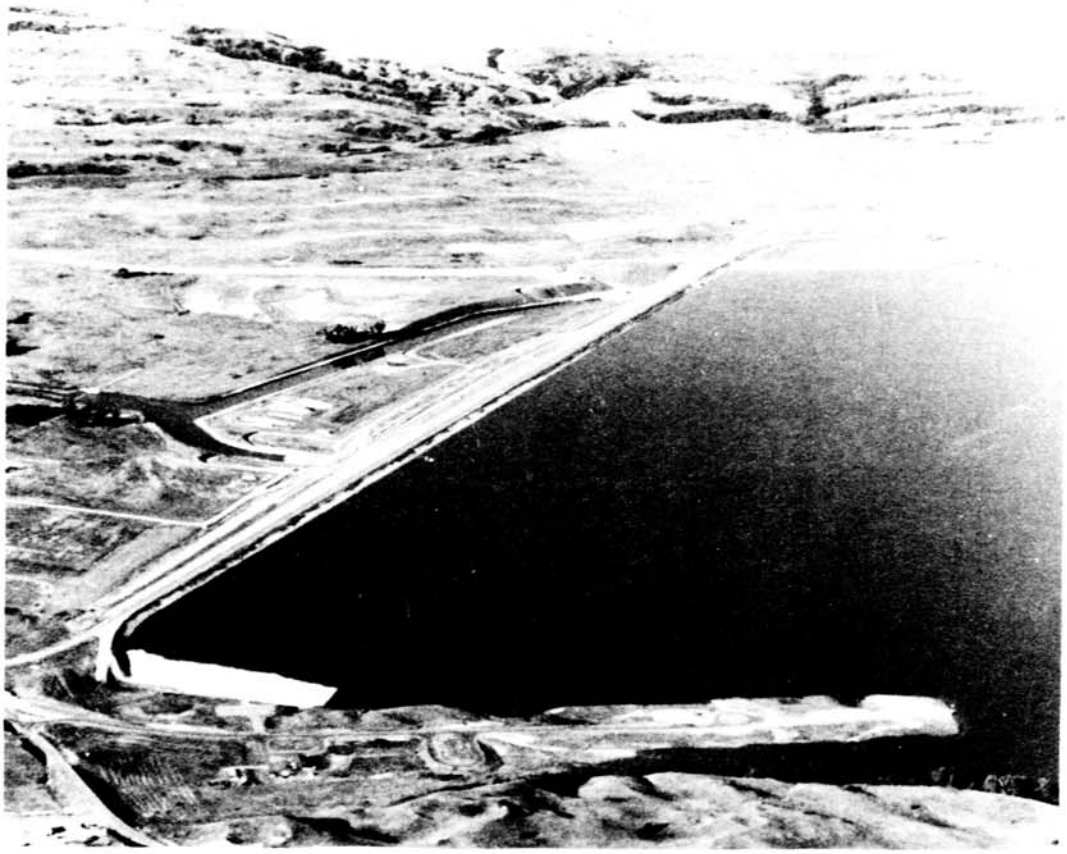
EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO HIDRAULICO

BOLETIN NO. 148

Junio de 1989



EN ESTA EDICION:

Tubería enterrada en la Estación de Riego Carrington
Métodos de mantenimiento de drenes de cimentaciones
Revestimiento de betún reforzado para canales
Algunos buenos consejos sobre boquillas aspersoras
Como seleccionar una boquilla aspersora
Enfoque en la presa Calamus y su embalse

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
Bureau of Reclamation

El Boletín de Explotación y Mantenimiento Hidráulico es una publicación trimestral 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.

* * * * *

Facilities Engineering Branch
Engineering Division
Denver Office, Code D-5210
P.O. Box 25007, Denver CO 80225, U.S.A.
Teléfono: (303) 236-8087 (FTS 776-8087

Foto en la portada:

Se enfocan la presa Calamus y su embalse, la Division North Loup y el Programa Pick-Sloan Missouri Basin.

Toda información 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 compañía.

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR - BUREAU OF RECLAMATION

CONTENIDO

BOLETIN DE EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO HIDRAULICO

NO. 148

Junio de 1989

Página

Tubería enterrada - Estación de Riego Carrington 1

Métodos de mantenimiento para drenes de cimentaciones . . . 14

Revestimiento de betún reforzado para canales 23

Algunos buenos consejos sobre boquillas aspersoras 29

Como seleccionar una boquilla aspersora 35

Enfoque en la presa Calamus y su embalse 39

TUBERIAS DE RIEGO ENTERRADAS
ESTACION DE RIEGO CARRINGTON
CARRINGTON, NORTH DAKOTA[1]

Introducción

Los materiales de fabricación y el diseño de las tuberías utilizadas en los sistemas de distribución de agua para riego suelen variar según su aplicación. Las tuberías que sirven de reemplazo para las zanjas a cielo abierto, por lo general no tienen que soportar más que presiones bajas, mientras que las tuberías utilizadas en los sistemas de aspersión se diseñan para aguantar presiones relativamente altas. En su estructura, toda tubería enterrada debe poder resistir a las cargas externas impuestas por su envoltura de tierra, así como a las presiones internas que provienen del agua contenida. El material de fabricación de la tubería debe resistir los efectos corrosivos del suelo y/o de la solución de suelos con la que tiene contacto.

Debido a las temperaturas muy bajas marcadas en los meses invernales en los estados del centro norteño de los Estados Unidos, es necesario enterrar las conducciones de agua a casi dos metros por debajo de la superficie para protegerlas contra la congelación. Se posibilita una alternativa para las conducciones de agua utilizadas únicamente durante las temporadas de calor, o sea, enterrarlas a poca profundidad en la zona de congelación, pero disponerlas en declive para permitir el drenaje del agua antes de la congelación. Al considerar la diferencia entre el costo de las excavaciones de dos metros y las de un metro, es evidente que el entierro poco profundo es el único método económicamente factible para las tuberías de riego en el estado de Dakota del Norte. La colocación a poca profundidad en climas más templados ha venido realizándose desde hace muchos años, pero esto no ha sido el caso en los estados norteños donde la tubería quedaría normalmente congelada dentro del perfil del suelo durante varios meses del año. Con el fin de lograr experiencia con este tipo de instalación se iniciaron estudios sobre conducciones enterradas en la estación de regadío Carrington en Dakota del Norte.

Conclusiones

Se enterraron aproximadamente 4500 metros de tuberías de hormigón, cemento-asbesto y cloruro de polivinilo (PVC) en la zona de congelación en la estación de riego Carrington, con una cubierta variando de unos 76 a 91 centímetros de espesor. Todas las conducciones habían sido dispuestas en declive para permitir su vaciada antes de que se congelaran. Este sistema de cañerías

[1]Preparado bajo contrato por North Dakota State University, Noviembre de 1988, para el Comité Open and Closed Conduit System (OCCS), Bureau of Reclamation, Denver, Colorado

[2]Los números en corchete indican las referencias al final del informe.

de distribución de agua ha estado en servicio por períodos variando de 16 a 20 años.

Se estableció un control vertical para verificar periódicamente cualesquier cambios de elevación que pudieran resultar de la congelación o deshielo en el perfil del suelo. Los cambios de elevación fueron insignificantes, usualmente de menos de 15 milímetros en los últimos 10 años del estudio.

Se midieron las pérdidas de presión en varias secciones de tubería, primero en 1969, poco tiempo después de la instalación, y luego en 1974 y 1984, para identificar todo cambio que hubiese ocurrido afectando la capacidad de descarga de las tuberías. Todos los cambios fueron mínimos salvo en las tuberías de hormigón.

Todas las instalaciones han funcionado en forma satisfactoria. Se ha necesitado muy poco, o ningún, mantenimiento con excepción de una que otra reparación a las tapaderas de las bocas de agua debido a daños causados por el paso de herramientas agrícolas.

Aplicación

El entierro de tuberías dentro de la zona de congelación en los estados del centro norteño para la distribución de agua de riego es factible. Las tuberías deben colocarse en declive para poder drenarlas antes del comienzo de la congelación invernal.

Pruebas

Las pruebas realizadas sobre varios tipos de tubería enterrada comprendían cuatro aspectos: (1) deflexiones por las diferentes técnicas de instalación y cargas en la superficie, (2) control vertical para verificar el abufamiento del suelo por la acción del hielo, (3) abufamiento por el hielo y tensiones en los tubos situados por encima de una capa fréatica alta simulada, y (4) rozamiento de la tubería en función del tiempo. Los varios tipos de tubería utilizados en el estudio quedan indicados en la tabla 1.

Deflexión de tuberías de baja presión

El uso de PVC flexible de "baja presión" para las tuberías de riego es comparativamente nuevo. Es un material relativamente poco costoso, concebido para resistir a presiones de explotación que no superan 1,55 kg/cm^2. Pesa poco y su instalación es fácil, por cuanto su potencial de aplicación para el riego es evidente. Sin embargo, tiene una pared delgada que presenta mínima resistencia a las fuerzas externas que pueden ser impuestas al rellenar tierra por encima de la tubería y/o por el paso de equipos de granja móviles encima de la tubería enterrada.

Tabla 1. - Material de tuberías utilizado

Materiales	Metros	Diámetro (cm)	Presión (kg/cm^2)	Año de Instalación	Acoplamiento
Hormigón no reforzado	541	30	0,77	1964	empaquetadura(rell gasket in bell)
Asbesto-cemento clase 5	1280	30,25,20	1,55	1966	empaquetadura en manguito
Plástico PVC	304	30, 25	1,55	1968	soldada con solvente
Plástico PVC	914	20	7,03	1970	empaquetadura en campana
Plástico PVC	183	15	5,62	1968	soldada con solvente
Plástico PVC	183	15	8,79	1968	empaquetadura en campana
Plástico PVC	110	20	7,03	1968	soldada con solvente
Plástico PVC	91	15	11,25	1969	soldada con solvente*
Plástico PVC	91	15	11,25	1969	empaquetadura en campana*
Aluminio con revestimiento vinílico	183	15	8,79	1969	junta embutida*
Aluminio con revestimiento vinílico	183	20	8,79	1969	junta embutida*

*Se dejó de usar al rediseñar el sistema de riego por aspersión

La resistencia a cargas verticales queda soportada por un movimiento hacia el exterior de las paredes. Es evidente que el método de relleno y el grado de compactación logrado influyen mucho sobre la capacidad de una sección de tubería en la preservación de su configuración circular y su resistencia a la ruptura. Este último punto es esencial si se trata de aplicaciones generales en el campo.

Para poder determinar el tipo de instalación requerido para el uso de este material, se excavaron zanjas de 48 centímetros de ancho y de 91 a 122 centímetros de profundidad para la instalación de secciones de 6 metros de largo de PVC de baja presión de 30 centímetros de diámetro. Se llevó a cabo una serie de siete pruebas tal como lo indica la tabla 2. Los resultados de estos ensayos se refieren a la deflexión de la tubería según el método de rellenado y el grado de presión aplicado sobre la tubería. La carga superficial fue impuesta por medio de las ruedas traseras dobles de una camión de tamaño agrícola cargado con 250 costales de trigo.

Se iniciaron otras pruebas de deflexión del PVC de baja presión en tuberías de 30 y 25 centímetros utilizadas en los campos como líneas de servicio de distribución para el riego, imponiéndose distintos métodos de rellenado sobre las secciones al instalarse las tuberías. Se establecieron puntos de referencia repetidos para medir las elevaciones superiores e inferiores.

Tabla 2.- Efecto del método de rellenado sobre la deflexión vertical de tuberías de 30 cm de CVP de baja presión

Prueba No.	Porcentaje de deflexión* por carga		Porcentaje total de deflexión
	Suelo	Vehículo	
Zanja de prueba No.1 de 122cm de profundidad			
1 Primer relleno de 15 cm colocado a mano, el resto volteado**	2,5	10,1	12,6
2 Relleno vertido, luego encharcado con agua	14,2	2,0	16,2
3 Igual al No. 2, pero la tubería se llenó con agua a una altura de 1 m y luego se hizo el rellenado	15,1	1,0	16,1
4 Métodos recomendados por el U.S. Soil Conservation Service	5,3	4,6	9,9
Zanja de prueba No. 2 de 91 cm de profundidad			
5 Todo el relleno fue volteado	3,8	11,4	15,2
6 La tierra se compactó hasta la mitad del diámetro de la tubería, relleno volteado	-3,7***	5,0	1,3
7 Se formó una cama de 5 cm en la zanja, relleno volteado	3,2	10,5	13,7

*La deflexión se expresa como porcentaje del diámetro original de la tubería.
**El relleno se voltea en la zanja usando pala mecánica.
***El signo negativo indica la deformación vertical del diámetro de la tubería resultado de la compactación de la tierra en los costados.

Las primeras lecturas se hicieron en 1969 después de haberse consolidado el relleno durante un año. Estas lecturas han seguido tomándose desde entonces. La Tabla 3 presenta un resumen de las lecturas de 1969 y 1974.

Efectos del bufamiento por la acción del hielo

Los efectos de la acción del hielo sobre los tubos fueron medidos utilizando puntos de referencia verticales establecidos sobre varias tuberías en uso en la estación. Se siguen tomando medidas de cota periódicamente en estos puntos de referencia desde la colocación de los tubos. Se supone que los cambios de cota después del asentamiento inicial se deben a la acción del hielo. Un resumen abreviado de estos datos aparece en la tabla 4. Estos datos indican muy poco, sino ningún, bufamiento que causara un desplazamiento vertical de la tubería. Las

lecturas de elevación tomadas anteriormente, durante y después de la congelación invernal han sido esencialmente las mismas.

Tabla 3.- Deflexión de tuberías de PVC de 30 y 25 cm de baja presión enterradas

Sitio	Relleno	Tubería vertical diámetro (cm) 1969	1974	Porcentaje de deflexión* 1969	1974
	30 cm de diámetro				
A	Rellenado a máquina, relleno de 122 cm, 51 cm de ancho	23,5	22,0	22,7	22,7
B	Compactado a mano, hasta 1/2 diámetro de la tubería, relleno de 91 cm, ancho de 51 cm	30,3	28,5	0,5	6,3
C	Consolidada con agua, la zanja se rellenó y luego se inundó con agua, relleno de 91 cm por 51 cm de ancho	26,7	25,5	12,2	16,3
	25 cm de diámetro				
D	Relleno a máquina, 91 cm de relleno, zanja de 61 cm	22,3	20,0	12,1	21,2
E	Relleno a máquina, 91 cm de relleno, zanja de 36 cm	22,5	20,0	11,2	21,2
F	Consolidado con agua, 91 cm de relleno, zanja de 36 cm	22,4	20,0	11,7	21,2
G	Consolidado con agua, 91 cm de relleno, zanja de 61 cm	22,4	20,6	11,8	18,8

*Deflexión expresada como porcentaje del diámetro original de la tubería.

