la altura de la reflexión.

Un martillo de impulso mide la fuerza de impacto y un geófono típicamente registra las vibraciones de la cabeza de la cimentación. El analizador de señales dinámicas trata los datos temporales con los algorítmos de rápida transformación de Fourier para producir un trazado de movilidad de la respuesta vibradora del cimiento como una función de la frecuencia. La movilidad es la respuesta vibradora de la cabeza del cimiento en pulgadas por segundo normalizadas al golpe del martillo de impulso en libras-fuerza.

Este ejemplo muestra un cambio promedio en la frecuencia de 71 hz entre los picos de frecuencia resonante. Usando V = 4084 m/seg y la ecuación que ya hemos mostrado, esto entonces corresponde a una altura reflectora de 28,7 metros. Otros picos de frecuencia con un espaciamiento más amplio de frecuencia indicarían una reflexión menos alta, pero no existen en este caso. La altura de la RI estimada concuerda con la altura de reflexión del ES y compara favorablemente con la longitud real del pozo de 28 metros.

La prueba por la RI también mide la rigidez dinámica de baja tensión (fuerza-deflexión) en la cabeza de los cimientos, la cual es indicativa de condiciones de interacciones entre suelo y cimientos. La rigidez dinámica puede correlacionarse con la rigidez estática medida a cargas bajas con un ensayo de carga. Esta rigidez es típicamente de una a dos veces la rigidez estática para cimientos profundos. La rigidez dinámica para el pozo ensayado era de 13.300 kips/in, o sea 2,33 megaNewton/mm. La rigidez dinámica es más sensitiva a las partes superiores de una cimentación. Se miden rigideces dinámicas que son comparativamente más bajas en las cimentaciones con defectos, tales como inclusiones de suelo, roturas y estricciones. La comparación de rigideces dinámicas debe hacerse solamente para cimientos profundos de tamaño similar en suelos similares y no indica la capacidad del cimiento.

Losas y Pavimentos

El método de la respuesta al impulso (RI) para ensayos de integridad de cimientos profundos fue adoptado por primera vez para la evaluación del soporte de losas de hormigón y pavimentos por un grupo consultor de investigaciones británico-francés, Testconsult/ CEBPT. Este método puede identificar las condiciones de soporte comparativamente buenas, dudables o pobres de las losas. La técnica ha sido aplicada a pavimentos de hormigón, vertederos, conducciones y galerías, así como a losas sobre pendientes.

Frecuentemente, la pérdida de soporte de asiento ocurre debido a daños por agua. Esto sucedió en una bodega de almacén de 2320 m^2 después de la rotura de una tubería maestra de alta presión para un sistema extintor de incendios. La presión del agua contenida por la placa de asiento del cimiento y por los muros alcanzaba 8,4 kg/cm^2, lo que hizo flotar la placa, elevándola hasta 46 cm. Debido a las pesadas cargas sobre la losa, ésta se volvió a asentar una vez apagada la presión del agua. Sin embargo, debido a cierta inquietud tocante a las condiciones de soporte para el piso de 15,25 cm de espesor se realizaron ensayos de RI de la losa sobre un cuadriculado de 2,4 m por toda la superficie del almacén (véase figura 3).

Los resultados mostraron que 13 porciento del área tenía condiciones de soporte malas, con intersticios. Las pruebas por sonda mostraron una excelente correlación entre las condiciones reales del asiento de soporte y los resultados del ensayo RI y se hicieron reparaciones con lechada en las áreas pobres y con intersticios. La presencia de intersticios y de un estado defectuoso se caracteriza por rigideces dinámicas más bajas y una movilidad más irregular en comparación con las áreas con buen soporte.

El método RI tiene aplicaciones para evaluar reparaciones con lechada; para áreas sensitivas a vibraciones como en una "sala limpia" en la manufactura electrónica; para pavimentos de hormigón y pistas de aeropuertos; soleras de vertederos, y revestimientos de galerías. La RI es sensitiva a intersticios muy delgados, definiendo su extensión por medio de un cuadriculado. Sin embargo, para determinar las dimensiones de los intersticios, se debe usar barrenado destructivo o barrenado en conjunto con los ensayos RI o durante la aplicación de lechada a las losas.

Evaluación de Integridad

Existen dos técnicas principales de onda de tensión utilizadas para evaluar la integridad estructural: velocidad de pulso ultrasónico (una técnica de medida directa): y el impacto del eco (técnica de reflexión). Ambas se utilizan más bien para el hormigón, pero las técnicas básicas pueden también ser útiles en la evaluación no destructiva de madera, mampostería y otros materiales. El método de velocidad de pulso ultrasónico está bien documentado en la literatura técnica y existe una norma ASTM para sus aplicaciones al hormigón.

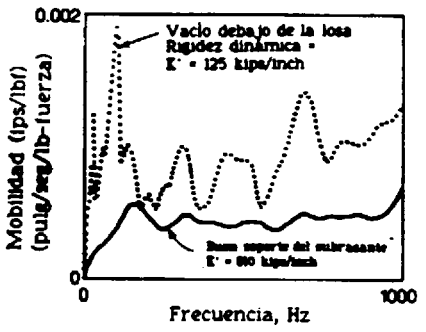
El eco de impacto (EI) es un ensayo de eco sónico para detectar faltas y medir espesores de elementos estructurales de hormigón. En la última década, el Instituto National de Normas y Tecnología (NIST) ha otorgado fondos para el estudio y desarrollo de este método, el cual muestra que los ecos o reflexiones en elementos comparativamente delgados de hormigón son más claramente identificados en el dominio de la frecuencia que en el dominio temporal.

Este método fue utilizado para evaluar las condiciones de la presa Humphrey, una obra de bóveda delgada con una sola curva, construida en el sudoeste del estado de Colorado en 1923-24. La presa tiene una longitud de coronación de 56,4 metros, una altura estructural de 25,9 metros y espesores variando de 1,1 a 4,9 metros. El embalse fue llenado antes de impermeabilizarse el paramento de aguas arriba de la presa como se había proyectado inicialmente y se produjeron filtraciones posteriormente, acelerando los daños de hielo/deshielo al hormigón. La empresa ECI, consultora de ingeniería de presas en Englewood, Colorado, realizó una investigación de la presa para propósitos de reacondicionamiento, trabajando como subcontratista para Olson Wright, Inc. El estudio incluyó medidas directas de las velocidades de ondas de compresión y de torsión, ensayos de eco sísmico a partir de la coronación de la presa y ensayos de eco de impacto en la cara de aguas abajo. Para los ensayos en la presa Humphrey se utilizaron varios martillos de impulso, receptores de acelerómetros y un analizador de señales dinámicas. Se usaron técnicas de escalamiento a partir de la coronación de la presa para proveer acceso a la cara de aguas abajo para ensayos del EI a lo largo de líneas hacia el este, centro y oeste.

Los registros de ensayos para áreas de hormigón (trazado sólido) y fallado (trazado a puntos) son gráficos de vibraciones de desplazamiento por unidad de fuerza o flexibilidad (véase figura 4). La línea sólida del trazado inferior muestra un pico de frecuencia dominante $\int$ a una frecuencia de 1720 Hz. Este pico se llama pico de frecuencia del espesor porque fue producido por reflexiones de la cara opuesta de aguas arriba de la presa y corresponde a un espesor T de 1,1 metro de la presa en el sitio ensayado. Conociendo $\int$ y T, la velocidad de la onda de compresión, V_C puede calcularse como:
$V_c = 2 \cdot T \times \int = 3660$ m/seg, admisible para un hormigón de buena calidad.

