

DISEÑO, CÁLCULO Y RECONSTRUCCIÓN DE PRESAS DE TIERRA AVERIADAS

Manuel E. Catellón Hernández¹

Felipe de Jesús Ortega Rivera²

Manuel González Molina²

Salvador Muñoz Castro²

¹ Estudiante de maestría en Riego y Drenaje de la UAAAN.

² Profesores investigadores del Depto. de Riego y Drenaje de la UAAAN.

RESUMEN

En las zonas áridas se encuentran diversidad de obras hidráulicas y muchas de ellas requieren rehabilitación, por lo que se requiere un estudio para diseñar, calcular y ver las posibilidades que tienen de reconstrucción. El objetivo general de este trabajo fue analizar las condiciones en que se encuentran las pequeñas obras hidráulicas, para presentar alternativas de reconstrucción en las que sea necesario, con el fin de contribuir al desarrollo de las zonas áridas, ya que los productores de estas áreas tienen un gran potencial para formar parte del desarrollo agrícola y pecuario del país. Los parámetros que describen el funcionamiento del diseño del vertedor tipo Creager se ajustaron a la avenida máxima que se puede presentar cuando ocurre una precipitación, y ésta se obtuvo a través del método genético del escurrimiento, el cual tiene la ventaja de que se puede aplicar con lluvias que hayan ocurrido en otras zonas o regiones. El diseño del vertedor se desarrolló con las ecuaciones de Kiciliev, 1974, y los coeficientes de estabilidad se determinaron con el método que presenta Trueba, 1971; también se tomaron en cuenta trabajos de otros autores que se mencionan en la literatura. Para el cálculo de los volúmenes de escurrimiento se usaron las cartas de clima de la región (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992), que corresponde a $239,827.5 \text{ m}^3$. La avenida que se obtuvo con el método genético del escurrimiento fue de $80.0 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Palabras clave: vertedor, volumen, avenida, escurrimiento.

ABSTRACT

In the arid zones there are diversity of works and many of them need rehabilitation, for what it is necessary make a study in order to desing, calculate and to see possibilities of reconstruction. It general objetive was make a study of the conditions in which they are the small hydraulic works and to present an alternative of solution for it reconstruction of the dams, with the purpose to contribute in part to the agricultural development in arid zones, since the farmers of these areas have gran capacity for to farm part in the farm produce development of the zones. The parameters that describe the operation of the desing of the spillway device creager type was adjusted according to the maximum flood that one could present when a precipitation happens and this was obtained through the genetic method drain it which has the advantage that one could apply with rains that have happened in other zones or regions. The desing of the spillway or pouring device was developed 1974 with the equations that he present Kiciliev and the coefficients of stability were determined with the method that present Trueba. 1971; works of other authors were also considered that they are mentioned in the leterature. For the calculation of the volumes of wring, the charts of climate of the region (National Institute of Statistics, Geography and Informatica, 1992) were used and that it correspond 239,827.5 m³; the magnitude of the flood obtained with the genetic method of the wring is of 80.0 m³/sec.

Key words: spillway, volume, flood, wring

INTRODUCCIÓN

Existe una gran cantidad de obras hidráulicas averiadas que requieren de un estudio de viabilidad, desde el punto de vista técnico y económico, para estar en posibilidad de rehabilitarlas. La factibilidad para la reconstrucción de las obras es aceptable, porque al construir una obra del tamaño de las que se encuentran averiadas, al país le resultaría muy costoso, y este trabajo de reparación es de bajo costo; sin embargo, la anterior aseveración se verificará con el estudio correspondiente. También es relevante que las diferentes dependencias institucionales se interesen en la reconstrucción de las obras para aprovechar la precipitación de la zona y volver más eficiente el uso de las tierras aledañas. La presa de tierra es una de las estructuras más antiguas construidas por el hombre. Se sabe que los chinos, antes de la era cristiana, ya construían bordos de gran longitud; los hindúes desarrollaron este tipo de obra desde el año 500 a. C.; los aztecas, bajo la dirección de Netzahualcóyotl, también realizaron este tipo de construcciones en el valle de México; a principios del siglo pasado se empezaron a construir presas de tierra en los Estados Unidos de Norteamérica, principalmente en la región oeste, para abastecimiento de agua (San Francisco). En México, a raíz de la creación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926, se construyó la mayoría de las presas de México (Marsal y Reséndiz 1983).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló durante los meses de enero de 1996 hasta junio de 1997, en el ejido San Rafael de los Milagros, municipio de Parras, Coahuila, entre 102°

27' longitud Oeste y 25° 38' latitud Norte, con una altitud de 1,150 m, a una distancia de 167 km de Saltillo, por la carretera 40 que conduce a Torreón.

El ejido San Rafael cuenta con 60 familias y 66 ejidatarios; no existen pequeños propietarios, comuneros y colonos. La superficie total con que cuenta el ejido es de 37,740 ha, la agrícola es de 120 ha, la de agostadero está formada por 15,000 ha, y la superficie cerril es de 2,000 ha. Las actividades de tipo económico corresponden a un 45 % para la agricultura, 45 % para la ganadería, y el 10 % restante para la silvicultura.