Tabla 4.- Elevaciones medias registradas a intervalos en los puntos de control verticales de tuberías colocadas dentro de la zona de hielo en la estación de riego Carrington

Clase de tubería	No. de puntos de control	Elevación media en metros por año 1969	1974	1984
Tubería de PVC de 30 cm, de baja presión	6	28,98	28,99	28,97
Tubería de PVC de 25 cm de baja presión	2	29,03	29,04	29,02
Tubería de hormigón de 30 cm, de baja presión	20	28,06	28,02	28,01

Se creó una capa fréatica artificial utlizando una zanja de casi 2 metros de ancho, 2,50 metros de profundidad y 21 metros de largo, excavada directamente por debajo de la línea central de las tuberías de PVC de baja presión de 25 centímetros a instalarse posteriormente. La zanja estaba revestida con mantas de polivinilo de 6 mil, rellenada con una capa de 20 centímetros de arena gruesa en el fondo, luego rellenada con el material excavado. El relleno fue compactado a su densidad original. Un tubo de drenaje fue instalado entre la capa de arena y la superficie para permitir la recarga de la manta fréatica. Después del relleno, se utilizó una zanjadora con ruedas para excavar una trinchera de 36 centímetros de ancho y 107 centímetros de profundidad para la colocación del tubo de 25 centímetros de PVC de baja presión. Se establecieron puntos de control vertical en la línea y, un año después, se instalaron medidores de tensión repetidos sobre varios puntos de la tubería. El propósito de los medidores de tensión es el de medir la solicitación interna que puede ocurrir en una tubería como resultado de cambios de temperatura y/o realineamientos de la tubería debido al bufamiento por el hielo.

Se dificultó mantener la capa fréatica artifical después del primer año. Según parece, al asentarse el relleno, la membrana de polivinilo se rompió, permitiendo al agua escaparse poco a poco y no fue posible realizar una recarga durante los meses de invierno. Por lo tanto, no hubo manera de mantener las condiciones iniciales de la prueba. Sin embargo, se había llegado a crear una condición de humedad superior al grado normal, cuando menos durante las dos temporadas en que se reunieron datos.

Se notaron pocos cambios entre la elevación de las tuberías enterradas dentro de la capa freática artifical y las medidas tomadas en las secciones de tubería de 25 centímetros contiguas a la zona de la capa freática. Los datos de cota indican que el cambio neto en las elevaciones de los tubos durante el período de 4 años de 1970 a 1974 fue de solamente 18 milímetros por encima de la capa freática y 10 milímetros en la sección adyacente. Estos cambios son insignificantes. Aunque los datos no aparecen en el cuadro, también hubo muy poco cambio en elevación entre los períodos de hielo y deshielo de cada año.

Las lecturas de extensímetros tomadas a intervalos sobre un período de 2 años identificaron algunos cambios de tensión en el material de los tubos, pero éstos fueron relativamente pequeños. El máximo registrado fue de aproximadamente 98,4 kg/cm^2 que ocurrió en un mes de diciembre cuando el suelo alrededor de la tubería se venía congelando. Esta tensión equivale al 14 porciento del punto de ruptura para el material de los tubos y, por consiguiente, queda muy bien dentro de los límites de elasticidad.

Características hidráulicas

Con el intento de evaluar el efecto global de todos los cambios que pueden ocurrir en un sistema de conducciones con el uso y el tiempo, se iniciaron mediciones de pérdidas de presión en la nueva tubería enterrada de Carrington en 1969. En 1974 y 1984, se repitieron las medidas sobre las mismas secciones de tubería para verificar cualesquier cambios que hubieran ocurrido en los intervalos de 5 y 10 años.

Antes de empezar las mediciones de pérdidas de presión, se utilizaron dos procedimientos para reducir las lecturas erróneas. El primer procedimiento consistía en verificar las tasas de descarga por medio del medidor de caudal Hall. El segundo consistía en soltar el aire atrapado en la tubería por medio de la apertura de las tapaderas de las bocas de agua a lo largo de la conducción y en llenarla gradualmente, permitiendo que el aire atrapado se escapara. Después de un tiempo, se cerraron las tapaderas y se llevó a cabo la prueba. El procedimiento para medir la pérdida de carga era sencillo. Se instalaron conexiones piezométricas a intervalos en la conducción para medir la pérdida total de presión en un punto dado. Al medir las pérdidas de presión entre puntos sucesivos a lo largo de una conducción, se sacó un promedio en base de las pérdidas por unidad de longitud. La ecuación de Hazen-Williams fue entonces utilizada para calcular los coeficientes de rugosidad. Estos se calcularon sobre una gama de tasas de flujo y luego se promediaron para obtener un valor medio. Un resumen de estos valores aparece en la tabla 5 para los tubos de plástico de PVC de baja presión, de asbestos-cemento y de hormigón no armado, conforme a las medidas tomadas en 1969, 1974 y 1984.

Discusión

Los datos sobre la deflexión en las tuberías sugieren que ésta es menor cuando el primer rellenado de tierra se coloca a mano y se asienta a una profundidad de la mitad del diámetro del tubo, o se forma una silleta de poca profundidad de tierra compactada como soporte para la tubería. La agencia U.S. Soil Conservation Service recomienda un relleno de 15 cm encima de la tubería, sedimentado con agua. La mayor deflexión ocurrió cuando la zanja entera se rellenó mecánicamente y se consolidó con agua.

La deflexión causada por el peso de los camiones por encima de la tubería es más fuerte cuando se voltea el relleno sin compactarlo sobre la tubería. La deflexión expresada como un porcentaje de la dimensión vertical original fue de un 10 a 11 porciento agregado a la deflexión causada por la colocación del relleno. La suma total de deflexión que se debía al peso de la

Tabla 5.- Resumen de los coeficientes de Hazen-Williams calculados a partir de mediciones de pérdida de presión en varias tuberías de riego en la estación de riego Carrington en 1969, 1974 y 1984

Material de la tubería	Diámetro (cm)	Coeficiente de rugosidad* 1969	1974	1984
Plástico PVC de baja presión	30,5	122	123	120
Asbesto-cemento Clase 5	25,4	139	139	137
Asbesto-cemento Clase 5	30,5	132	138	141
Hormigón no armado	30,5	127	138	87

*El coeficiente de rugosidad (C), calculado usando la ecuación de Hazen Williams, se expresa en la forma siguiente:

$Q = 1{,}32\ C \times R(0{,}63) \times S(0{,}54) \times A$ = caudal en m^3/s

R, radio hidráulico = D/4 para tubería circular
S, pendiente de la línea de energía (pérdida de presión/longtitud)
A, área de la sección de tubería
C, coeficiente de rugosidad

de la tierra y a la carga impuesta quedaba bien dentro del propuesto máximo del 20 porciento permitido que ha sido sugerido como un límite de falla potencial para el acero ligero [1][2]. Los que trabajaban con drenes de plástico observaron que la falla ocurría con el 40 porciento de deflexión [2].

La profundidad de las zanjas (91 cm contra 122 cm) parece haber influido muy poco sobre el porcentaje de deflexión resultando ya sea del relleno o de la carga impuesta. Aunque la compactación del relleno a mano en ambos lados de la tubería hasta la mitad del diámetro del tubo puede asegurar la configuración la más estable para la sección de tubería, no sería factible en el campo debido a los requerimientos de mano de obra. Una alternativa que parece ser tan eficaz como el relleno a mano es la prueba No. 7 que emplea una cama de 5 centímetros, la cual puede formarse por medio de una rueda o de una zanjadora de cadena que puede servir también para la excavación. El haber llenado el tubo con agua a una altura de un metro durante el relleno no redujo el grado de deflexión.

Para las tuberías en las cuales se medían los cambios de elevación, el bufamiento por la acción del hielo ha sido mínimo y no presenta problemas de ingeniería en los suelos moderadamente bien drenados de la estación Carrington. Sin embargo, esto no debe sugerir que no se tropezará con problemas en algunos suelos regables que posiblemente tengan capas freáticas relativamente altas durante los meses de temperaturas frías.

En el transcurso de los 15 años de estudios, se observó muy poco cambio en el coeficiente de rugosidad de Hazen Williams (C) en tres de las cuatro pruebas. El mayor cambio ocurrió en la tubería de hormigón. El coeficiente de rugosidad bajó de 127 a 87 sugiriendo que la superficie interior del tubo se había vuelto más rugosa. Otra observación en la tabla 5 indica que el valor (C) para el PVC es más bajo que el valor (C) para el asbesto-cemento, contrario a la literatura publicada. Esto sugiere la presencia de otras condiciones tales como la forma de la zona del perfil, alineación, encoplado, etc., afectando el coeficiente de rugosidad (C).

Se calcularon las curvas de pérdidas de carga en función de las curvas de tasa del caudal para cada material de tubería probado para los años de 1969, 1974 y 1984 las cuales aparecen en la figuras 1 a 4 inclusive. En la figura 1, la pérdida de presión en función de la curva de descarga es mucho más alta en 1984 que en 1974 y 1969. Esto indica que ha ocurrido algún cambio para producir una superficie más rugosa en el interior de la tubería de hormigón. Se supone que en el transcurso de los años de servicio, el agua ha tenido un efecto corrosivo o erosivo sobre la pared interna de la tubería de hormigón para producir una superficie más rugosa.

Referencias

1. Sangler, M. G. "Soil Engineering" (Ingeniería de Suelos), Second Edition, Scranton International Textbook Company, 1969.

2. Meyers, V. J., R. J. Rektorik, y C. A. Wolfe, Jr., "Deflection Tests and Trench Conditions for Plastic Drain Pipe" (Pruebas de deflexión y condiciones de zanjas para tuberías de plástico para drenaje) Transactions of ASAE, 1967.

Bibliografía

Informes sobre tuberías de riego enterradas en la Estación de Riego Carrington, preparados por la estación de acuerdo con el contrato No. 14-06-600-9990 celebrado entre el Bureau of Reclamation y la North Dakota State University.