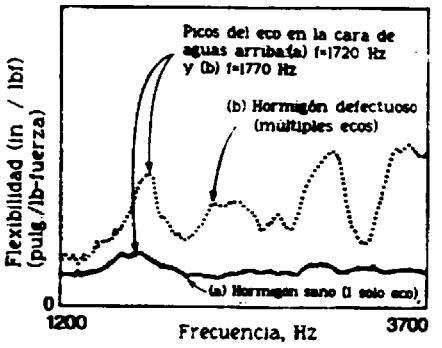
El registro del ensayo EI para un área de hormigón defectuoso con el mismo espesor de 1,06 m es un trazado en la misma figura. Los múltiples picos de frecuencia presentan un contraste marcado al solo pico para el área de hormigón sano. El pico de frecuencia más baja a 1770 Hz es el pico de frecuencia del espesor, que corresponde a una velocidad de onda de compresión de 3780 m/seg, de acuerdo con la ecuación antes mencionada. Los picos de mayor frecuencia corresponden a defectos de agrietamiento tangencial interno. Los resultados de la prueba EI indican que las grietas están en contacto parcial puesto que un eco fue identificado a partir del paramento de aguas arriba con una velocidad admisible para el hormigón. Los ensayos en secciones más espesas de la presa indicaron algunas áreas donde el agrietamiento era más fuerte y no se obtuvo ningún eco de la cara de aguas arriba. Toda la energía de onda sería reflejada a partir de una grieta muy abierta y llena de aire.

FIGURA 3. LOSA SOBRE PENDIENTE
SLAB ON GRADE RESULTS Resultados



Resultado del ensayo de RI para evaluar la fuerza de soporte del subrasante.

FIGURA 4. Presa-bóveda delgada
THIN-ARCH DAM RESULTS Resultados



Resultados del ensayo de EI para evaluar en sitio una presa-bóveda delgada en Colorado.

Los resultados de este ensayo tienen buena correlación con los resultados de ensayos en tres núcleos de la cara de aguas abajo de la presa. Los núcleos revelaron múltiples grietas en el tangencial de hormigón de la cara de aguas abajo. Los resultados del EI fueron utilizados para concebir reparaciones y estimar costos. Las reparaciones de la presa fueron completadas a principios de 1989. La remoción del hormigón confirmó que las pruebas EI habían presentado correctamente las condiciones existentes.

Los ensayos EI han sido realizados a partir de la superficie de obras de hormigón, tales como puentes, edificios, plataformas de estacionamiento de vehículos, presas y galerías. Las fallas en el hormigón, tales como intersticios, alveolas, agrietamiento y delaminación pueden detectarse. Los espesores de los miembros de hormigón pueden estimarse y se pueden evaluar daños por incendio y hielo. El método también puede usarse para averiguar la calidad de la colocación del hormigón y para predecir el grado de consistencia inicial si se correlaciona con los resultados de ensayos destructivos.

Creemos que los métodos de onda de tensión para propósitos de ingeniería civil continuarán cobrando popularidad conforme va aumentando el énfasis con respecto al mantenimiento y reacondicionamiento de infraestructuras. Las ventajas de los ensayos no destructivos son numerosas. Entre ellas figuran: economía y posibilidad de investigar grandes áreas y obtener datos en el sitio mismo sin estorbar las condiciones existentes; definición de los límites y del carácter de los defectos; y muy poco, sino ningún daño debido al ensayo.

RED DE RADIO HYDROMET EN EL PROYECTO DE PALMETTO BEND

Sistema de Prealerta y Sistema de Control de Entregas de Agua

por Bill Bouley, James Roach y Charles Reckaway[1]

Como parte de la autorización inicial para el proyecto, o sea, la Ley Pública 90-562, un sistema combinado de colección de datos sobre la precipitación y caudales del río debía ser provisto por el Bureau of Reclamation a la agencia encargada de la operación del proyecto, Lavaca-Navidad River Authority (L-NRA). En octubre de 1981, se firmó un acuerdo cooperativo entre el Bureau of Reclamation, la agencia Geological Survey (USGS), el servicio meteorológico National Weather Service (NWS) y la L-NRA. Esta última consiguió el sistema, la USGS instaló los demás instrumentos de medición en el río y el NWS suministró asistencia técnica en la selección de sitios de registro y, posteriormente, ayudó con el análisis de datos y las predicciones.

El Proyecto de Palmetto Bend se abastece a partir de la cuenca del río Navidad situado cerca del Golfo de México en la parte sudoriental de Texas. La zona de la cuenca vertiente mide 3631 km^2. Las lluvias promedian de 89 cm al año en la orilla occidental de la cuenca a 102 cm en el lindero oriental. Puesto que el número de días sin heladas promedian entre 260 y 300 al año, la mayor parte de esta lluvia escurre por la cuenca vertiente. Las descargas anuales promedian de un mínimo de 13,000 acres-pie[(2)] a un máximo de 1,308,000 acres-pie. Con estos extremos en la cuenca, no es fuera de lo usual para la presa de Palmetto Bend descargar el volumen de agua del lago Texana, o sea unos 170,000 acres-pie, cuando menos tres veces al año debido a las avenidas. Por su proximidad al Golfo de México, las predicciones de escorrentía cobran cierta importancia cuando empieza la temporada de los huracanes, especialmente considerando que el embalse no puede contener aguas superfluas.

Catorce estaciones de medición fueron instaladas para proveer un sistema de prealerta y para las operaciones normales del proyecto. Radios a batería en cada estación transmiten datos a la minicomputadora en el complejo de oficinas de la River Authority. En la parte norte de la cuenca, se controlan los datos sobre la precipitación únicamente. Las estaciones que registran la precipitación transmiten cada 1,0 mm de lluvia, y los aforos de caudales del río transmiten cada cambio de 1,52 cm en el nivel del río. Seis medidores de caudal/lluvia en el sistema suministran datos a la L-NRA, lo que permite realizar descargas hasta 2 días antes de la llegada de avenidas al embalse. Alarmas resuenan en las oficinas si

---

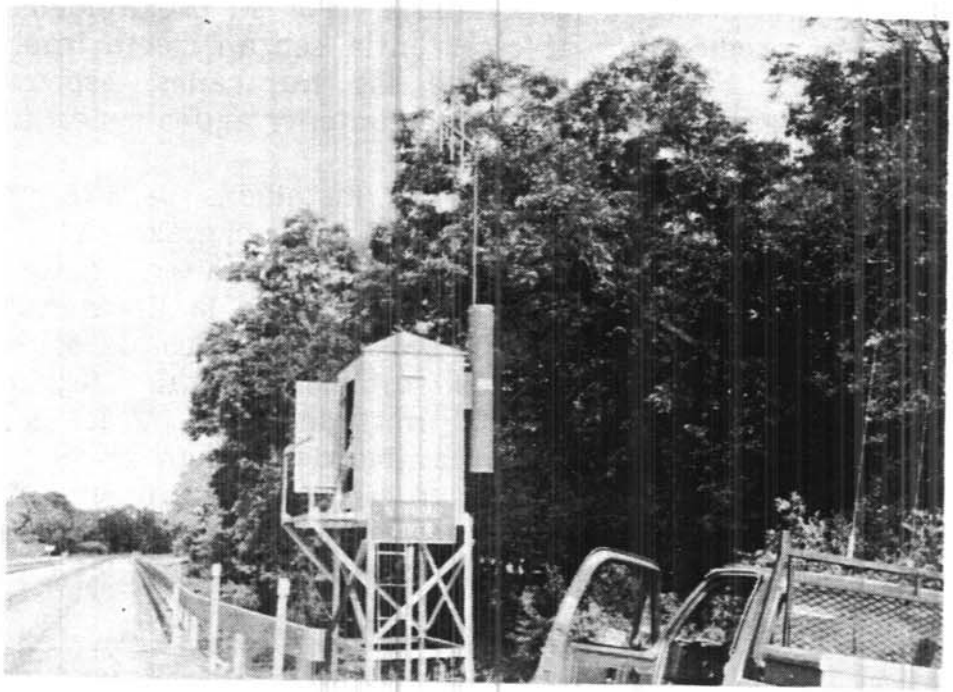
[(1)]Bill Bouley, Ingeniero Civil en la Facilities Engineering Branch, Bureau of Reclamation, PO Box 25007, Denver, Colorado 80225 USA; James Roach, Systems Supervisor; Charles Reckaway, Deputy General Manager de la agencia Lavaca-Navidad River Authority, PO Box 429, Edna, Texas 77957 USA.