PERDIDA DE PRESION HIDRAULICA EN EL CAMPO

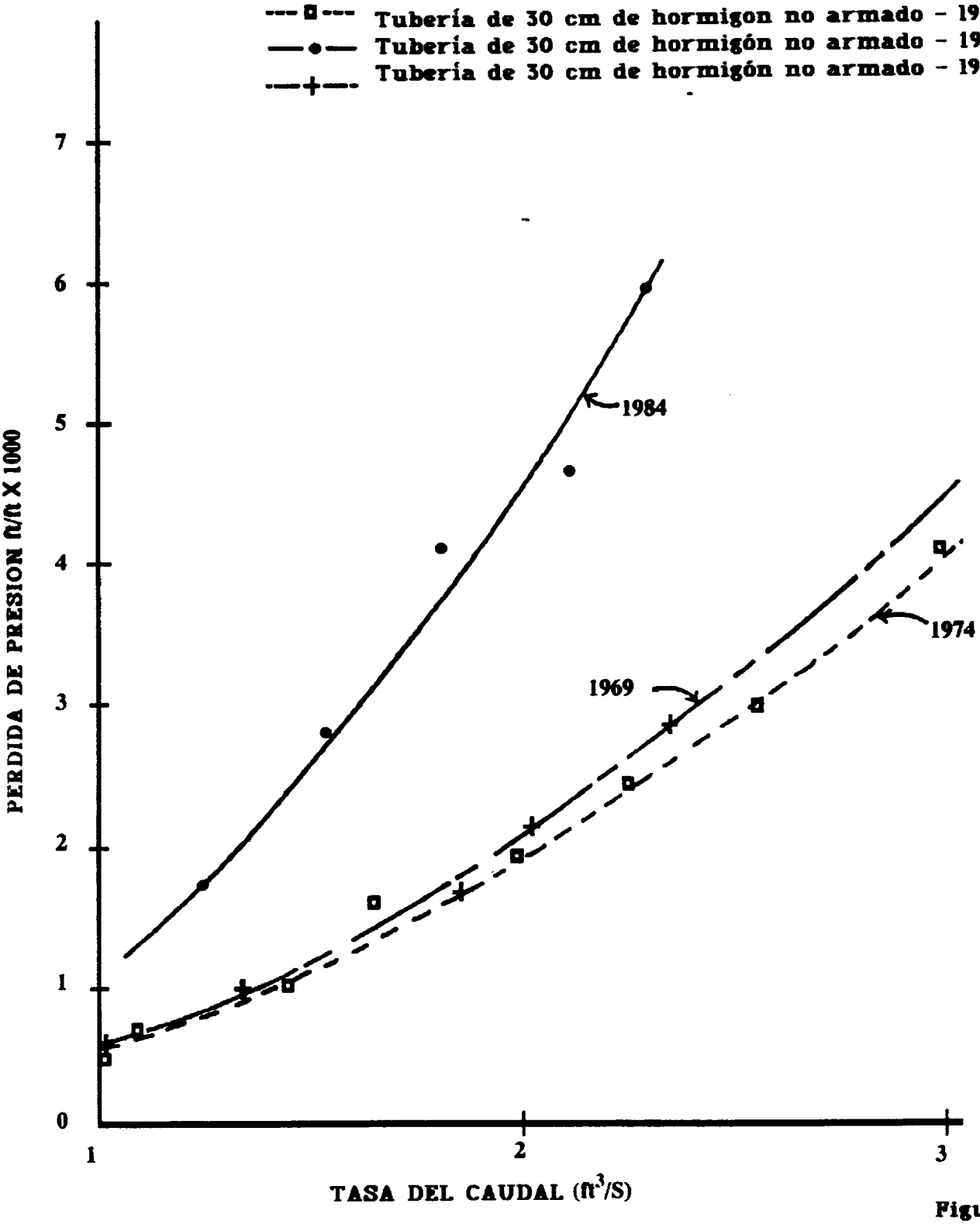


Figura 1

PERDIDA DE PRESION HIDRAULICA EN EL CAMPO

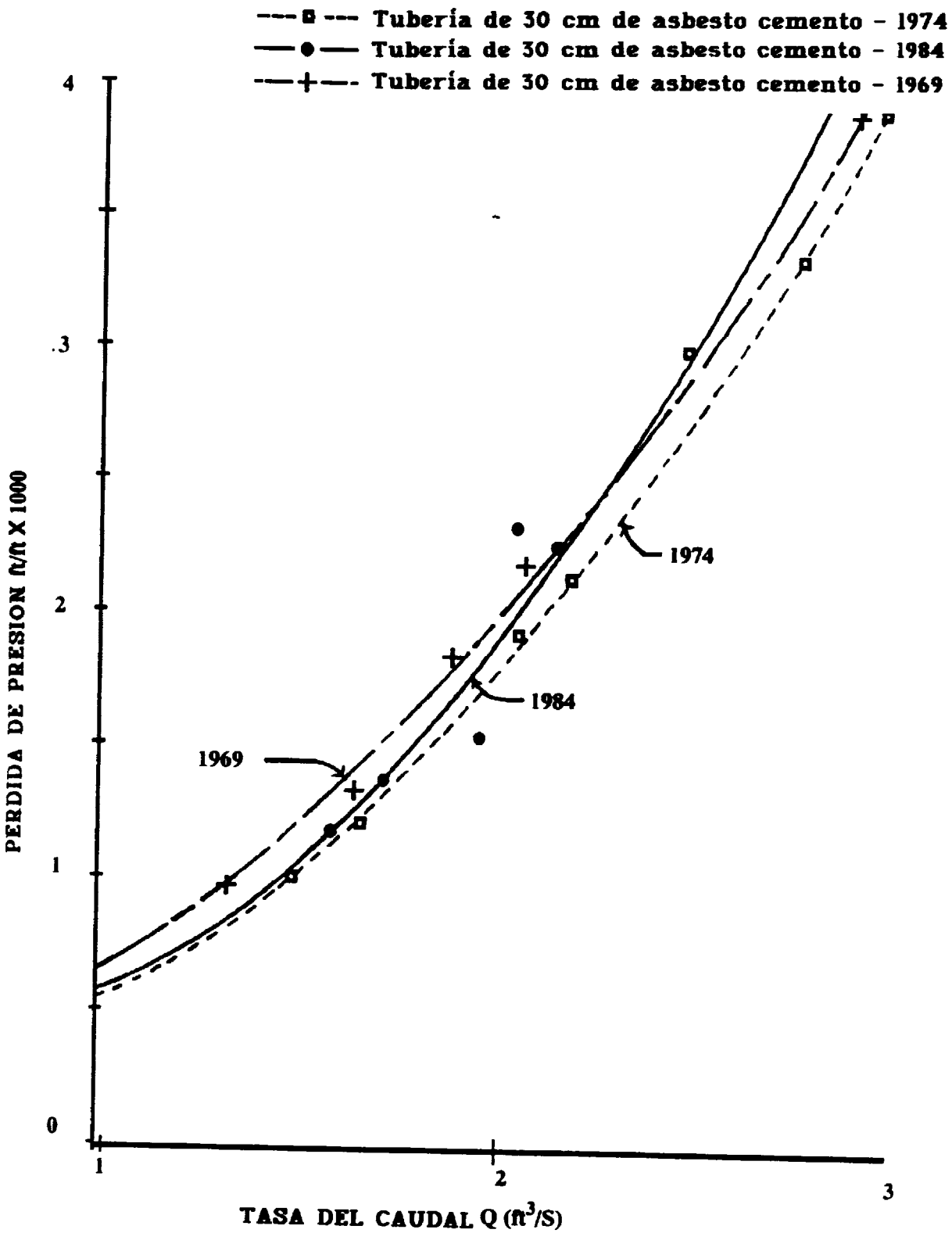


Figura 2

PERDIDA DE PRESION HIDRAULICA EN EL CAMPO

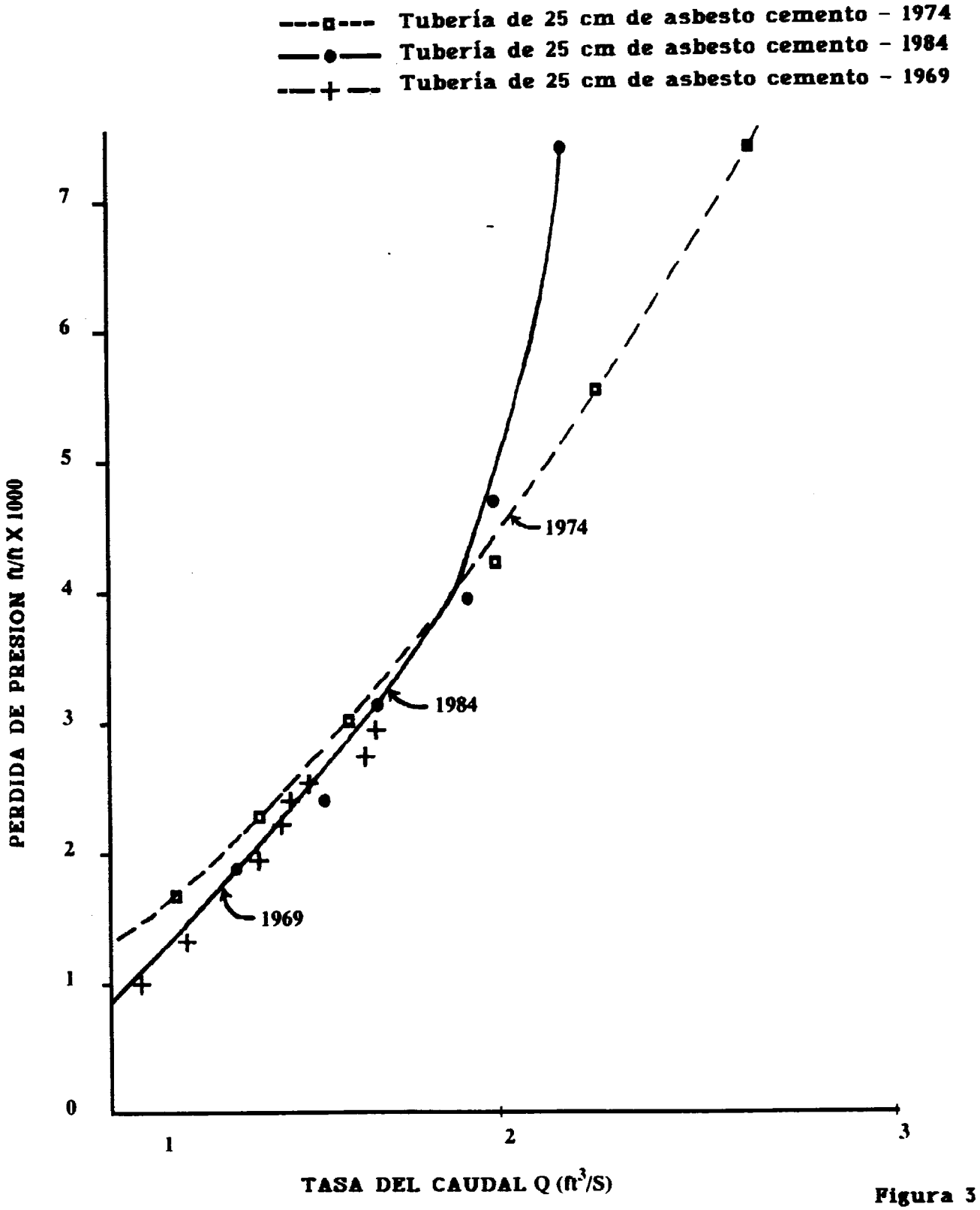


Figura 3

PERDIDA DE PRESION HIDRAULICA EN EL CAMPO

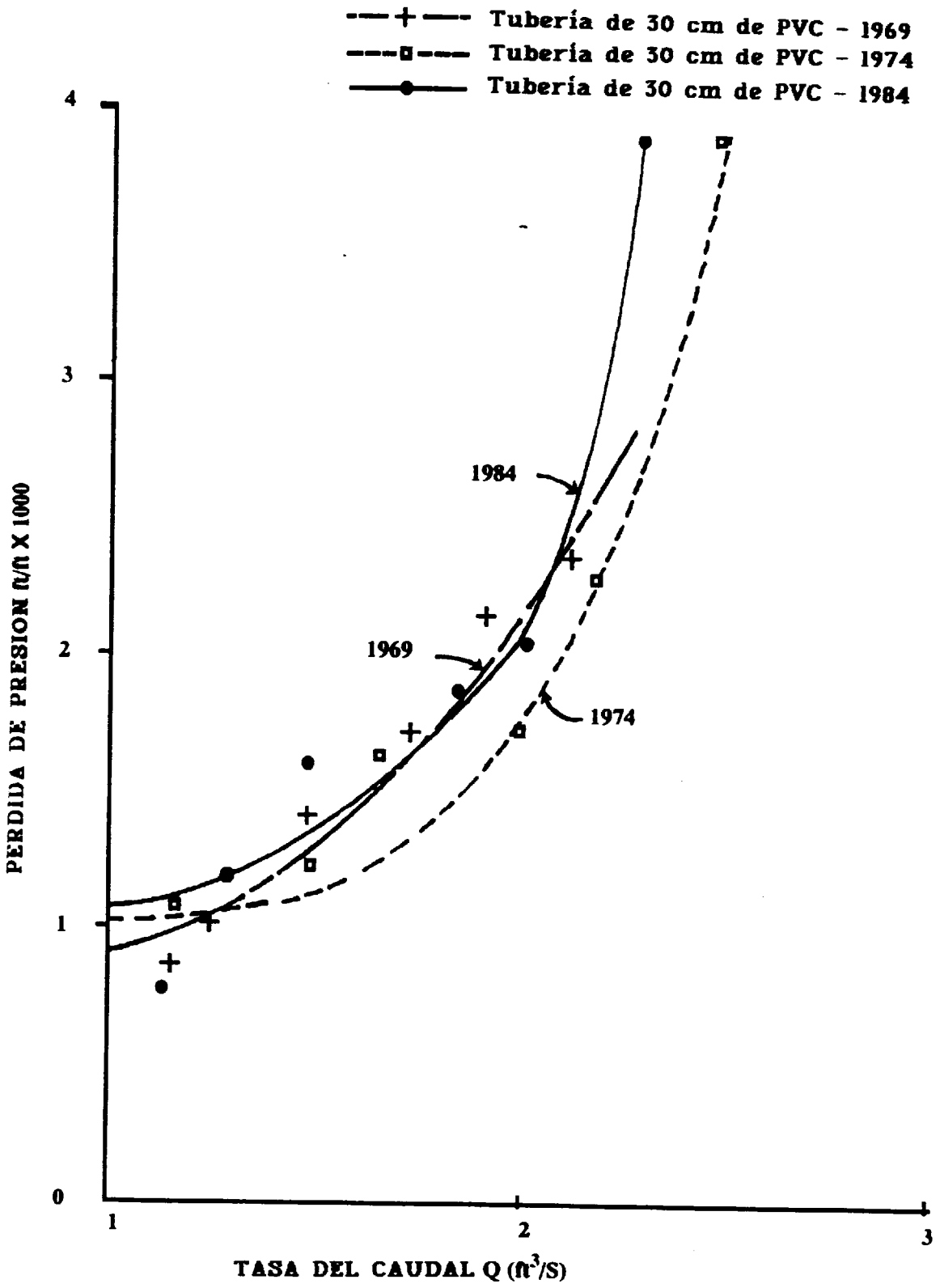


Figura 4

METODOS DE MANTENIMIENTO PARA DRENES DE CIMENTACIONES[1]

Por Robert A. Baumgarten[2] y James A. Lundeen[3]

Introducción

El Bureau of Reclamation se encarga de la explotación y del mantenimiento de muchas presas de hormigón del tipo de gravedad. Los factores de seguridad utilizados en el diseño de estas presas consideran un control continuo de las subpresiones y filtraciones en las cimentaciones. El presente informe explica brevemente el propósito de los drenes de cimentaciones y la importancia de un mantenimiento adecuado para asegurar une operación segura. Este informe asimismo describe las causas de los problemas de obstrucción más típicos y enumera métodos y equipos utilizados para la limpieza de los orificios de drenaje. El intento de los autores no es el de aceptar o rechazar cualquier método de limpieza, sino de documentar los métodos utilizados en las presas del Bureau.

Antecedentes

Las presas del Bureau están equipadas con instrumentos (registros de niveles y vertederos de medición) para verificar el funcionamiento de los drenes de cimentaciones. Las velocidades de filtración y las subpresiones hidrostáticas se comparan de tiempo en tiempo siempre a la misma altura de la superficie del agua en el embalse. Las tasas de flujo en algunos de estos drenes han rebajado mientras han permanecido estables las condiciones circunvecinas. Una causa de esta ocurrencia sería una obstrucción parcial de los orificios de los drenes de cimentaciones debido a la incrustación. De quedar completamente obstruidos estos orificios, las subpresiones aumentarían (variando de la plena presión del embalse en el paramento de aguas arriba a cero o presión de pie en el paramento de aguas abajo).

Cualquier aumento en las subpresiones afecta la estabilidad contra el deslizamiento o vuelco de la presa. Es de suma importancia, por lo tanto, mantener estos drenes abiertos para reducir la posibilidad de una acumulación de presiones.

Las subpresiones ocasionadas por las presiones hidrostáticas del agua siempre han sido motivo de preocupación en el diseño de estructuras cuando la gravedad es una de las fuerzas establizantes. En el diseño de las presas del tipo de gravedad construidas de hormigón, siempre cabe considerar la influencia

---

[1]Sintetizado para el boletín. Información tocante el informe completo se puede obtener al comunicarse con uno de los autores.

[2]Robert A. Baumgarten es un ingeniero civil en la Geotechnical Services Branch, Bureau of Reclamation, PO Box 25007, Denver, Colorado 80225 U.S.A.

[3]James A. Lundeen es un ingeniero civil en Facilities Engineering Branch, Bureau of Reclamation, PO Box 25007, Denver, Colorado 80225 U.S.A.

de las subpresiones. El agua contenida en el embalse y en el pie, o sea, a la cabeza del canal, produce presiones en el interior de las cimentaciones de la presa afectando poros, grietas, juntas y líneas de unión. La subpresión reduce la fuerza normal que actúa sobre los planos de deslizamiento potencial y reduce la estabilidad que proteje contra el deslizamiento de las cimentaciones y el vuelco de la presa. Los drenes de cimentaciones alivian esta presión. La distribución de la presión depende del tamaño de los drenes, su profundidad, emplazamiento y espaciamiento.

La práctica actual del Bureau tocante a diseños preliminares es de suponer que los drenes en las cimentaciones habrán de reducir la subpresión potencial a un valor igual al valor de las aguas del pie, más un tercio de la diferencia entre la presión del embalse y la presión en el pie. El factor de seguridad empleado en el diseño final supone que los drenes se mantendrán continuamente abiertos para permitir el paso del flujo.

Los depósitos que más causan obstrucciones en los drenes de cimentaciones son el carbonato de calcio y las bacterias. Los depósitos de carbonato de calcio se notan frecuentemente en el punto de salida de las filtraciones por estos drenes.

El equilibrio del carbonato de calcio incluye las siguientes especies químicas importantes: calcio acuoso, carbonato, bicarbonato, ácido carbónico, hidróxido, iones de hidrógeno, carbonato de calcio sólido y agua. La temperatura del agua, las presiones parciales del dióxido de carbono y las fuerzas iónicas afectan la presencia y la concentración de estas especies.

Los depósitos bacteriales resultan de las actividades vitales de ciertas bacterias que sacan la energía para su existencia de la conversión de sulfatos a sulfidas, óxidos ferrosos a férricos y manganesio a óxidos de manganesio. El crecimiento puede desarrollarse con enorme rapidez y ser difícil de controlar. Sucede muchas veces que los depósitos sean suaves y de fácil remoción; pero algunos pueden mineralizarse y volverse duros o viscosos y así impedir la corriente libre del agua. El crecimiento bacterial puede ocurrir anaeróbicamente (sin oxígeno) o aeróbicamente (con oxígeno). Las fuentes de energía pueden ser materias orgánicas u otras substancias de contenido carbónico. Las bacterias requieren un abastecimiento continuo (tal como en agua fluyente) de hierro disuelto, manganesio o sulfato según el tipo de bacteria.

La acumulación de obstrucciones de carbonato de calcio y bacterias, en general, se designarán como incrustaciones en este informe a no ser que se designen de otro modo.

Varios métodos de limpieza de los drenes de cimentaciones

Se presentan a continuación varios métodos utilizados para remover las incrustaciones de los drenes de cimentaciones.

Varillas despojadoras

En este proceso se utiliza una varilla de acero o un dispositivo similar para romper los depósitos incrustados. En algunos casos, es posible utilizar un cable para bajar en el dren objetos de metal tales como barrenas de cruz para romper las incrustaciones.

Parece que este método de limpieza depende del espesor y del endurecimiento de la incrustación. Puede ser útil cuando la mayor parte de la obstrucción se encuentra cerca de la superficie del dren (en cimentaciones de hormigón) o cuando las filtraciones de agua penetran en el dren más adelante de la zona obstruida (en cimentaciones de roca). Esto permite a las filtraciones salir por el dren y la acumulación de incrustaciones no reduce su caudal.

Ensanchamiento

Se ensancha por medio de una barrena el diámetro original del orificio de 0,32 a 0,64 cm. En algunos casos, se perforan nuevos drenes para reemplazar a los anteriores.

El ensanchamiento asegura la eliminación de la incrustación de los drenes de cimentaciones, con la excepción de algunas incrustaciones formadas en grietas o venas sobrepasando los 0,32 a 0,64 cm. Pero debido al costo considerable de aproximadamente US$25 a US$75 por pie (30 cm) y el tiempo requerido, por lo general no se recomienda este método.

Limpiador rotatorio del interior de tuberías

Este método limpia la incrustación del interior de los drenes de cimentaciones, sin sobrepasar el diámetro original. El Bureau ha utilizado los siguientes tipos de limpiadores rotatorios para el interior de tubos:

Limpiador de tubos Wilson.- Un dispositivo neumático que voltea el cabezal de potencia y consiste principalmente de una manguera flexible y de un resorte, conectados a un portabroca utilizado con un cortador No. 64 sobre un cabezal de tres brazos extensibles.

Se ha utilizado este dispositivo desde los últimos años del 70 para limpiar los drenes de cimentaciones en la presa Flaming Gorge,

siempre con buenos resultados.

Payne and Arnholtz.- Una vara flexible de mando eléctrico (110 voltios) utilizada con distintos tipos de cabezales de carburo que fueron diseñados y fabricados por Payne y Arnholtz para limpiar los drenes de cimentaciones.

Por las cintas magnéticas de video de la cámara exploradora, se pudo observar que el contratista había limpiado eficazmente las incrustaciones de los drenes de cimentaciones. Ahora parece que el flujo de los drenes en la presa Yellowtail ha aumentado en un 6 porciento desde que se efectuó la limpieza. Sin embargo, el tiempo transcurrido aún no es suficiente para poder afirmar que la limpieza ha sido completamente eficaz.

Escariador Goodway.- Una máquina neumática para limpiar tubos, capaz de escariar hasta una profundidad de 38 metros. El Goodway AWT 100 es compacto, portátil (propulsión de 56 kg) con chorro de agua simultáneo para expulsar los depósitos de los tubos. Una válvula automática suelta agua solamente cuando la máquina está funcionando. Esta máquina incluye un tacómetro ajustable y un control de velocidad/torsión, lo que permite al operador fijar la rotación del eje a una velocidad de aplicación óptima. Un cubo flexible activa centrifugalmente las hojas cortantes para remover los depósitos de incrustación. De ser necesario, se puede adaptar una barrena al frente del cubo flexible. Otros aditamentos son también disponibles.

Este escariador parece haber sido muy eficaz cuando se utilizó en la presa Morrow Point. La posibilidad de limpiar a una profundidad de 38 metros es otro aspecto útil de este dispositivo limpiador portátil que representa una alternativa muy económica, en condiciones similares a las de la presa Morrow Point, a los más costosos métodos de limpieza.

Coleman.- Este dispositivo funciona bajo presión hidrostática de agua, lo que permite a la cabeza oscilar. La cabeza oscilante remueve la incrustación de las paredes laterales de los drenes de cimentaciones. La boquilla está conectada a una manguera con presiones de agua de 4,2 kg/cm^2 a más de 14,0 kg/cm^2 (variando con la elevación de la galería) que aumentan con la profundidad del dren. El agua sirve para expulsar las incrustaciones fuera del dren.

Por lo visto, esta boquilla ha limpiado muy bien los drenes de las cimentaciones de la presa Hungry Horse. Se evita la rápida formación de incrustaciones si se limpian los drenes cada 3 o 5 años. Cuando se presta para el caso, la boquilla de agua representa un método muy económico de limpieza.

Roto-Rooter.- Este es un dispositivo de mando eléctrico que da vueltas a las hojas cortantes; consiste de una cinta de acero (culebra) y de un surtido de hojas cortantes.

Este método ha demostrado su capacidad para cortar a través de tramos obturados de los drenes de cimentaciones en la presa Folsom. Se pudo destapar el dren 12.D.3 en dicha presa hasta una profundidad de 39 metros, habiéndose cortado a través de obstrucciones sólidas a profundidades de 5 a 8 metros y de 12 a 15 metros. Dentro de aproximadamente 6 a 7 horas, el dren quedó completamente destapado en su entera longitud a un costo de US$500.

Se examinó este dren con una cámara exploradora. La pared lateral estaba virtualmente libre de incrustación, excluyendo solamente una pequeñas párticulas de incrustación observadas en grietas. Las filtraciones de agua subieron de cero antes de la limpieza a 6 l/h después de la limpieza. Este método parece ser satisfactorio para quitar las incrustaciones de las paredes y remover las obstrucciones. Con esta sola demostración, es difícil acertar lo económico que sería este método para la limpieza de toda una galeria de drenes de cimentaciones.

Sistema de limpieza por agua UAP (ultraalta presión)

Un sistema típico UAP descarga de 4 a 12 l/min a presiones de entre 1406 y 3515 kg/cm^2. Una presión de 2460 kg/cm^2 es la más práctica para aplicación con mangueras. Debido a la baja tasa de flujo, el sistema UAP reduce de manera significante el peligro de ruptura hidráulica y un posible aumento subsecuente de las filtraciones por debajo de la presa. Se recomienda usar una cabeza rotatoria con este sistema. Las configuraciones de dos o cuatro boquillas producen una fuerza equilibrada sobre la cabeza y son las más comunes. Se ha comprobado la eficacia de la boquilla UAP al limpiar incrustaciones acumuladas en una pared de galería. Los problemas de estriado en las paredes de un dren de cimentaciones quedan reducidos con la utilización de una cabeza rotatoria. Una sola pasada de la cabeza por orificio debería de requerirse para ahorrar tiempo y trabajo. El único inconveniente que lleva el uso de una cabeza rotatoria es que el diámetro del conjunto de la lanza flexible aumenta, lo cual reduce la flexibilidad.

Se limpió carbonato de calcio de la pared de la galería en la presa Grand Coulee. Esta prueba demostró que era posible limpiar un dren de cimentaciones en roca dura usando un sistema de agua UAP, habiéndose verificado esto por medio de una cámara exploradora.

El equipo UAP pudo transportarse solamente a un número limitado de sitios de drenes de cimentaciones sin tener que desmontar y volver a montarlo, cosa que requiere mucho trabajo y tiempo. En estos sitios, no se habían realizado medidas de subpresiones o reunido datos sobre el flujo saliendo de los drenes de cimentaciones y ninguno de los drenes estaba completamente obstruido con incrustaciones antes de la limpieza. Se necesita más amplia experiencia con el sistema de agua de UAP antes de poder determinar si esta técnica es práctica.

En la presa Folsom, este método no dió buenos resultados Los drenes de cimentaciones utilizados para la demostración estaban completamente tapados. Se ensayaron varias configuraciones de boquillas con distintas presiones de agua con muy poco éxito. La combinación de la punta de 80° de la boquilla con 2530 kg/cm^2 sí llegó a cortar y limpiar bastante bien aproximadamente 2 metros del dren, cosa verificada por medio de la cámara exploradora. En general, el equipo utilizado para la limpieza de éstos drenes era muy tosco, difícil de manejar y predispuesto a fallas. Este método es prometedor para el futuro, pero requiere modificaciones en la adaptación del equipo limpiador por agua UAP para un servicio económico y eficaz.

Dispositivos de limpieza por agua de alta presión

Este método utiliza una presión más baja, usualmente entre 422 y 703 kg/cm^2 y una volumen de flujo mayor, entre 20 y 80 l/min.

Industrial Hydropower.- Este fabricante demostró un sistema de alta presión por chorro de agua para limpiar drenes de 9 cm de diámetro.

Se limpiaron dos orificios de drenes de cimentaciones, pero los resultados no fueron conclusivos. Con este equipo se logró remover los depositos más duros de carbonato sobre la paredes.

Donco Industries, Inc.- Esta empresa ha diseñado un dispositivo de chorro hidráulico de alta presión (llamado "hydroblasting") que es muy eficaz con una presión efectiva de 703 kg/cm^2 y un flujo de 8 l/min. Debido al diámetro y a la longitud de la manguera, se marcó una pérdida de 10,5 kg/cm^2 por cada 15 metros de la manguera de alimentación de 1,27 cm de diámetro interior y una pérdida de 23,2 kg/cm^2 en 8 metros de manguera de lanza flexible de acero de nilón de 0,64 cm de diámetro interior. Las cabezas disponibles para uso eran:

a. Una lanza flexible de 11 mm, con manguera de 8 metros de largo y 0,64 cm de diámetro interior de acero de nilón; un orificio apunta directamente hacia adelante y 18 orificios apuntan hacia adelante a un ángulo de 30°.

b. Una cabeza de topo de 1,27 cm, con vara de 1,5 m de largo, 1,27 cm de diámetro, un orificio apunta directamente hacia adelante, tres orificios apuntan adelante a un ángulo de 45° y siete orificios apuntan a 35° hacia atras.

c. Una cabeza de topo de 5 centímetros, con vara de acero de 1,5 metro, de 1,27 cm de diámetro, consistiendo de varias boquillas que pueden disponerse según la necesidad.

d. Una cabeza de topo rotatoria de 6 cm, con vara de acero de 1,5 metro de largo, 1,27 cm de diámetro, un orificio apunta directamente hacia adelante, dos orificios a 45° hacia adelante y dos orificios a 45° hacia atras.

e. Una broca con punta de carburo de 8 cm de diámetro con boquillas de alta presión con chorros de agua apuntando hacia adelante, agregándose varas de acero rígido de 1,5 metro de largo según se necesite para alcanzar las debidas profundidades.

Se utiliza una manguera de 1,27 cm de 2109 kg/cm^2 de capacidad para llevar el caudal producido por las bombas. Asimismo, como medida de seguridad, se utiliza un dispositivo de reducción de presión con pedal para regular la presión cuando se limpia la cabeza de topo o la lanza.

El equipo hydroblast se montó facilmente y el acceso a los drenes de cimentaciones estuvo bastante facil al usar líneas de alta presión. Varias puntas cortantes pueden adaptarse facilmente cuando se encuentran diferentes tipos de incrustaciones.Una cabeza de topo de 1,27 cm de diámetro fue muy eficaz en cortar a través las incrustacione sólidas. Usando distintas cabezas de topo y una lanza flexible, la incrustación fue removida de las paredes en forma inconsistente Puede ser necesario un pequeño ajuste, ya sea en la dirección o el número de boquillas en las cabezas de topo y/o un dispositivo de centralización instalado para asegurar que el dispositivo esté centralizado. El equipo hydroblast es adecuado y parece presentar una alternativa económica para limpiar las incrustaciones que obstruyen o forman capas sobre las paredes de los drenes de cimentaciones.

Acido sulfámico

El ácido sulfámico es un ingrediente que fue probado en el campo para tratar químicamente el carbonato de calcio en la rehabilitación de los drenes de cimentaciones obstruidos. Se puede aplicar en forma granular de diversos tamaños a estos drenes obstruidos en cantidades equivalentes a un 2 a 8 porciento de los volumenes no obstruidos de los drenes.

Se empleó ácido sulfámico en la presa Folsom. En la aplicación inicial de la forma granular del ácido, se observó inmediatamente una fuerte reacción. Se aplicaron bolitas dejándolas caer al fondo del hoyo para disolverse lentamente, proporcionando por bastante tiempo una acidificación en el punto de incrustación.

Al examinar los drenes obstruidos por carbonato de calcio, no se notó que estuvieran destapados. Después del tratamiento con el ácido, se notó un olor en el area tratada. Temiendo por la seguridad de los trabajadores en esta zona, se discontinuaron los tratamientos. Todavía se posibilita el uso del ácido sulfámico para disolver el carbonato de calcio, pero los problemas de gases generados por este ácido deben estudiarse más. El tratamiento con ácido sulfámico podría usarse sobre todo como mantenimiento preventivo para evitar la formación de acumulaciones de carbonato de calcio.

Conclusiones

1. En el transcurso de los últimos 40 años, varias técnicas de limpieza de drenes han sido utilizadas con éxito por el Bureau of Reclamation.

2. Los varios métodos mencionados han demostrado ser específicos para ciertos sitios. Es muy difícil comparar procedimientos para limpiar los drenes de cimentaciones. La dureza o la consistencia química exacta de los depósitos minerales puede variar con las condiciones del lugar. La resistencia de los depósitos minerales adheridos a las paredes de los drenes varía. Consecuentemente, cada sistema de drenes debe examinarse caso por caso para determinar el método de mantenimiento más efectivo.

3. Es posible que la instrumentación (medida de subpresiones y flujo) en servicio no sea suficiente para determinar si existe un problema en los drenes de cimentaciones. Es posible también que los instrumentos no revelen si la limpieza de los drenes ha sido suficiente.

4. La mejor forma de limpieza de los drenes de cimentaciones es la que restaura flujos normales y subpresiones aceptables.

5. El costo de la limpieza de los drenes de cimentaciones puede variar de unos cuantos dólares por pie (30 cm) a tanto asi como US$25 o más por pie.

6. Debido a las limitaciones de espacio y a los distintos tamaños de galerías y entradas, ciertos métodos no son de uso práctico.

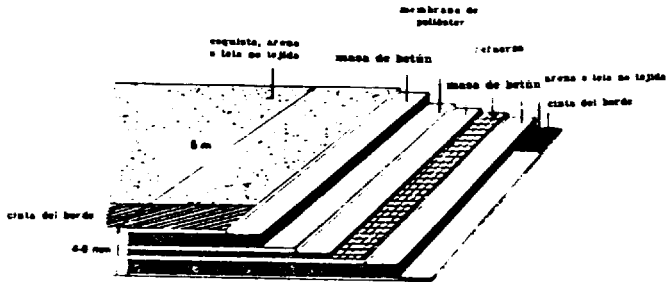
7. Las presas de hormigon han sido diseñadas y construidas de tal manera que las subpresiones en la base de la presa son controladas por la presencia de una red de drenaje abierto y de flujo libre. Por lo tanto, para asegurar la estabilidad de la presa de acuerdo a su diseño, los drenes de cimentaciones necesitan mantenerse en un estado de flujo libre.