[(2)] Un acre-pie = 1233.48 m^3

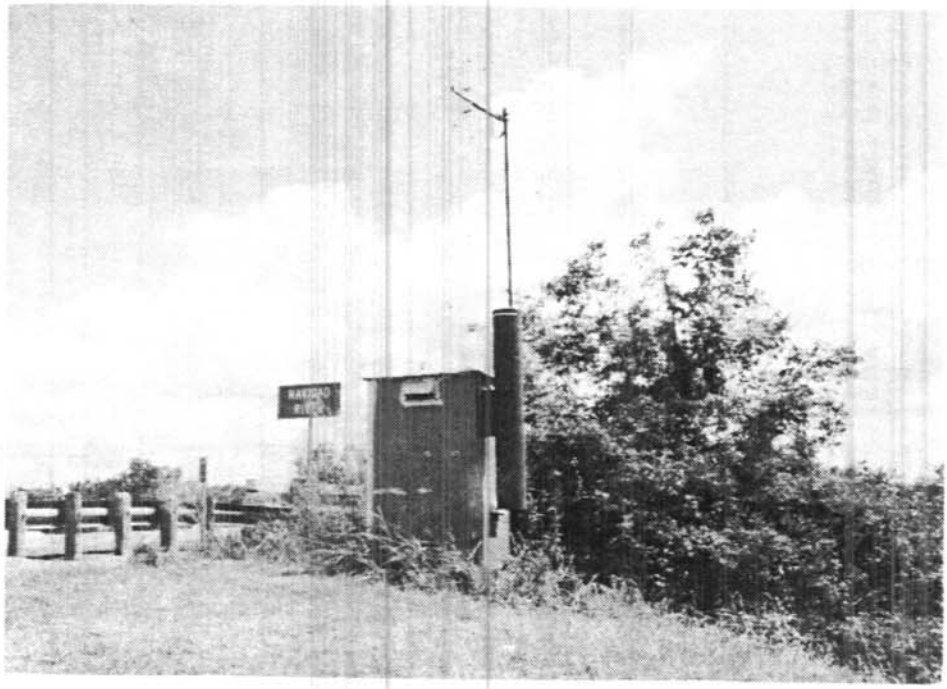
los parámetros programados se sobrepasan en ciertas estaciones.

El sistema automatizado permite a los operadores obtener descargas en pies cúbicos por segundo o un volumen total en acres-pie para cualquier período dado de tiempo, y toda variación en el nivel del embalse se ajusta en unos segundos. En el vertedero de la presa, las posiciones de cada compuerta radial son observadas en la sala de control y en la oficina de la L-NRA. Un transductor de presión situado debajo del vertedero siente los cambios de elevación en las tomas inferiores. Una cañería de 91 cm de diámetro lleva el agua del embalse a la planta Formosa Plastics, terminando en un depósito de retención dentro de la planta, donde una estación transmite a la microcomputadora datos sobre el nivel del depósito, las cantidades de agua entregadas, los intervalos de tiempo de funcionamiento o paro de las bombas, así como datos meteorológicos. Todas las agencias interesadas, así como sus empleados en sus respectivos domicilios equipados con modem, tienen acceso a estos datos.

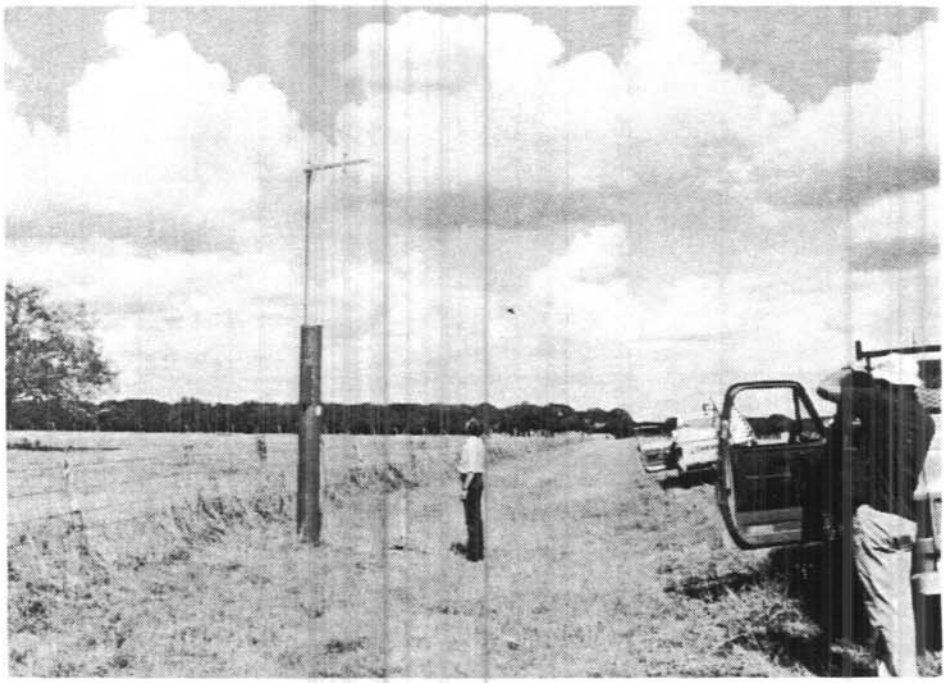
Baterías proveen una fuente confiable de energía por un año, o para unas 20,000 transmisiones. Los aforos son atendidos a intervalos de 10 semanas por el personal de la River Authority, llevando instrumentos de prueba y piezas de recambio. El sistema, International Hydrological Services Enhanced Alert System, fue instalado por la empresa Sierro-Misco, Inc. en 1982 a un costo total de unos US$100,000. Los gastos de mantenimiento anuales ascienden a US$4000, más el alquiler de US$3000 de la torre de radio. Se pueden agregar nuevas estaciones al sistema a un costo de unos US$2000 lo cual incluye cubeta volcadora, paneles solares y acumuladores.