La seguridad a largo plazo de las presas de hormigón del tipo de gravedad está asegurada por un programa existente de mantenimiento de los drenes de cimentaciones. Estos drenes se mantienen abiertos por medio de varios métodos de limpieza que han sido satisfactorios. A medida que se obtiene más experiencia con los métodos de limpieza existentes y se desarrollan otros nuevos, la eficacia de la limpieza y del control de los drenes de cimentaciones habrá de mejorar.

REVESTIMIENTO DE BETUN REFORZADO PARA CANALES

Por Gary Weatherly[1]

En 1987, le Distrito de Riego de Kennewick, en el estado de Washington, inició planes para la instalación de un material de revestimiento expuesto consistiendo de betún modificado y reforzado (asfalto impregnado de caucho) en dos tramos de los canales del Distrito. Este revestimiento ofrece las mismas ventajas que el hormigón, o sea, control de malezas y bajo rozamiento, al mismo tiempo que es flexible y más económico. En un primer proyecto sobre el canal principal del Distrito, se revistió una longitud de 591 metros del canal con un caudal de 14,15 m^3/s, utilizando 11.613 m^2 de material, y en otro proyecto se revistieron 645 metros sobre la longitud de un lateral con un caudal de 1,27 m^3/s, necesitando 3809 m^2 de material. Los rollos del material medían 5 metros de ancho por 86 metros de largo y pesaban aproximadamente 1800 kilogramos.



Composición de membranas Hypofors

Perfil del material de revestimiento

En Europa, este tipo de revestimiento ha estado en uso desde hace 30 años, y en unos distritos de riego cerca de Calgary, en la provincia de Alberta, Canada, desde hace 4 años. Los proyectos del Distrito de Kennewick representan la primera utilización de este material en los Estados Unidos. El material consiste de betún modificado, una tela tejida de nilón para refuerzo, una membrana de poliéster para impedir que penetren las raíces, y una cubierta de esquisto granular para reducir la degradación por rayos ultravioleta. La resistencia a la tensión del material es de 32,68 kg/cm linear; y pruebas de intemperie sobre el material, sin la cubierta de esquisto, indican una vida útil mínima de 30 años. No se realizaron pruebas con roedores de nuestra región, pero consta que cuando se ha usado esta tela para revestir pozos para escombros en Europa, las ratas y demás roedores no la atacaron. El betún es un poco glutinoso y elástico, lo cual parece prevenir ataques por los roedores.

---

[1]Gary Weatherly es un ingeniero con el Kennewick Irrigation District, PO Box 6900, Kennewick WA 99336 U.S.A. (teléfono (509)-586-9111. Sírvase comunicarse con él si desea más detalles.

Durante los últimos 5 años, el Distrito ha instalado más de 116.000 m^2 de forros de PVC de 20 mL para controlar las filtraciones y reducir el potencial de falla en los canales. Con el forro de PVC se ha logrado eliminar las filtraciones y las fallas en canales, pero los problemas de mantenimiento han aumentado. Las raíces de malezas en el material de cubierta deben eventualmente arrancarse, lo que podría ocasionar la remoción y/o daños al material de cubierta. Existe la posibilidad de que una parte del material de cubierta se deslizará hacia el fondo del canal durante las limpiezas. El problema se empeora debido a la inaccesibilidad que presenta el canal a los equipos porque el material de cubierta en el fondo del canal permanece saturado cuando no está en servicio el canal. El Distrito también ha tenido problemas con las escorrentías temporales que provienen de las colinas detrás del canal y fluyen sobre la superficie hasta alcanzar el canal, entrenando el material de cubierta hasta el fondo del canal.

El revestimiento expuesto de betún impide todo crecimiento de malezas por lo que no hay necesidad de eliminar malas hierbas, ni de aplicar herbicidas. Los flujos superficiales que van llegando a las secciones revestidas de betún del canal pueden manejarse sin dificultad.

El canal lateral con un caudal de 1,27 m^3/s, revestido con este material, está situado en una zona rocallosa donde la sobreexcavación requerida para la instalación de una membrana de PVC hubiera sido difícil. No se disponía de materiales de cubierta de tierra y grava cercanos. Con el valor "n" de 0,016 del revestimiento Hypofor Mannings se pudo reducir la sección de perfil del canal, evitando la necesidad de excavar en las rocas. Este bajo valor "n" también hace que el revestimiento sea adecuado para la rehabilitación de canales revestidos de hormigón donde el revestimiento de hormigón es aceptable como una subbase, pero ya no como forro.

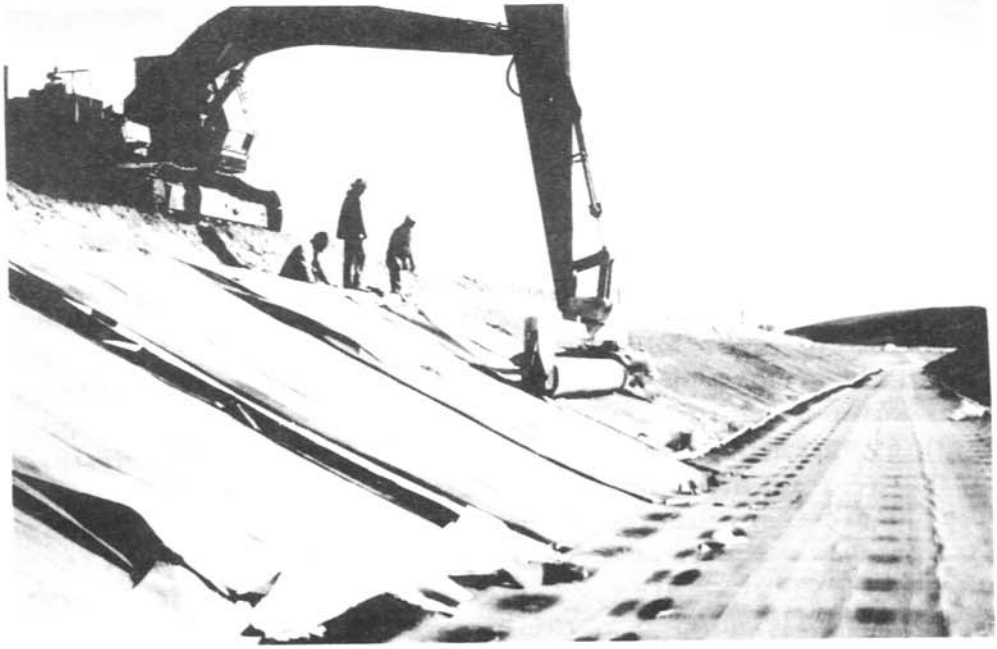
Entregado en Kennewick, Washington, el precio del material era de US$0,84 por pie cuadrado (0,0929 m^2). El costo más elevado del material (en comparación con el PVC) se compensa bastante por la reducida excavación y el no tener que importar y colocar material de cubierta de tierra y grava. También se deben contar los ahorros al no tener que dominar ni remover malezas. La colocación del forro, el sellado de las juntas y el relleno de las zanjas de anclaje fueron de US$0.20 por pie cuadrado (0.0929 m^2). Los costos de preparación del canal pueden variar según las condiciones locales y el estado del canal.

La instalación del forro es muy sencilla. Los equipos de trabajadores del Distrito, quienes no conocían el procedimiento,

pudieron sin embargo instalar 3.864 m^2 de material y sellar las juntas en 4 días con la ayuda de un técnico. La preparación del canal consiste en desbrosar y extirpar raíces, formar el canal con el prisma deseado, eliminar todas las rocas puntiagudas u otros objetos que podrían eventualmente perjudicar el revestimiento, y excavar zanjas de anclaje alrededor del perímetro del proyecto. Las paredes laterales para los dos proyectos variaban de 1-1/2:1 a 2:1. El forro luego se extiende con traslapos de 50 centímetros para juntar las mantas. El tamaño y el peso de los rollos requieren un excavador con manipuladora para el rollo para instalar el revestimiento. El peso combinado del rollo y manipuladora asciende a 2722 kg. El distribuidor suministra la manipuladora. Una vez selladas las juntas, éstas pueden deslizarse hasta 8 centímetros y aún permanecer impermeables. No es necesario anclar el forro para prevenir daños por el viento antes de sellar las juntas ni de rellenar las zanjas de anclaje, debido al mismo peso del material.

Este forro es un producto a base de petróleo y por lo tanto susceptible a daños por otros productos a base de petróleo. Es resistente al Xileno en concentraciones de menos de 900 p/m y Magnacida H en concentraciones de menos de 30 p/m. Estas concentraciones están bien en exceso de la concentraciones usadas por el Distrito, por lo que no se anticipan problemas. Sin embargo, se acostumbra soltar los herbicidas a una distancia suficientemente aguas arriba de la secciones revestidas para asegurar una dilución total. El forro no es combustible, pero el fuego lo puede perjudicar al derretirse el asfalto.

Las juntas se sellan al derramar asfalto para techos sobre la superficie de las juntas y aplicando presión. El asfalto proporciona una fuente uniforme de calor para derretir el asfalto engomado en la junta de cada manta para su adhesión. Una tira de 50 centímetros de faja sobre cada borde del revestimiento se deja libre de esquisto para permitir un sellado adecuado de las juntas. Las primeras instalaciones realizadas en Canadá utilizaban antorchas para calentar el material y sellar las juntas. Se notó que este procedimiento no era satisfactorio por ser que algunas juntas no se calentaban suficientemente y goteaban, y en otras áreas el material se sobrecalentaba y se quemaba el caucho del asfalto. Hemos tropezado con un pequeño problema en cuanto a la instalación. El cordón de asfalto para techos derramado sobre el margen de la junta después del sellado tiende a soltar partículas en temperaturas ambientales más elevadas, particularmente en las pendientes orientadas hacia el sur. En el futuro, el Distrito, ya sea, eliminará la capa completamente o la colocará solamente a la altura de la línea de agua. La capa se aplica como una margen de seguridad adicional, pero no es necesaria para asegurar la impermeabilidad de la junta.



Colocación del forro

El betún modificado en el revestimiento aguanta el calor sin problemas y el traslapo suministra una junta segura. El desprendimiento del asfalto es principalmente un problema de estética.

La conexión a las estructuras de hormigón que han de ser sumergidas se hace con primero limpiar el hormigón, luego aplicar asfalto rebajado, seguido por el asfalto para techos caliente. El forro se aprieta luego contra el hormigón. Tiras de metal galvanizado se colocan luego a lo largo de las margenes y se anclan con una pistola para clavos de hormigón o al barrenar e instalar cuñas de anclaje. Cuando se hace la unión con el hormigón arriba de la línea de agua, no es neceario aplicar el asfalto mezclado ni el asfalto para techos. Luego se rellenan las zanjas de anclaje y la instalación queda completada.

La reparación de áreas perjudicadas es una operación muy sencilla. La parte dañada del forro se calienta hasta que el esquisto se hunde en el revestimiento y el betún modificado sube a la superficie donde puede adherirse al remiendo. Luego se derrama asfalto caliente sobre la parte dañada y se le coloca encima un pedazo del forro.

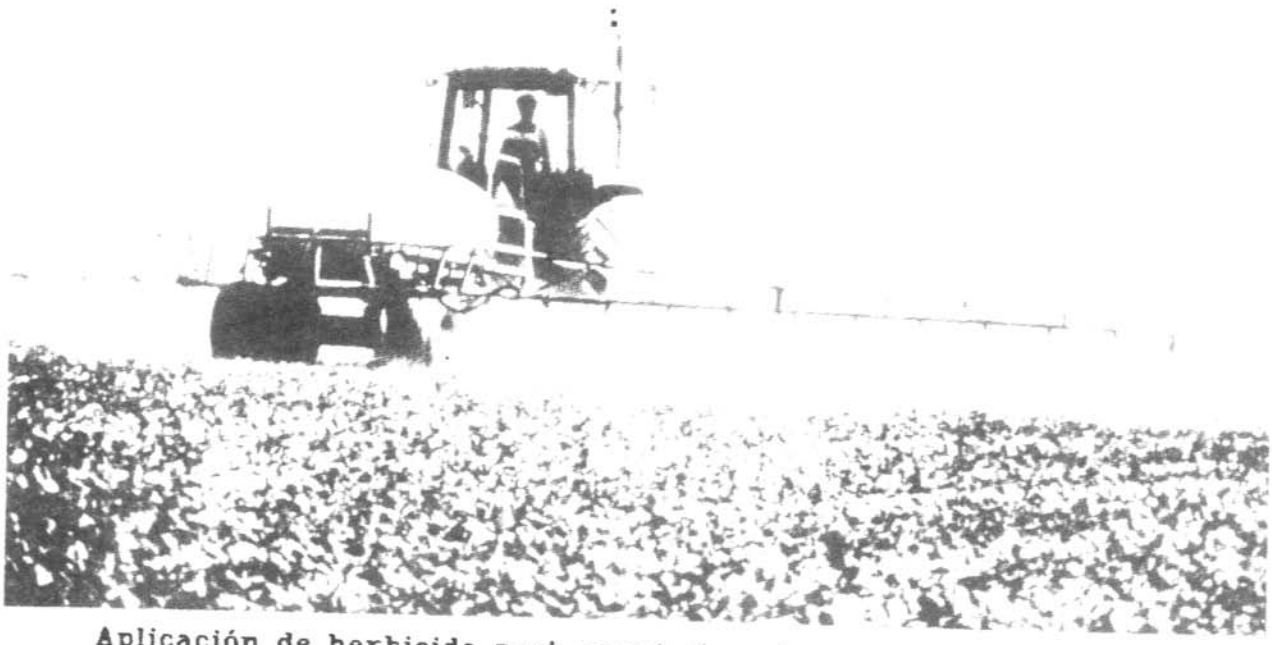
Después de haber utilizado este tipo de forro durante una temporada de riego, el Distrito quedó muy satisfecho con la instalación. El Distrito seguirá vigilando las instalaciones en el transcurso de los años venideros y si el material sigue dando los resultados esperados, se proyecta la instalación de otros 139.350 m^2 de material.

Impermeabilización de las juntas

La obra acabada, el canal principal

La obra acabada, el lateral de Badger East

ALGUNOS BUENOS CONSEJOS SOBRE BOQUILLAS ASPERSORAS[1]



Aplicación de herbicida post-aparición sobre un campo de soya

La utilización generalizada de cultivos de conservación y la creciente presión para reducir los costos de los cultivos, han producido una gran variedad de equipos de aspersión, desde las unidades de aguilón tradicionales tiradas por tractores, hasta unidades donde las boquillas aspersoras están instaladas directamente en los equipos de cultivo o plantado.

Si Ud. visita un distribuidor de implementos agrícolas para consultar acerca de las nuevas características disponibles en los equipos aspersores fabricados a pedido, Ud. encontrará todas las opciones imaginables y algunas otras que Ud. no sabía existían.

No es sorprendente entonces que exista gran confusión respecto a boquillas. El diseño y construcción de los equipos aspersores modernos está limitado solo por la imaginación del diseñador, lo que hace que el resultado final sea impredecible. Con todos los equipos de aspersión, opciones y boquillas que saturan el mercado, tratar de decidir cual producto usar y como usarlo le dará dolores de cabeza a cualquier agricultor.