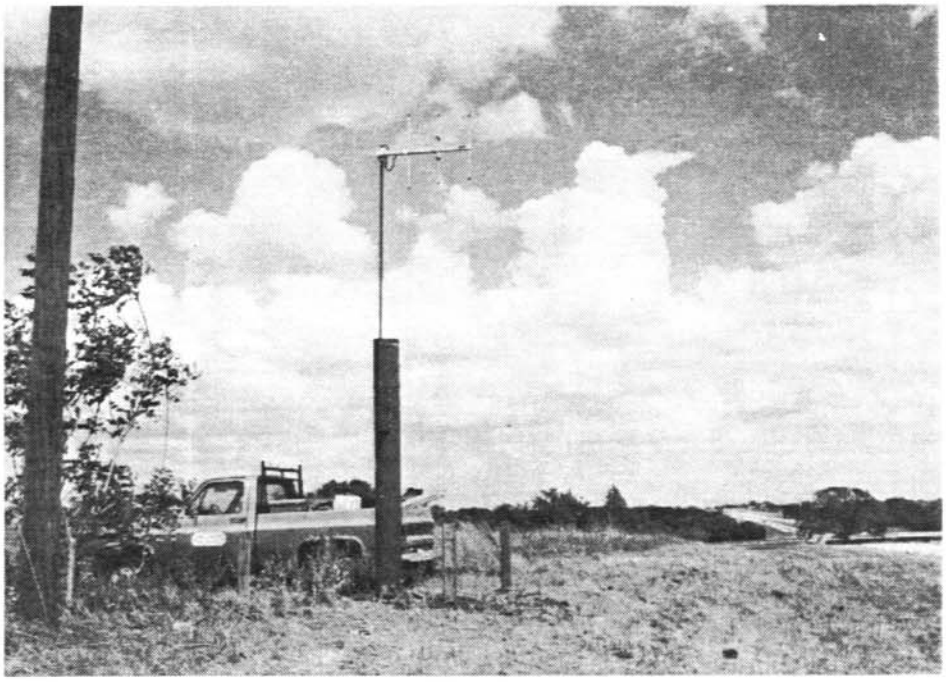
Fotografía 1.- Sistema de prealerta, Sitio No. 3, en Speaks, Texas. 25/8/82



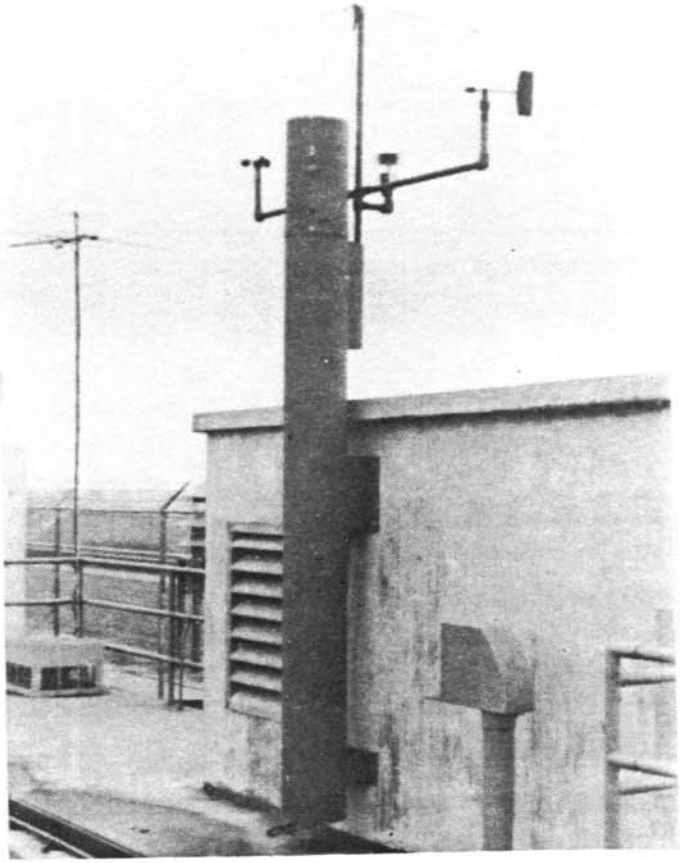
Fotografía 2.- Sistema de prealerta, Sitio No 4 en Sublime, Texas. 26/8/82



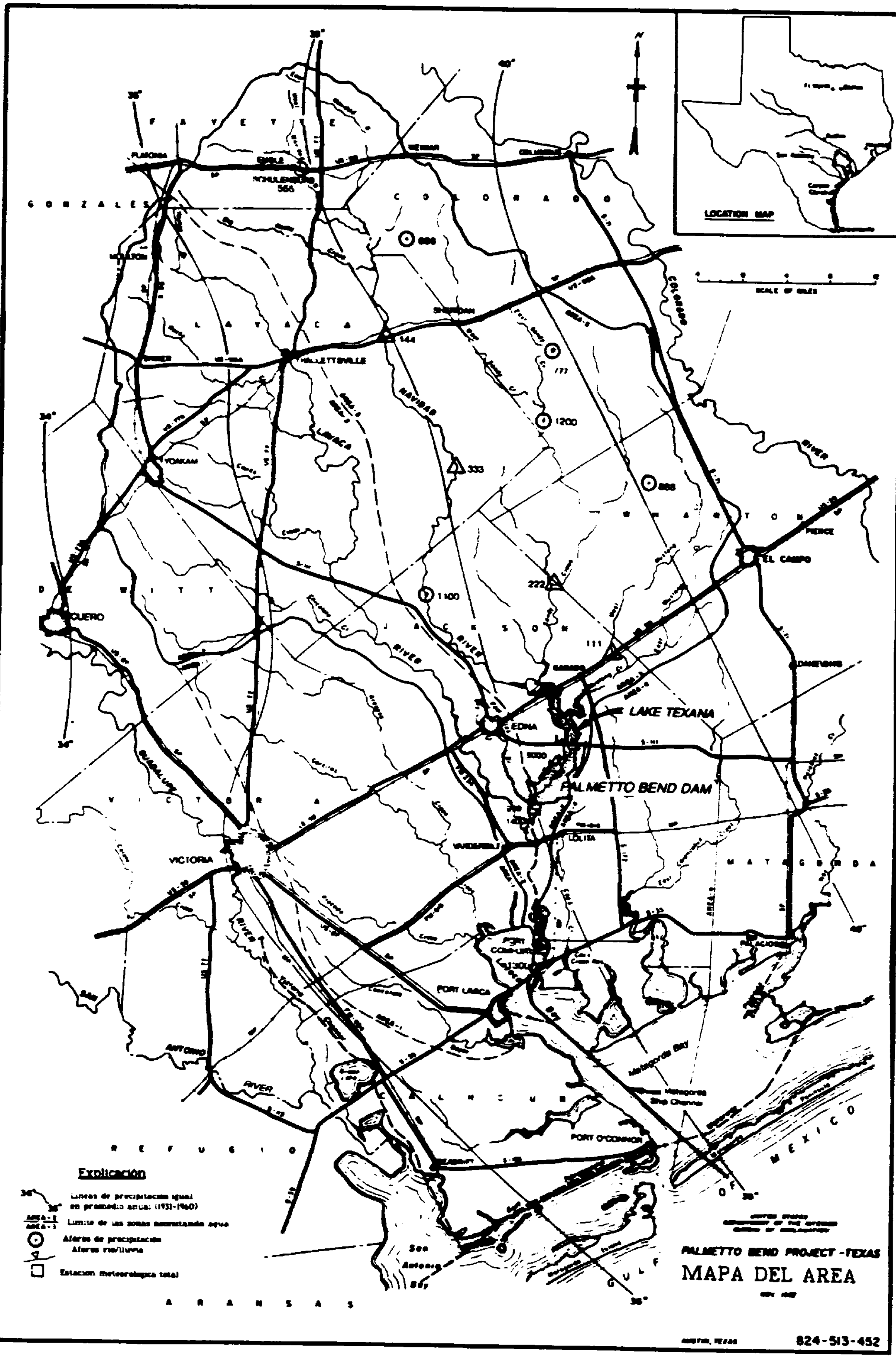
Fotografía 3.- Sistema de prealerta, Sitio No. 6, cerca de Weimar, Texas. 26/8/82