No solo es necesario saber la diferencia entre una boquilla de cono completo y una de abanico plano, también es necesario saber el tamaño de las boquillas que es necesario comprar, como instalarlas y finalmente como utilizarlas para obtener el mejor alcance.

[1] Reproducido con permiso del Redactor, Irrigation Journal, número de Marzo/Abril de 1988.

Si Ud. está confundido, no se preocupe y continue leyendo. A continuación le entregaremos algunos consejos sobre boquillas.

Antes que nada, es necesario recordar que a pesar de todas las posibilidades de diseño, el objetivo final de todos los equipos de aspersión, tanto maquinaria como accesorios, es hacer llegar los productos químicos a su objetivo - y hacerlos llegar a la tasa de aplicación recomendada.

Aplicación de herbicida en un canal de riego con un aguilón regulable

Suena simple, pero en la realidad existe un gran problema: Si no cuenta con la boquilla aspersora del tamaño o capacidad correcta, o si no utiliza las regulaciones y parámetros adecuados, esta meta es muy difícil de conseguir. Ud. no alcanzará su objetivo, lo inundará con el exceso o lo dejará seco y sin protección, sin importar lo que esté aplicando. Es por esto que los consejos sobre boquillas a continuación le serán de mucha ultilidad.

Nosotros no somos expertos, pero hemos recurrido a un par de autoridades en la materia para ofrecerles la mejor información disponible.

Para ayudarle a entender todas las variables comprendidas en la aplicación de productos químicos agrícolas consultamos a dos autoridades en equipos de aspersión: Dr. Robert Grisso, ingeniero agrícola de la Universidad de Nebraska y Tom Reed, gerente de mercadeo agrícola de la empresa Spraying Systems Company en Wheaton, Illinois. Esta empresa fabrica los productos de aspersión TeeJet, los que incluyen boquillas aspersoras.

De acuerdo al Sr. Reed, "para seleccionar la boquilla de tamaño adecuado, antes que nada es necesario conocer la tasa de aplicación recomendada en la etiqueta del producto químico". Esta aparecerá expresada en l/ha (litro por hectárea) o en GPA (galones por acre)[2]. Luego, Ud. debe determinar la separación entre boquillas para una aspersión uniforme, o el ancho de la franja de aspersión para las aplicaciones en franjas.

Otra variable que afecta la tasa de aplicación, y su selección de tamaño de boquillas, es la velocidad de desplazamiento real.

Las variaciones, o mala estimación, de la velocidad de desplazamiento puede resultar en grandes errores en la tasa de aplicación. Por ejemplo, si su intención fue la de aplicar 30 l/ha a una velocidad de 10 km/hr, pero en realidad Ud. se desplazó sólo a 8 km/hr, resulta que debido a este desplazamiento más lento, aunque fue solo de 2 km/hr menos, Ud. arriesga una sobreaplicación del 20 porciento.

Por lo tanto, es importante asegurarse de que la velocidad permanece constante durante la aplicación, a no ser que Ud. tenga uno de esos reguladores de aspersión de avanzada que acaban de aparecer en el mercado, que compensan por variaciones en la velocidad de desplazamiento. A fin de no complicar aún más las cosas, en nuestra discusión no consideraremos estos reguladores.

La mayoría de los estilos de boquillas están disponibles en diversos tamaños y capacidades. El Sr. Reed explica, "dentro de un mismo tamaño, la boquilla es capaz de suministrar diferentes tasas de flujo sobre toda una gama de presiones de aspersión".

"A pesar de esto", él agrega, "en la mayoría de las boquillas, con excepción de la boquilla plana de alcance extendido, la gama de presiones de operación que se debe usar a fin de obtener el mejor alcance posible es pequeña". Por lo tanto, el Sr. Reed no recomienda efectuar cambios significativos en la tasa de aplicación modificando la presión de operación, los kilos por centímetros cuadrados (o libras por pulgada cuadrada).

Considere esta situación. Ud. está aplicando a una tasa de 30 l/ha, con una presión de operación de 2,0 kg/cm^2 cuando decide utilizar otro producto químico que tiene una tasa de aplicación de 15 l/ha. ¿Cúal es la mejor manera de conseguir esta menor tasa de aplicación? Es muy probable que su primera respuesta sea incorrecta.

---

[2] Un galón = 3,785 litros

La tendencia común es de reducir la presión de aplicación en la misma proporción, en este caso a 1,0 kg/cm^2. En realidad, la aplicación del nuevo producto requiere una presión de 0,5 kg/cm^2, la que cae fuera de la gama de presión recomendada para la boquilla que se está utilizando para aplicar el producto químico original.

"Debido a que no existe una relación lineal entre la presión y la tasa de aplicación, Ud. terminará sobreaplicando el pesticida, obteniendo una tasa de aplicación de 21,4 l/ha a la presión de 1,0 kg/cm^2", expresa el Dr. Grisso.

Si Ud. trata de compensar reduciendo aún más la presión, es muy probable que la aplicación no sea efectiva. A la menor presión, necesaria para obtener 15 l/ha, es posible que la boquilla no sea capaz de proporcionar un alcance uniforme.

Una mejor solución, explica el Dr. Grisso, es utilizar una boquilla aspersora diseñada para producir una menor salida de producto en mililitros por minuto, o ml/min, a la presión de operación deseada. Esto se puede conseguir fácilmente consultando el catálogo del fabricante de boquillas y utilizando las tablas de boquillas de aspersión o la ecuación l/min.

En el catálogo distribuido por Spraying Systems, encontramos la siguiente información para cada tipo de boquilla: el ángulo de aspersión recomendado, la presión de operación y capacidad en mililitros por minuto. También se cuenta con una tabla que muestra la capacidad de la boquilla en l/ha para varias distancias entre boquillas y velocidades de operación.

Bajo el encabezamiento de presión de operación, Ud. encontrará de 3 a 5 valores de kg/cm^2, basados en la presión a la cual el estilo de boquilla particular está diseñado para ofrecer el mejor rendimiento. Por ejemplo, la presión de operación ideal de una boquilla aspersora TeeJet plana es entre 2,1 y 4,2 kg/cm^2.

Para determinar si una presión de operación y estilo de boquilla son capaces de acomodar su aplicación particular, refiérase al artículo titulado "Como seleccionar una boquilla de aspersion" en uno de los números anteriores del "Irrigation Journal".

A continuación, refiérase a la tabla incluida en este artículo para los l/ha que Ud. ha determinado necesitará. Por ejemplo, si Ud. desea aplicar 9,2 l/ha a una velocidad de 11,2 km/hr, usando una separación entre boquillas de 51 cm, en la tabla verá que debe seleccionar la boquilla 80015, la que produce 530 ml/min a aproximadamente 2,5 kg/cm^2.

Una vez que ha seleccionado la boquilla adecuada, todavía falta un paso importante que no se puede pasar por alto: la posición correcta.

Las dos variables críticas al regular la posición de las boquillas aspersoras son la orientación y la altura. La orientación se refiere al ángulo al cual el producto penetra el objetivo.

"La clave es obtener la configuración la más uniforme posible", dice el Sr. Grisso. El sugiere seguir las recomendaciones para el ángulo que aparacen en el catálogo del fabricante de la boquilla. A pesar de que la mayoría de las boquillas están diseñadas para ser usadas apuntando directamente hacia abajo, algunos tipos producen un mejor alcance si están ligeramente inclinadas.

La altura óptima varía con el aguilón particular y normalmente requiere de un ajuste final una vez que se montan las boquillas. Una mesa de aspersión, si se dispone de una, es ideal para verificar la uniformidad de la aspersión, la cual puede ser afectada por la altura.

A la altura correcta, el equipo aspersor debe suministrar una cantidad de producto químico uniforme a todo lo largo del aguilón.

Si no se cuenta con una mesa de aspersión, el Dr. Grisso recomienda verificar la altura haciendo pasar el aspersor funcionando a la velocidad de desplazamniento normal, por encima de una superficie de asfalto o hormigón caliente y luego observar como se seca la solución.

Si se forman franjas y se observa que las áreas en que los abanicos se traslapan se secan más rápido que las áreas directamente debajo de las boquillas, se debe subir el aguilón. Si las áreas debajo de las boquillas son las que se secan más rápido, entonces puede que sea necesario bajar el aguilón.

Sin embargo, si las boquillas están gastadas o si se utilizan las presiones incorrectas, el diagnóstico se hace más difícil, si no imposible. A la altura de aguilón correcta, el aspersor debe aplicar una cantidad de producto químico uniforme a todo lo largo del aguilón. Recuerde que en el terreno el aguilón puede bajar un poco debido a que las ruedas se hunden en la tierra.

Los productos químicos modernos son caros y el margen de error es pequeño.

Es por eso que Ud., el agricultor, debe asegurarse de que está utilizando las prácticas y tasas de aplicación correctas para el producto químico en particular. Es su dinero y su siembra.

Si Ud. toma ventaja de la tecnología de los equipos de aspersión modernos, incluyendo el tamaño y posición de boquillas correctos, sus probabilidades de conseguir una buena aplicación son mucho más grandes y, en el proceso, también ahorrará dinero.

BOQUILLAS ASPERSORAS PLANAS TEEJET® VISIFLO®

COLOR DE BOQUILLA Version VisiFlo	BOQUILLA NUM. (Tam. filtro malla) SERIE 80 pulg.	SERIE 110 pulg.	Presión del líquido en kg/cm²	Capacidad de una boquilla en ml/min	Capacidad de una boquilla en gr/min	LITROS POR HECTAREA DISTANCIA 51 cm 8 km/hr	9,6 km/hr	11,2 km/hr	12,8 km/hr	LITROS POR HECTAREA DISTANCIA 76 cm 8 km/hr	9,6 km/hr	11,2 km/hr	12,8 km/hr
NARANJA	8001VS (malla 100)	11001VS (malla 100)	2,1	340	312	7,8	6,6	5,7	4,9	5,2	4,4	3,8	3,2
			2,5	340	340	8,6	7,0	6,1	5,4	5,7	4,7	4,0	3,5
			2,8	378	349	9,0	7,7	6,4	5,7	6,1	5,0	4,3	3,8
			3,2	416	397	9,6	8,1	6,9	6,0	6,4	5,4	4,6	4,0
			4,2	454	425	11,2	9,3	8,0	7,0	7,5	6,1	5,4	4,6
VERDE	80015VS (malla 100)	110015VS (malla 100)	2,1	492	481	11,8	9,8	8,4	7,3	7,8	6,6	5,7	4,9
			2,5	530	510	12,7	10,6	9,2	8,0	8,6	7,0	6,1	5,4
			2,8	568	539	13,6	11,3	9,8	8,6	9,0	7,7	6,4	5,7
			3,2	606	567	14,5	12,1	10,4	9,0	9,6	8,1	6,9	6,0
			4,2	681	652	16,7	13,9	11,9	10,4	11,2	9,3	8,0	7,0
AMARILLO	8002VS (malla 50)	11002VS (malla 50)	2,1	644	624	15,8	13,2	11,3	9,8	10,6	8,7	7,5	6,6
			2,5	719	680	17,0	14,2	12,1	10,6	11,3	9,5	8,1	7,0
			2,8	757	737	18,2	15,1	13,0	11,3	12,1	10,1	8,7	7,7
			3,2	795	765	19,3	16,1	13,8	12,1	12,9	10,7	9,2	8,1
			4,2	946	907	22,3	18,5	15,9	13,9	14,8	12,4	10,6	9,3

Chart taken from Sprayning Systems Co. catalog, page 11

TeeJet® and VisiFlo® are registered trademarks of Spraying Systems Co., Wheaton, Illinois

COMO SELECCIONAR UNA BOQUILLA ASPERSORA[1]

Lo que importa en la selección de una boquilla aspersora, es recordar que no existe un tipo solo que sea adecuado para toda clase de aplicación. Este consejo lo da Tom Reed, gerente de mercadeo agrícola de la empresa Spraying Systems Company, fabricantes de los productos aspersores TeeJet, quien ofrece las siguientes recomendaciones en la selección de boquillas.

Ud. debe basar su selección en dos factores: el tamaño de gotas deseado y la extensión de la superficie a regar. Por ejemplo, los herbicidas de preplantío incorporados y los de pre-aparición, que dependen de la humedad del suelo para activarse, pueden aplicarse con boquillas que forman gotas más grandes para minimizar el esparcimiento.

Por otro lado, los herbicidas de contacto post-aparición requieren boquillas que producen gotitas finas, para asegurar una aplicación efectiva al follaje.

Varios factores determinan el tamaño de las gotas: la presión de aspersión, la capacidad (tamaño) de la boquilla aspersora, la forma del orificio de la boquilla, y el ángulo de aspersión. Por lo general, entre mayor es la presión, más pequeñas serán las gotas. Entre mayor es el orificio, mayores serán las gotas; entre más amplio es el ángulo de aspersión, más pequeñas serán las gotas - y vice versa. Para ayudarle en seleccionar sus boquillas, el gráfico en el artículo anterior muestra cuales boquillas se prestan mejor para las distintas aplicaciones de herbicidas de pre- y post-aparición. Además, se dan a continuación las descripciones de los varios tipos de boquillas disponibles en la actualidad.

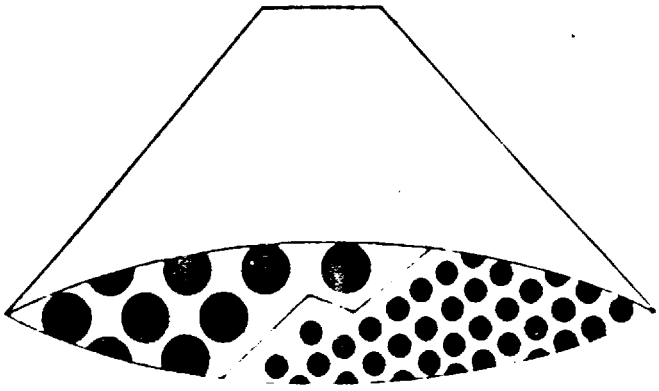
La boquilla plana de alcance extendido *(extended-range flat spray tip)* es la única boquilla cuya versatilidad permite crear distintas tasas de flujo y tamaños de gotitas con distintas presiones, al mismo tiempo que mantiene una aplicación uniforme por toda la extensión del aguilón. Parecida a una boquilla plana, su diseño de orificio elíptico produce una configuración de rocío cónica (ahusada) que traslapa las aplicaciones contiguas, para lograr una distribución uniforme por todo el aguilón.

Para aplicaciones de pre-aparición, incorporando el herbicida en el suelo, esta boquilla, debido a su diseño muy particular, puede usarse con baja presión (hasta 1,05 kg/cm^2) para formar gotas más grandes. Sin embargo, cuando la presión sube a 2,8-4,2 kg/cm^2, la boquilla de alcance extendido produce gotitas

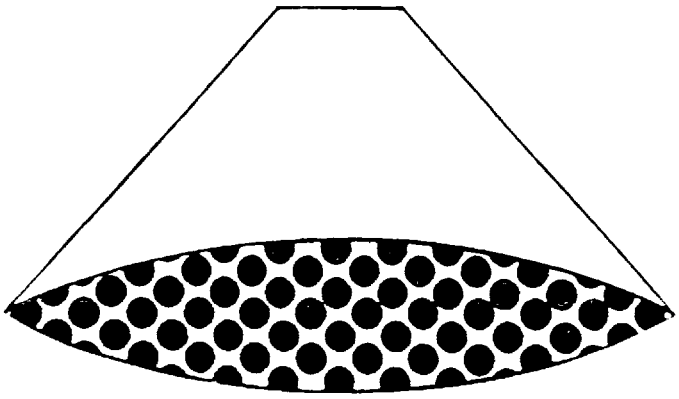
[1]Reproducido con permiso del Redactor. Irrigation Journal. número de Marzo/Abril de 1988.

más finas, para una aspersión por dispersión del chorro de los herbicidas de contacto de post-aparición.

Esta boquilla es ideal para uso con reguladores de aspersión que ajustan la presión para compensar por las varias velocidades terrestres. Debido a que la boquilla mantiene un ángulo más amplio de rocío que el modelo estandár de abanico plano a distintas presiones, el solape de aspersión es suficiente para minimizar las fajas que pueden ocurrir con presiones bajas, o si el aguilón resalta o se inclina a presiones más elevadas.



Boquilla plana de alcance extendido



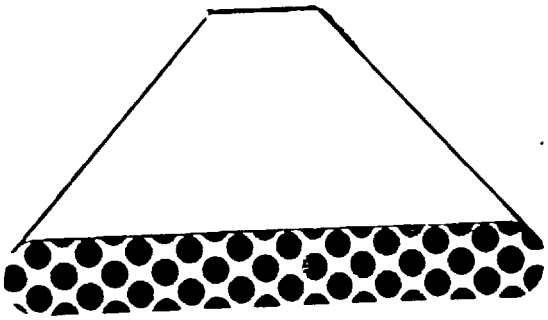
Boquilla plana normal

Luego, vamos a considerar la boquilla aspersora plana estandár *(standard flat spray tip)* la clásica en toda la serie de boquillas, fechando desde la introducción de la aspersión de productos químicos. Con presión de 2,1 kg/cm^2, esta boquilla produce gotas de tamaño medio para la aplicación de herbicidas al suelo antes de la aparición de las plantas.

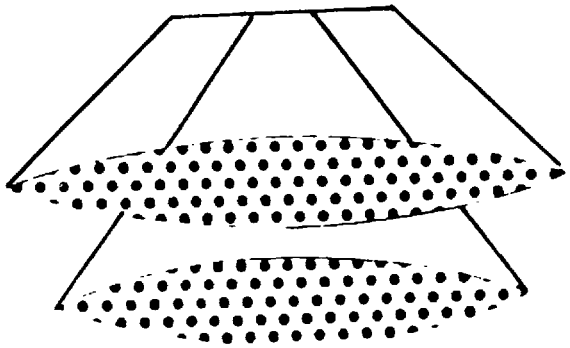
En las aplicaciones post-aparición con herbicidas de contacto a 2,8 kg/cm^2 de presión, esta boquilla ofrece buena penetración a través del follaje, con gotas más pequeñas para asimismo cubrir el follaje de manera efectiva.

Sin embargo, con presiones de aspersión inferiores a 1,7 kg/cm^2, el ángulo de aspersión de la boquilla queda muy reducido y la uniformidad de aspersión puede sufrir debido a un solape insuficiente.

La boquilla plana de aspersión uniforme (*even flat spray tip*) es ideal para la aspersión en banda de herbicidas sistémicos de pre- y post-aparición, gracias a sus gotas de tamaño medio. Esta boquilla produce una configuración en forma de abanico, pero la aspersion es "uniforme" sin los bordes ahusados creados por la boquilla de abanico plano. Esto proporciona una distribución uniforme a través de la franja.



Boquilla plana de aspersión uniforme

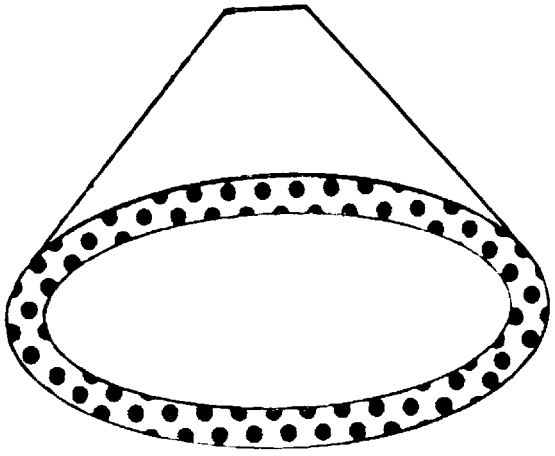


Boquilla plana doble

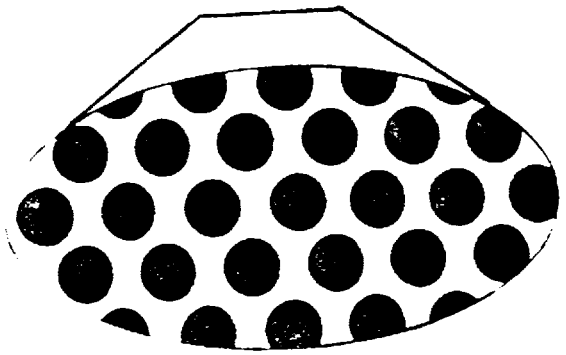
Las presiones típicas de aspersión para la boquilla plana de aspersión uniforme son de 2,1-2,8 kg/cm^2. La anchura de la franja puede controlarse por la altura de la boquilla aspersora o al seleccionar uno entre los muchos ángulos de aspersión disponibles.

Luego viene la boquilla aspersora plana doble (*twin flat spray tip*), que produce dos configuraciones de aspersión - una a un ángulo de 30^0 hacia adelante y la otro a 30^0 hacia atrás.

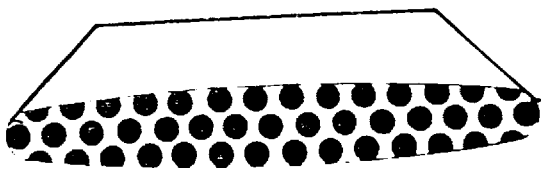
El ángulo de aspersión y la forma de esta boquillas son similares a los de la boquilla plana, pero con gotas más pequeñas, debido a la pulverización por dos orificios más pequeños. La aspersión en dos sentidos (frente y trasero), así como las gotas más pequeñas, mejoran la cubierta y penetración cuando se aplican herbicidas de contacto post-aparición.



Boquilla de cono hueco



Boquilla de cono completo de ángulo grande



Boquilla de anego

Típicamente, estas boquillas se sitúan en separaciones de 51 centímetros y funcionan con presiones de 2,1-2,8 kg/cm^2. Esta boquilla también está cobrando popularidad en la aplicación de herbicidas sobre la superficie del suelo por debajo del rastrojo.

Cuando los herbicidas dictan el uso de gotas más pequeñas para aplicación en franjas, la boquilla de cono hueco (*hollow-cone spray tip*) es ideal. El cono hueco da una configuración circular de gotas pequeñas y uniformes. Al aplicar herbicidas de contacto sobre una franja, se pueden montar tres boquillas de cono hueco sobre el aguilón para ampliar la cubierta química. Las presiones típicas de operación para estas boquillas son de 2,8-4,2 kg/cm^2.

En cuanto a las impulsiones, el cono completo de ángulo grande (*wide-angle full cone*) es una buena selección, por el mayor tamaño de sus gotas. Esta boquilla se usa tradicionalmente con presiones de operación más bajas (1,0-1,7 kg/cm^2). Provee cubierta uniforme a lo largo del aguilón con separaciones alcanzando 101 centímetros. Se obtiene óptima uniformidad situando las boquillas a ángulos de 30-45º con solape de 30-50 porciento en cada lado de la configuración.

La boquilla de anego (*flooding tip*) es popular cuando existe la posibilidad de un problema de atascamiento, tal como al aplicar fertilizantes en suspensión. Esta boquilla tiene un orificio redondo y produce gotas grandes a presiones bajas.

Una desventaja son las franjas espesas producidas afuera de la configuración de aspersión. Estas franjas de gotas muy grandes aumentan la posibilidad de fajas de sobreaplicación de herbicida cuando el solape no es ideal. Debido a la forma irregular de las configuraciones, se recomienda un solape de 100 porciento (doble) entre las boquillas contiguas para optimizar la uniformidad.

Las boquillas de aspersión representan una inversion pequeña. Sin embargo, al combinar la debida boquilla con tipos específicos de aplicaciones químicas se llega a mejorar la exactitud de las aplicaciones. Eso puede pagar dividendos al maximar la eficacia de los productos químicos para la agricultura.

ENFOQUE EN LA PRESA CALAMUS Y SU EMBALSE

Division de North Loup
Programa de la Cuenca Pick-Sloan, Nebraska

Historia del Valle del Río Platte

Los primeros colonizadores empezaron a llegar al valle del río Platte por el camino "Oregon Trail" en 1832. Sin embargo, no se realizó ningún desarrollo de la zona del río Loup sino hasta fines de los años de 1860. Desde el principio, los agricultores tuvieron que luchar contra invasiones de chapulines y otras pestes, pero los mayores obstáculos a la estabilidad de la economía agrícola eran la falta de suficiente lluvia y las repetidas sequías. Se hicieron esfuerzos para regar, cada quien con sus ideas y métodos sencillos que le permitiera traer agua a los terrenos. Se formularon varios proyectos para cooperativas y tipos de distritos de riego y se construyeron algunas redes de regadío.

Eventualmente, se organizaron algunos distritos de riego, siendo el mayor el North Loup River Public Power and Irrigation District (Distrito de Servicios de Electricidad y Riego del Río North Loup). Otros desarrollos del riego consistían en el bombeo de agua a partir del río para regar las tierras adyacentes. La agencia de mejoramiento de tierras, Twin Loup Reclamation District, establecida en 1954, y el Twin Loup Irrigation District, organizado en 1958, fueron formados como entidades legales del estado de Nebraska para administrar la sección denominada North Loup Division.

En 1933, se iniciaron investigaciones en la región, realizadas por empresas de ingeniería privadas. El Bureau of Reclamation realizó su primer estudio en 1943, resultando en recomendaciones para el desarrollo del riego en el Valle del río Loup. Este plan fue aprobado por el Congreso de los Estados Unidos y autorizado por las actas de control de avenidas de 1944 y 1946.

Se inició una investigación más amplia a fines de 1944, y se completó un informe preliminar abarcando la cuenca del rio Lower Platte en 1951. El establecimiento de la sección North Loup Division estaba comprendido en este extenso proyecto para el desarrollo de la cuenca.

La División recibió autorización el 20 de octubre de 1972. Los trabajos comenzaron el 4 de junio de 1976 con la ejecución del primer contrato para la realización de mejoras a la carretera del

condado que servía de acceso al sitio de la presa Calamus. Las mejoras quedaron terminadas el 16 de junio de 1977.

La División de North Loup está situada en la cuenca hidrográfica del río Loup en la parte central de Nebraska. Las instalaciones de diversión hidráulica están situadas sobre los ríos Calamus y North Loup. El proyecto proporcionará agua superficial para el riego de 21.450 hectáreas de tierras y suministrará también un abastecimiento contínuo de agua subterránea para el desarrollo de otras 6880 hectáreas por subvenciones privadas. De las 28.330 hectáreas que benefician del desarrollo del proyecto, 17.600 hectáreas son consideradas como terrenos no regables y 10.725 se consideran como terreno de regadío. Los distritos de Twin Loups Reclamation y Twin Loups Irrigation aprovecharán las facilidades de riego y pagarán por ese servicio. La División suministrará agua económicamente a la region por gravedad y por medio de bombas en las granjas particulares.

Además del riego, la Division porporcionará facilidades mejoradas para la pesca, caza y deportes, particularmente los deportes náuticos.

La presa Calamus

El terraplén de la presa consiste de una estructura de tierra compactada con núcleo impermeable, de más de 2134 metros de largo, con una altura máxima de aproximadamente 27 metros por encima del lecho del río Calamus, a unos 9 kilómetros al noroeste de Burwell, Nebraka. La presa también incluye un manto impermeable de 3 metros de espesor aguas arriba, así como aplicaciones de suelo-cemento en el paramento aguas arriba del terraplén y en partes del manto aguas arriba. La presa dispone de una pantalla en zanja por toda su longitud, excavada a profundidades de diseño, rellenada y compactada con varias capas de material. Una zanja para lodo está situada a 91 metros aguas arriba del tope de la línea central de la presa y tiene una longitud de aproximadamente 2134 metros con profundidades que varían de 14 a 34 metros.

El embalse de la presa Calamus tiene una capacidad de almacenamiento de 15.715.000 metros cúbicos con una superficie de 2073 hectáreas a una elevación de 684 metros. En la parte superior del embalse de conservación, en la cota 684 metros, el embalse cuenta con una capacidad útil de almacenamiento de 12.674.500 metros cúbicos. A partir de la presa, el embalse se extiende aguas arriba por unos 14 kilómetros. La anchura máxima del embalse es de aproximadamente 2,5 kilómetros.

El vertedero consiste de un aliviadero en pozo (una estructura de entrada en forma de embudo ensanchado vertical), una conducción encajada, revestida de acero de 3,04 metros de diámetro que atraviesa el terraplén de la presa, un rápido de hormigón y un cuenco amortiguador.

Las obras de descarga al río incluyen una estructura de toma, una conducción revestida de acero de 1,98 x 3,0 metros de diámetro aguas arriba, una cámara de puertas con una puerta de guarda de alta presión, una conducción de acceso en forma de herradura de 4,4 metros con una tubería de salida de acero de 2,74 metros de diámetro, una obra de control con bifurcación, una salida para alimentar el ramal del Canal Mirdan, y un ramal de las obras de salida. El ramal de las obras de salida al río consiste de una caseta del generador de emergencia conteniendo dos compuertas de regulación de alta presión de 1,5 x 1,8 metros, un rápido de hormigón y un cuenco amortiguador.