Fotografía 4.- Sistema de prealerta, Sitio No. 5, en Schulenburg, Texas. 26/8/82



Fotografía 5.- Sistema de prealerta, Sitio No. 999, Palmetto Bend. Estación meteorológica completa. 16/12/86



PALMETTO BEND PROJECT - TEXAS
MAPA DEL AREA
LAKE TEXANA
PALMETTO BEND DAM
LOCATION MAP
Explicación
Estacion meteorologica total
F A Y E T T E
C O L O R A D O
G O N Z A L E S
L A V A C A
D E W I T T
J A C K S O N
W H A R T O N
V I C T O R I A
M A T A G O R D A
C A L H O U N
R E F U G I O
A R A N S A S
G U L F O F M E X I C O
SCHULENBURG
HALLETTSVILLE
YOAKUM
CUERO
VICTORIA
EDNA
EL CAMPO
LOLITA
PORT LAVACA
PORT O'CONNOR
SHERIDAN
PIERCE
PALACIOS
LAVACA
NAVIDAD
RIVER
Matagorda Bay
San Antonio Bay
824-513-452

REPARACION DE TAJEAS EN EL SITIO DEL LAGO ENID, MISSISSIPPI[1]

por Erik Briuer[2]

Hasta estos últimos años, la reparación de tuberías subterráneas significaba el uso de equipos pesados que afectaban adversamente el medio ambiente, y por lo general obstruían el uso del sitio en que estaban situadas las tuberías.

En un proyecto del U.S. Corps of Engineers en la presa Enid en el estado de Mississippi, los métodos tradicionales hubieran resultado en el corte de unos 40 árboles maduros, el cierre de una camino de acceso a un sitio de deportes y la replantación en sacate de una gran parte de la presa. Para evitar estos y otros problemas muy costosos, los encargados del proyecto en el distrito de Vicksburg contrataron para la reparación en sitio de 37 tajeas de drenaje de aguas superficiales fabricadas de metal corrugado y hormigón. Estas obras de desagüe se habían deteriorado después de 30 a 40 años de uso.

Las especificaciones requerían una limpieza e inspección de las tajeas, así como su renovación a ser realizada por medio de la instalación de revestimientos estructurales dentro de las tajeas existentes. Un contrato fue otorgado y los trabajos empezaron en septiembre de 1989.

Durante la fase de limpieza e inspección, se midieron las alcantarillas para determinar la longitud requerida para los revestimientos, los cuales fueron producidos en una fábrica.

El material para los revestimientos era un fieltro de poliéster, con una capa de poliuretano, impregnada al vacío con una resina poliéster aplicada en caliente y catalizada con dos agentes orgánicos de curado de peróxide, estirena y otros aditivos. Una vez curado el revestimiento, la alineación molecular a ángulos derechos le da su resistencia estructural.

El fieltro, fabricado con un espesor de 1,5 mm a 6 mm, sirve de acarreador para la resina. Los revestimientos más espesos combinan varias capas, o sea, un fieltro de 3 mm de espesor envuelto en un revestimiento de 6 mm crea un revestimiento de 9 mm de espesor. Los dos revestimientos se pegan por puntos en caliente para asegurar una buena colocación. Todos los revestimientos pasan por varios controles computarizados de calidad. Si el producto debe aplicarse

---

[1]Reimprimido con permiso del redactor del REMR Bulletin, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi U.S.A.

[2]Technolgy Transfer Specialist, Information Technology Laboratory, REMR Research Program, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 3909 Halls Ferry Road, Vicksburg, Mississippi 39180-6199 USA

bajo presión, el revestimiento debe pasar por un baño de tintura para detectar agujeros minúsculos en la capa de poliuretano que se deben tapar.

Para el proyecto de Enid Lake, la resina había sido aplicada en la fábrica y luego los revestimientos, doblados e impregnados, fueron almacenados en hielo en un camión refrigerado. La refrigeración conserva los revestimientos en una condición de uso por hasta 7 días. La resina normalmente se aplica a los revestimientos en la planta. Sin embargo, los revestimientos muy grandes y largos pueden ser demasiado pesados para llevarlos por camión. En este caso, como se hizo en la presa Pine Flat en California, los revestimientos se empapan en el mismo sitio de la instalación.

Instalación

En la presa Enid, la mayoría de los antiguos tubos de drenaje habían sido enterrados dentro del terraplén, paralelos a la pendiente de la presa. Muchos comenzaban en la parte superior con un diámetro de 46 cm, cambiando a 38 cm de diámetro a unos 2 metros de la embocadura de la toma. Los revestimientos fueron precortados para reducirlos al diámetro de la tubería que se iba encogiendo, para facilitar la transición que iba a ocurrir en la parte superior de la tubería de 38 cm. "Aunque pequeños huecos no afectan la eficacia después del curado, preferimos llenar todos los vacíos y tolerar las arugas," dice Steve A, Hastings, gerente de operaciones del contratista para el proyecto de Enid Lake. En el caso de tubos acodados, anillos de sujeción fueron instalados en la fábrica a distancias predeterminadas. Al transponer el tubo, se tomó cuidado para avanzar el tubo con los anillos en la buena dirección. Una cuerda que llegaba hasta el tope permitía a los trabajadores apretar el cincho en el punto del codo durante la introducción del revestimiento.

Para revestir los tubos en el interior del paramento de la presa, un sistema directo de marcha-parada fue utilizado. Una vez introducida la mitad del revestimiento, los instaladores controlaban la velocidad de introducción con una cuerda atada en la extremidad del revestimiento. Los tubos de PVC fueron encajados en el fondo de la tajea y detenidos allí con una viga de madera mantenida por un camión. Esta barrera prevenía que explotara la extremidad del revestimiento debido a la carga de presión creada por la pendiente. Las tajeas horizontales requerían un atado vertical para compensar la acumulación de presión hidráulica (figura 1).

Una vez el revestimiento colocado en su lugar, se bombeó agua caliente en la tajea para curar la resina. La temperatura del agua para el endurecimiento térmico de la resina debe ser de 83°C. El tiempo de curado en la presa Enid fue de aproximadamente 8 horas

para tubos que medían hasta 46 cm de diámetro, con 4 horas a la temperatura designada. Los tubos más grandes (hasta 122 cm de diámetro) debían mantenerse a 83°C por cuando menos dos días.

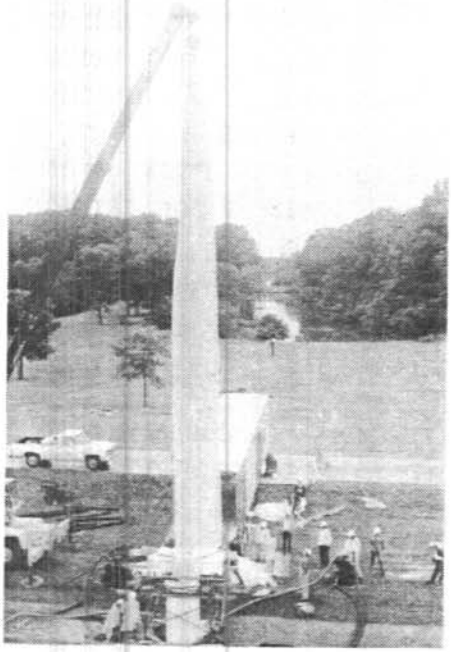


Figura 1.- Instalación de un revestimiento estructural de 117 cm de diámetro en una tajea con orientación horizontal.