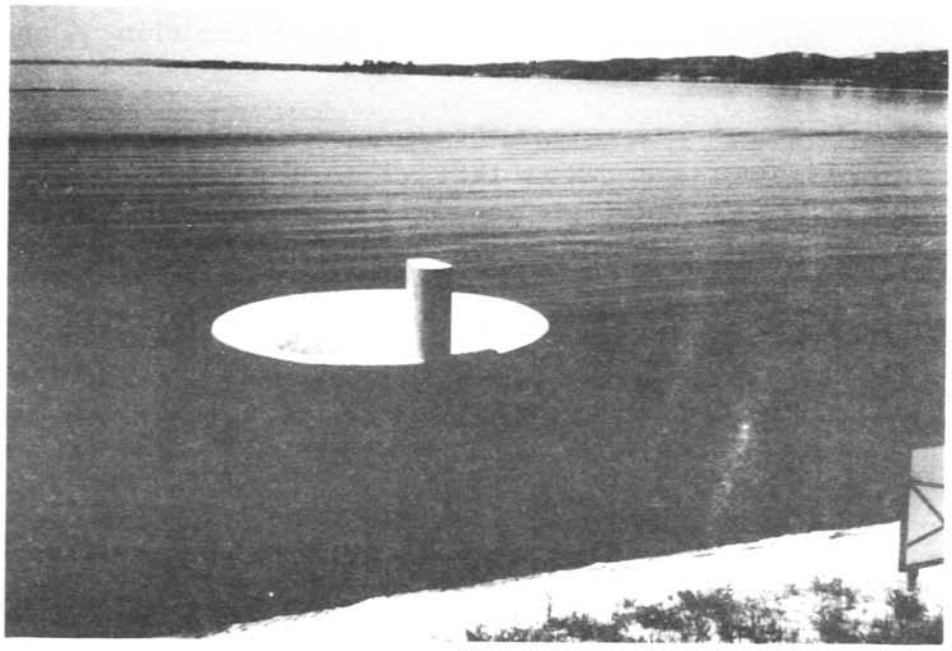
El ramal del canal Mirdan consiste de una conducción de revestimiento de acero de 2,74 metros de diámetro empezando en la bifurcación, caseta de compuertas conteniendo dos compuertas de regulación de alta presión de 1,5 x 1,8 metros, un rápido, un cuenco amortiguador y una zona de transición al prisma del canal Mirdan.

El control de filtraciones incluye chimineas de filtración y mantos de drenaje en el terraplén, drenes de pie, y pozos de alivio a lo largo del pie del terraplén. Se instalaron también pozos de alivio y áreas de infiltración en el cuenco amortiguador del vertedero, en el cuenco amortiguador de las obras de salida al rio, y en el canal de las obras de salida al rio.

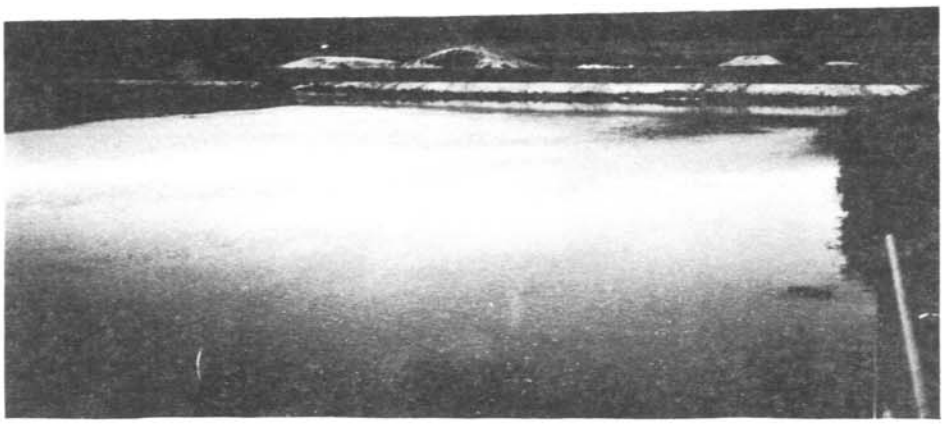
En las zonas de paso alrededor de la presa y del embalse, hay aproximadamente 37 kilómetros de carretera pavimentada, 64 kilómetros de cercas de alambre de púas, un puente carretero de hormigón de 9,14 x 24,38 metros sobre el rio Calamus, un terraplén y una estructura de caída de tubo de metal corrugado en el arroyo Gracie Creek y un edificio prefabricado de 7 x 18 metros de metal.

Se contaron 242.815 visitantes y 13.5000 participantes en los campamentos durante la temporada de vacaciones de 1988. La zona dispone de 4400 sitios de campamento registrados. Además de cuatro rampas para lanchas completadas, existe la posibilidad de construirse una marina y una playa de natación de aquí algunos años, pero estos planes no son definitivos.

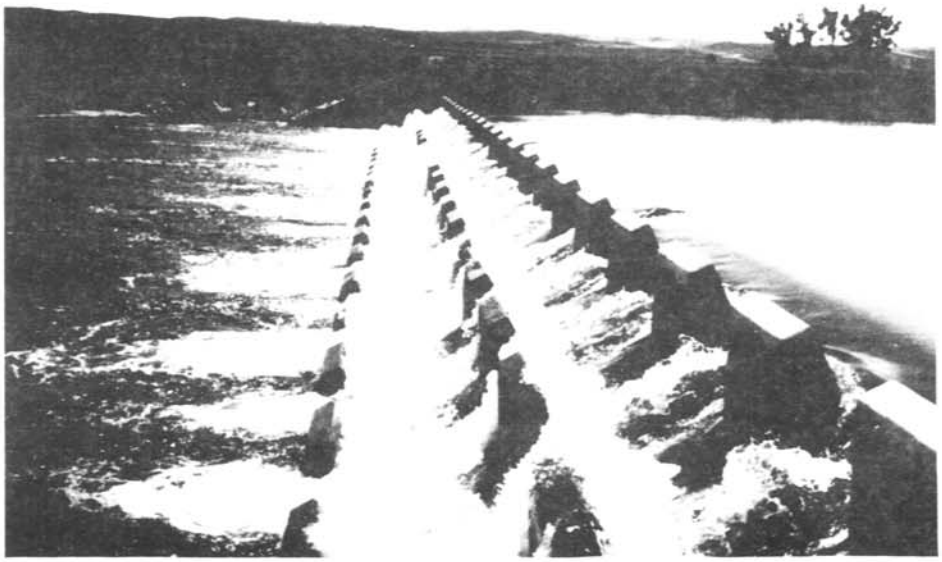
La presa Calamus - Canal de descarga del vertedero. 7/6/88



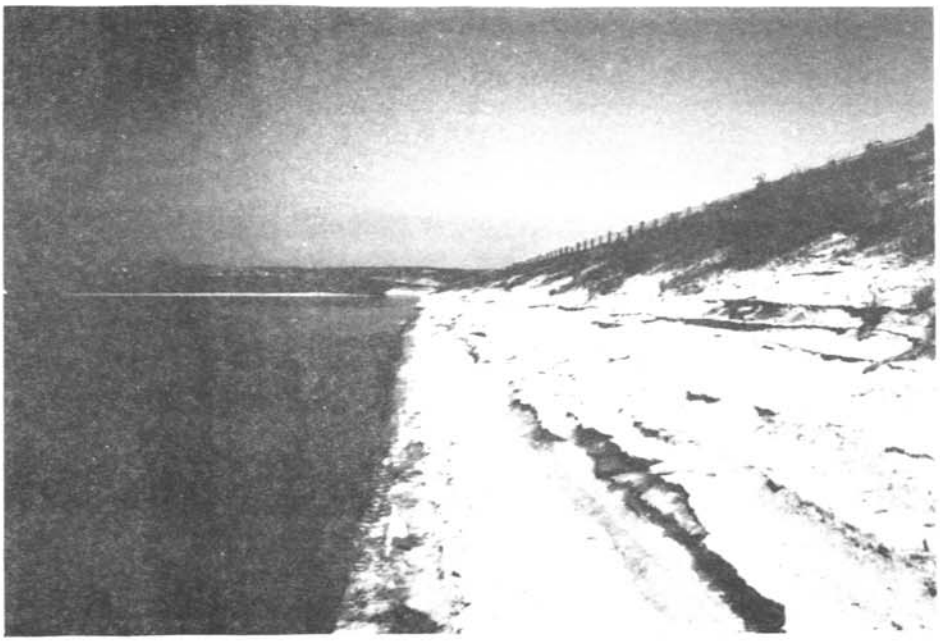
La presa Calamus - Obra de toma del vertedero. Cota del embalse a 68,5 metros. 7/6/88



La presa Calamus - Unión de los canales de descarga al río y del vertedero a partir de la obra de caida. 7/6/88

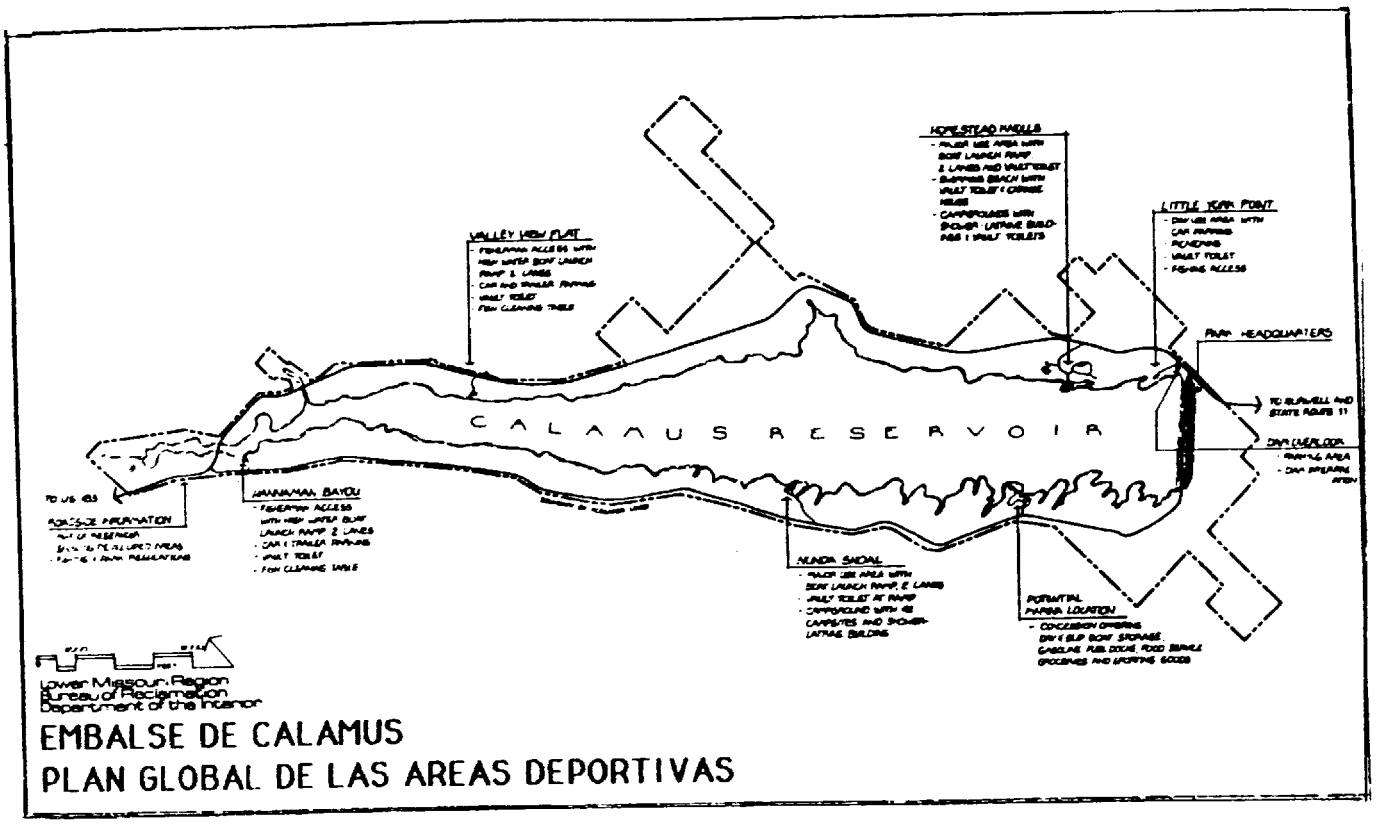


La presa Calamus - Obra de caida al río. 7/6/88

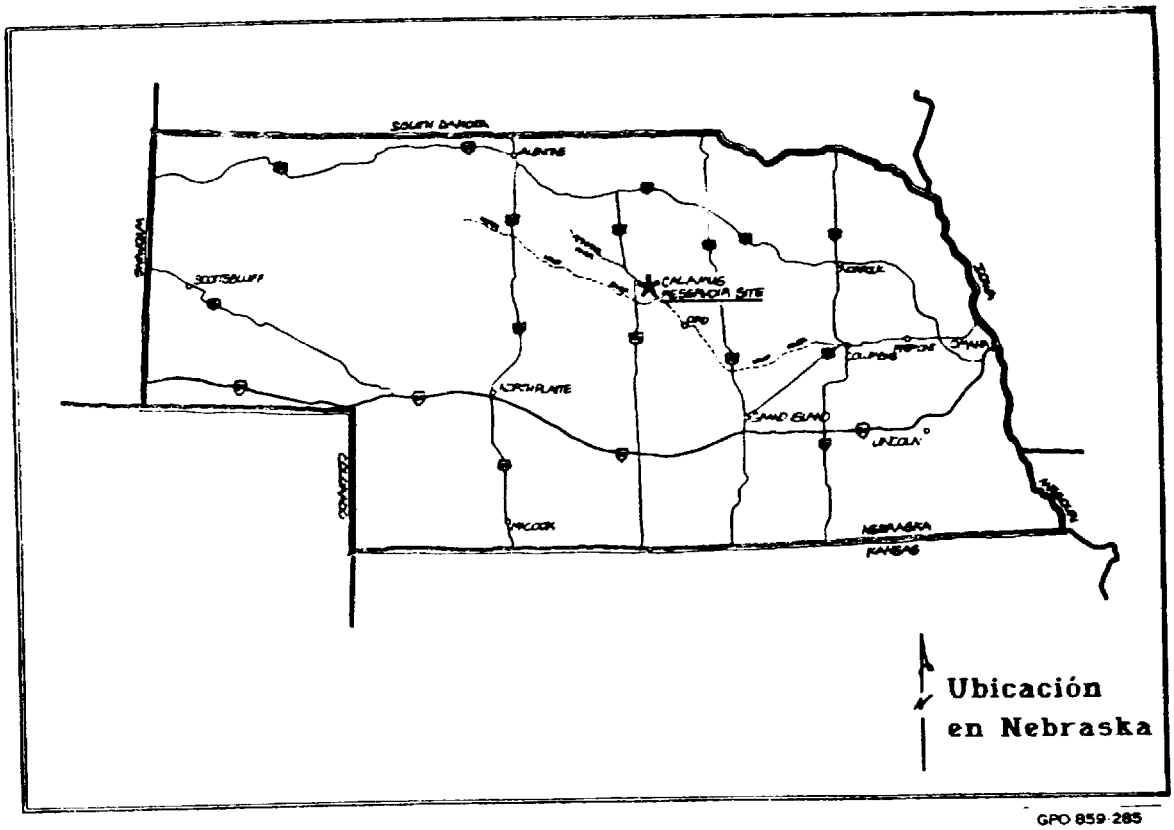


La presa Calamus - Protección de suelo cemento en el paramento de aguas arriba de la presa. 7/6/88

La presa Calamus - Vista del rio Calamus aguas abajo de la obra de caída. 7/6/88



EMBALSE DE CALAMUS
PLAN GLOBAL DE LAS AREAS DEPORTIVAS



GPO 859-285

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!