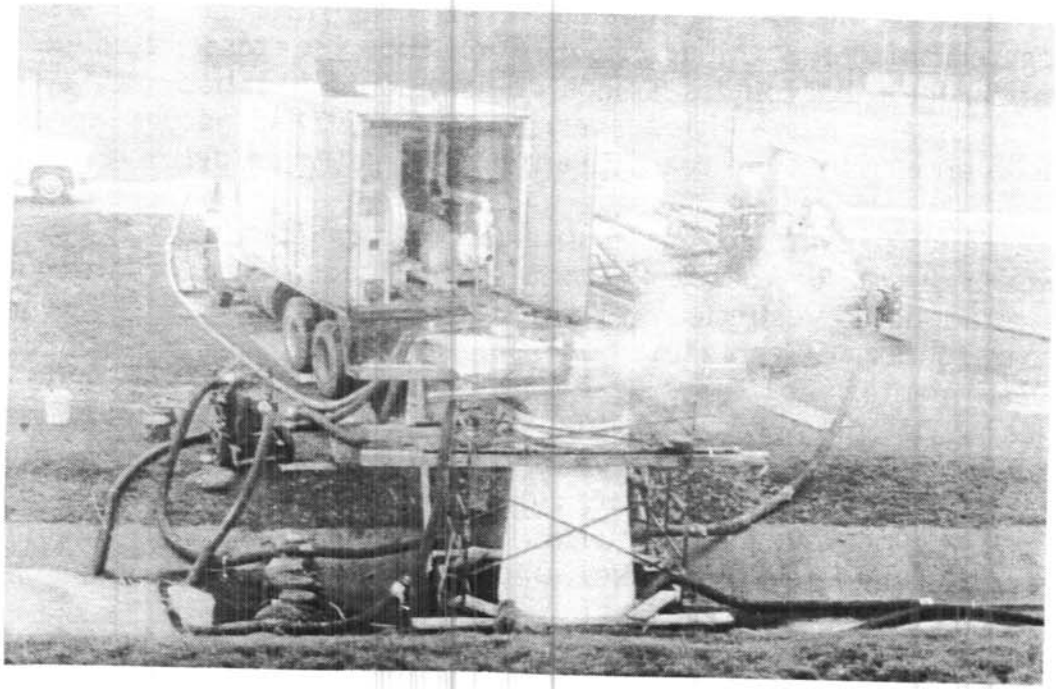


Figura 2.- Agua calentada a 83°C se bombea en el revestimiento para curar la resina. Enid Lake, Mississippi.

Una sonda insertada entre el fieltro y la tubería vieja controlaba la temperatura durante el proceso del curado. La sonda mostraba lo que ocurría afuera del revestimiento y adentro de la tubería. Algunos de los componentes en la resina, entre ellos el cobalto, son de por sí generadores de calor, lo que fomenta el endurecimiento. "Observamos de cerca el medidor de temperatura para notar ondas de calor generadas por los procesos químicos. Cuando la temperatura alcanza un punto máximo y luego vuelve a bajar a la temperatura del agua, la resina está curada," dice Hastings. El agua se mantenía a 83°C suficiente tiempo para asegurar el curado de cualquier bolsa fría. Esta precaución era especialmente importante para los tubos más grandes y los de metal corrugado.

Un tubo de plástico reforzado de fibra de vidrio fue usado como pre-revestimiento de los tubos de metal corrugado recubiertos de asfalto, para prevenir contaminación del poliéster por los compuestos fenólicos (figura 3). El pre-revestimiento fue instalado por aire y mantenido inflado con chorros de aire soplados durante la colocación del revestimiento estructural (figura 4). El pre-revestimiento sirvió como un laminato aislador separando los dos compuestos hasta el curado del poliéster.

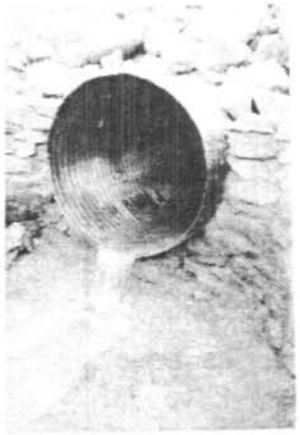


Figura 3.- Tajea de metal corrugado después de la limpiada, mostrando remiendos de alquitrán.

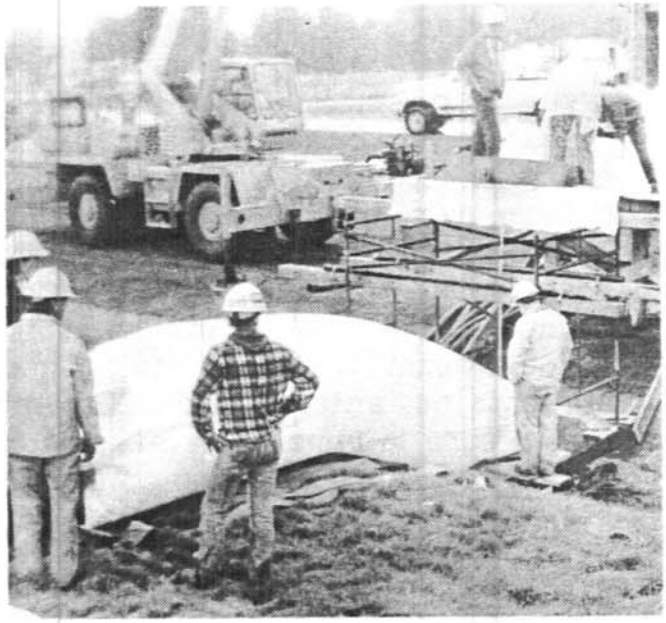


Figura 4.- El pre-revestimiento inflado al aire se emplaza en el tubo mientras que en la plataforma del camión se alista el revestimiento para su colocación.

Después de completar el revestimiento de varias tajeas, un equipo de tres hombres acabó las salidas. El revestimiento ahora rígido fue cortado con una sierra de diamante al ángulo de la alcantarilla original, y los bordes recortados de los revestimientos estructurales fueron sellados. Después de este procedimiento, las partes del revestimiento expuestas a la luz directa del sol recibieron una capa de pintura contra los rayos ultravioletas (figura 5).

Figura 5.- La boca acabada de la tajea en la parte inferior del paramento de aguas abajo de la presa Enid.

Según Hastings, este sistema de reparación puede aplicarse a tajeas de gravedad, cloacas de alta presión, conducciones de servicio o cualquier conducto subterráneo exceptuando las tuberías de agua potable, por las que este procedimiento todavía no ha recibido la aprobación de la agencia de protección ambiental. Puede aplicarse hasta en los tubos que llevan muchos años de servicio. De vez en cuando, por ejemplo, para las grandes conducciones bajo presión, se puede utilizar un epoxi en lugar del poliéster. Esto, sin embargo, aumenta bastante el costo. El diámetro de tubo más pequeño que se presta para la instalación en sitio es de 15 cm. Hastings dice que los proyectos usando este tipo de reparación han incluido tubos de hasta 274 cm de diámetro.

Resumen

En la presa Enid, el diámetro de las tajeas variaba de 30 cm a 122 cm. Aunque los revestimientos estructurales reducen ligeramente el diámetro inicial de un tubo, el factor Q baja y la capacidad de las tajeas no queda reducida.

Por ser que una de las tajeas de la presa Enid estaba situada bien por debajo del nivel del manto freático, el reemplazo por excavación y relleno hubiera incluido la evacuación de agua del área excavada. Con el reacondicionamiento en sitio, no hubo necesidad de descargar

ninguna agua lodosa, un aspecto ambiental positivo de las reparaciones. Normalmente, las condiciones meteorológicas no tienen impacto significante sobre la instalación, puesto que la mayor parte del trabajo se hace bajo tierra. Sin embargo, la lluvia afecta la reparación de tubos que drenan la precipitación. Durante los trabajos en la presa Enid, las lluvias del huracán Hugo ocasionaron demoras de varios días en la instalación.

Este sistema de reparación está indicado cuando se trata de evitar altos costos de reparación o cuando es importante no interrumpir el uso normal de un sitio. En la presa Enid, hubiera sido muy costoso tener que volver a cubrir con sacates el paramento de aguas abajo de la presa. Además, las facilidades para deportes hubieran sido cerradas al público durante el fin del verano y el otoño. Al contrario, solamente la presencia de una bomba de agua, varios camiones y equipos de trabajadores indicaban que se venía desarrollando un gran proyecto de reacondicionamiento en ese lugar.

Mayor información con respecto al proyecto del Lago Enid se puede obtener del Sr. Luther Newton, Vicksburg District, teléfono (601) 631-5612.

ENFOQUE SOBRE LA PRESA STAMPEDE Y SU EMBALSE

Proyecto de Washoe, California

La presa Stampede y su embalse, construida y explotada por el Bureau of Reclamation, está situada en el río Little Truckee, justo aguas abajo de la boca del arroyo Davies Creek y a unos 13 kilómetros arriba de la confluencia de los ríos Little Truckee y Truckee.

El acceso a la presa está provisto por un camino de condado a partir de la carretera Highway 80 más allá de la presa Boca, o por el camino rural desde la presa Prosser Creek. Durante nevadas fuertes, se utiliza un carro nieve para cuatro personas para llegar a la presa. Se dispone también de un "snowmobile" para un acceso más rápido en caso de necesidad.

Los trabajos en la presa y el embalse empezaron a principios de noviembre de 1966 y la construcción quedó completada en febrero de 1970. La presa es una obra de tierra con núcleo impermeable, de 73 metros de alto y con una longitud de coronación de 460 metros y un volumen del terraplén de 3,44 millones de metros cúbicos. El embalse tiene una capacidad de almacenamiento de 279.000.000 m^3.

La coronación de la presa está pavimentada puesto que sirve de camino de condado con barandillas.

El embalse brinda facilidades para natación, paseos en lancha, pesca, campamentos y sitios para días de campo. Estas facilidades están administradas por el servicio forestal.

La central es un edificio medio encerrado, de hormigón colado en sitio, y alberga dos unidades generadoras activadas por turbinas hidráulicas de eje vertical con una capacidad total instalada de 3,65 MW y una carga nominal de 56 m. Los generadores exteriores están soportados por la plataforma superior de la estructura de la central. La gran turbina está totalmente encajada en hormigón, mientras que sólo el tubo aspirador de la unidad mas pequeña está encajado. Las unidades de generación deben manejarse por gruas móviles.

La central está alimentada por una conducción forzada de 107 cm de diámetro conectada a través de un reductor a una rama de 137 cm de diámetro a partir de las obras de toma. La central se designa como una planta de agua fluyente, con una unidad de 650 kW para producir electricidad durante los caudales bajos y una unidad más grande de 3000 kW que se utiliza para aprovechar los grandes caudales. La electricidad generada en la presa Stampede está transmitida a una red de transmisión de la Sierra Pacific y vendida por la Western Area Power Administration.

Figura 1.- La presa Stampede y el embalse desde un punto al este noreste de la presa. El nivel del agua llega hasta la línea de árboles cuando el embalse lleva su capacidad normal de almacenamiento. 12/7/70

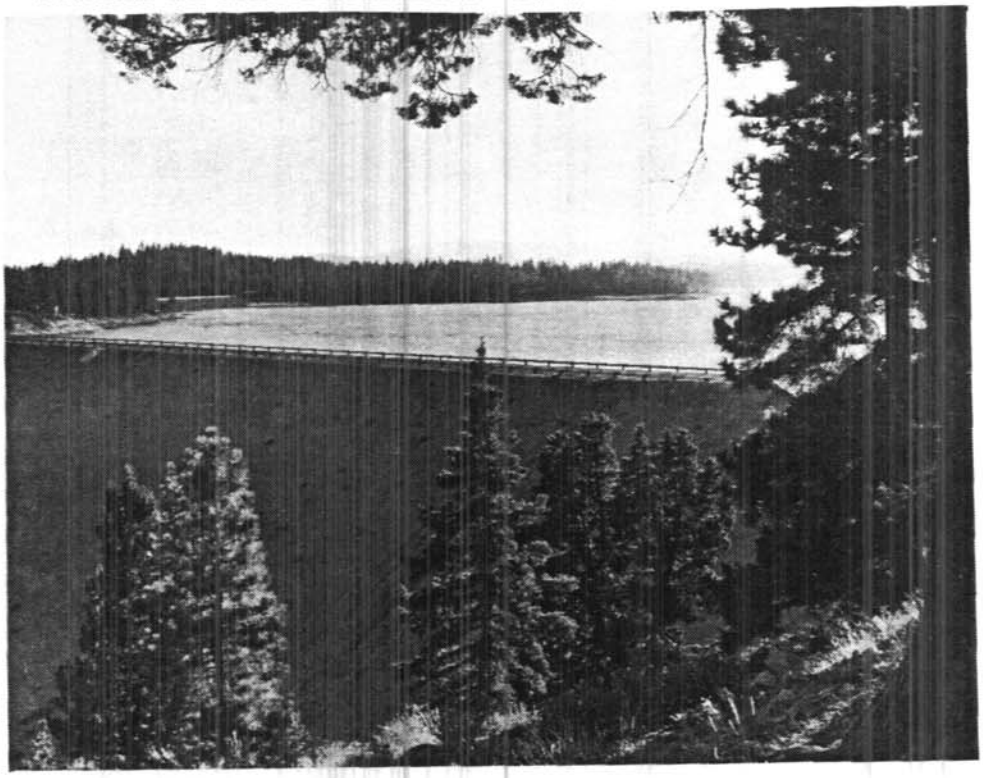


Figura 2.- La presa Stampede y el embalse, mirando aguas arriba desde el estribo izquierdo. 1/7/73

Figura 3.- La Presa Stampede - Depósitos de arena a lo largo de la cara de aguas arriba de la presa. 10/5/90

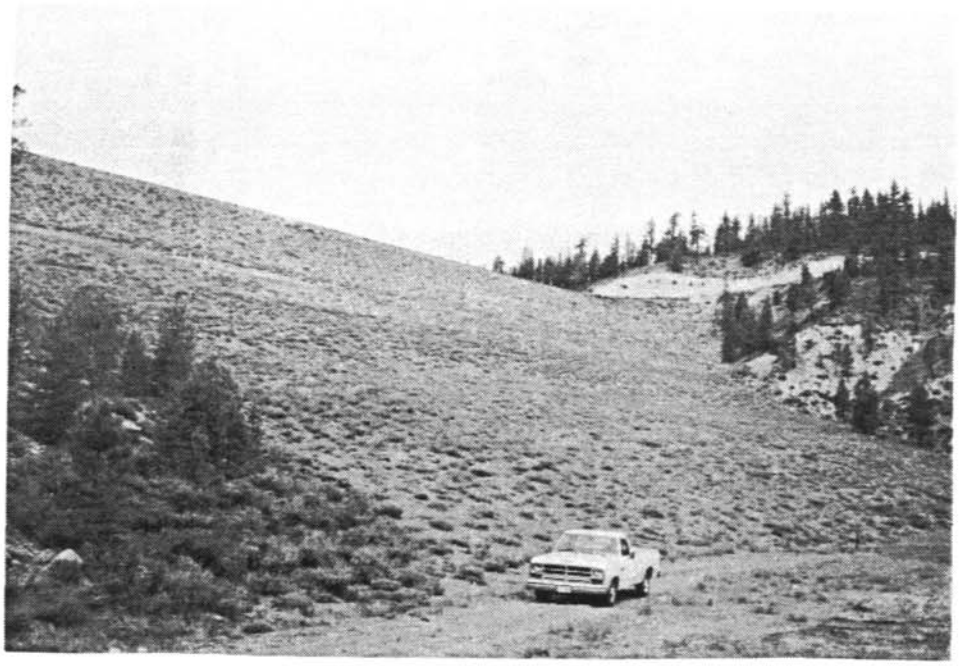


Figura 4.- La presa Stampede - La cara de aguas abajo de la presa cubierta con ligera vegetación. 10/5/90

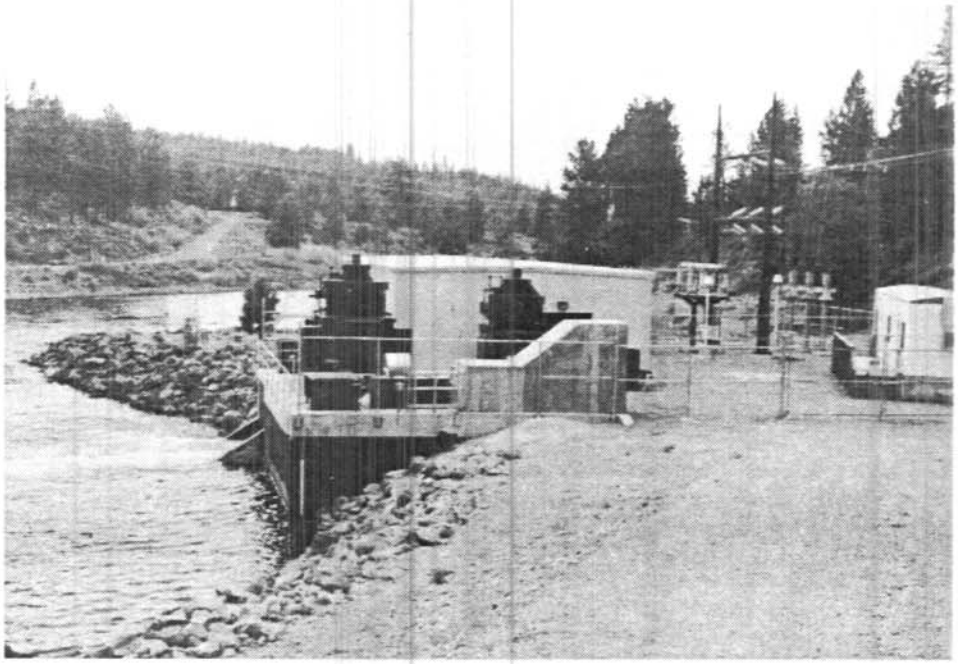


Figura 5.- La presa Stampede - El patio de servicio de la central. 10/5/90

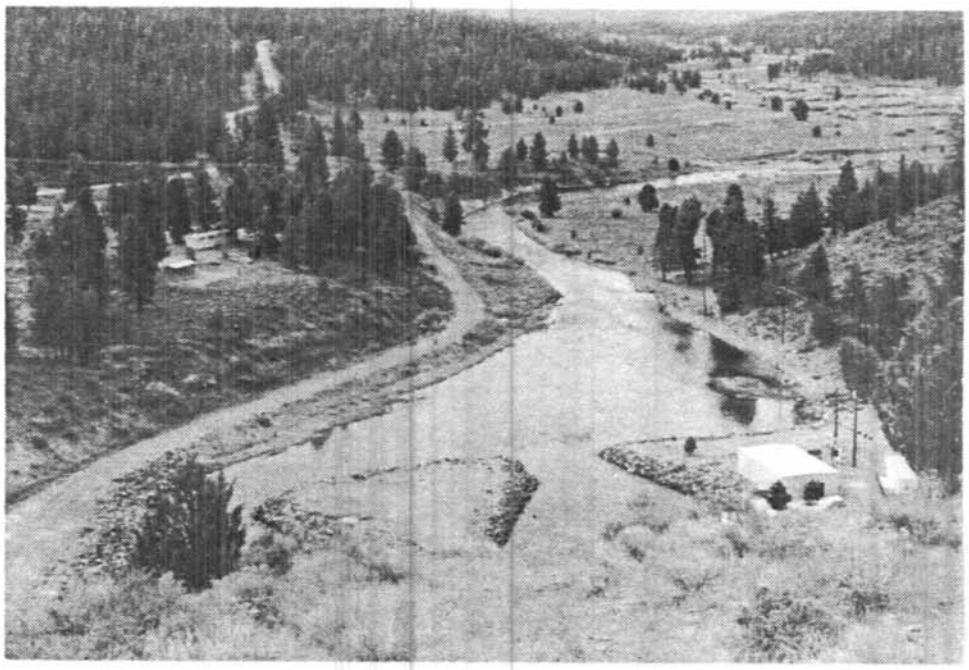


Figura 6.- La presa Stampede - El río aguas abajo de la presa. 10/5/90

La Misión del Bureau of Reclamation

El Bureau of Reclamation, dependencia del Departamento del Interior de los Estados Unidos, es responsable del desarrollo y conservación de los recursos hidraúlicos del país en el Oeste de los Estados Unidos.

El propósito original del Bureau, o sea "disponer el desarrollo de las tierras áridas y semi-áridas del Oeste", hoy en día cubre una amplia gama de funciones interrelacionadas. Estas incluyen suministrar fuentes de aguas municipales e industriales; generación de energía hidroeléctrica; agua de regadío para el uso agrícola; mejoramiento de la calidad del agua; control de avenidas; navegación fluvial, regulación y control de ríos; enriquecimiento de la fauna y peces; actividades deportivas al aire libre; y la investigación en diseños hidraúlicos, construcción, materiales, control de la atmósfera y energía eólica y solar.

Los programas del Bureau son frecuentemente el resultado de una estrecha cooperación con el Congreso de los Estados Unidos, otras agencias federales, los gobiernos estatales y locales, instituciones académicas, organizaciones de usuarios de agua y otros grupos interesados.

El propósito de este Boletín es el de servir como un medio de intercambio de información sobre la explotación y el mantenimiento. Su éxito depende de la participación de los lectores en obtener y someter ideas nuevas y provechosas de E&M

Ponga de relieve la ingeniosidad de su Distrito o Proyecto con la publicación de un artículo en el boletín. Comuníquese con nosotros pronto!