Las temperaturas medias máximas de junio y julio son de 33 °C; la temperatura media anual es de 20 °C. La precipitación total es de 250 a 325 mm, con una media anual de 200 mm; los números de días apreciables con lluvia se encuentran desde 0 a 29 (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992).

Los suelos son aluviales y pámonte y están formados por rocas sedimentarias de conglomerados y de lutita arenisca (Comisión de Estudios de Territorio Nacional, 1972); la capacidad del uso del suelo tiene un 60 % de vida silvestre y forestal. El área de siembra es suelo arenoso-arcilloso; predomina el cultivo de maíz y los pastos. La superficie de la cuenca se determinó con las cartas topográficas de INEGI, y se obtuvo un área de 10.659 km²; la forma es irregular y la configuración general accidentada; la pendiente máxima es de 15.0 %, la media de 7.7 % y mínima 0.47 %.

Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento (Cuadro 1) se tomaron en cuenta las cartas topográficas de la región (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992).

Cuadro 1. Coeficientes de escurrimiento de la cuenca en estudio,

Descripción		Coefficiente de escurrimiento
Área de la cuenca	10.659 km ²	0.15
Precipitación	200 mm	0.05
Cubierta vegetal	Bosque matorral y cultivos	0.10
Permeabilidad del terreno	Moderada permeabilidad	0.15

$$C_e = (0.15 + 0.05 + 0.10 + 0.15) / 4 \quad C_e = 0.1125$$

Volumen total de escurrimiento

El volumen total de escurrimiento es de 239,827.5 m³

Estudios hidrológicos

Para el análisis del estudio hidrológico se tomaron en cuenta los datos de precipitación de Saltillo, Coahuila(Cuadro 2) (Ortega, 1987).

Cuadro 2. Precipitación de 16 años de Saltillo, Coahuila. (Ortega, 1987).

Número	Años	Lluvia Máxima mm	$(K - 1)^2$	Probabilidad P, %
1	2	3	4	5
1	1978	56	0.294	5.88
2	1977	53	0.211	11.76
3	1976	48	0.104	17.64
4	1969	46	0.071	23.52
5	1981	44	0.045	29.4
6	1968	37	0.0003	35.3
7	1971	37	0.0003	41.2
8	1972	35	0.0013	47.0
9	1975	35	0.0013	52.9
10	1982	32	0.014	58.8
11	1983	32	0.014	64.7
12	1974	27	0.0657	70.6
13	1980	27	0.0657	76.5
14	1973	26	0.0806	82.3
15	1979	25	0.097	88.2
16	1970	21	0.1777	94.1

Media = 36.31 mm

Σ 1.2429

Cálculo del escurrimiento medio anual

El escurrimiento medio se encontro con un valor de 239,827.5 m³

Cálculo del volumen aprovechable medio anual

El volumen aprovechable medio anual es de 167,879.25 m³

Cálculo de la avenida

Los métodos para calcular avenidas en cuencas no aforadas se describen a continuación en el cuadro 3.

Cuadro 3. Cálculo de avenidas (S.A.R..H., 198)* , (S.C.T., 1984)**

Método	Avenida m³/seg.
Racional	105.12
Creager	50.94
Lowry	42.00
Puentes	52.00
Dickens	135.67
Morga	79.96
Ryves	49.33
Valentini	88.15
Kuichling	40.42
Genético del escurrimiento	79.517

* Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

** Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

El vaso de la presa se obtuvo a través de un levantamiento topográfico. Tiene un área de 10.462 ha y una capacidad de almacenar de 134,850 m³. La pendiente máxima es de 2.77 %; la mínima, de 1.007 %; la media, de 1.88 %

Canal de conducción

La presa nunca trabajó, ya que con la primera avenida se averió. El canal de conducción nunca se construyó. Solamente existe la obra de toma, de donde iniciaría el canal que conduciría el agua hasta el área de riego.

El área aproximada de siembra es de 5.0 ha aguas abajo de la presa, en donde se recomienda sembrar el cultivo de melón, según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992. La temperatura máxima es de 33 °C y la mínima, de 18 °C, y conforme a estas temperaturas se determinaron los siguientes datos: E_{To} = Evapotranspiración potencial de la zona (5.63 mm/día), E_{tc} = Evapotranspiración potencial del cultivo (6 mm/día), y K_c = Coeficiente del cultivo de melón (1.05) (Hargreaves y Samani, 1992).

Cálculo del vertedor

Para obtener los valores que del perfil Creager, los valores de cada una de las coordenadas (Kiciliev, 1974) se operaron contra la carga H sobre el vertedor de 1.60 m. El perfil del vertedor tipo Creager para la reconstrucción de la presa de San Rafael de los Milagros se puede observar en la figura 1. El estudio en el diseño hidráulico del vertedor de demasías se enfocó en la metodología descrita por (Pashkov y Dolgachev, 1985), que fue similar a la comparada con otros autores.

Cálculo de la cantidad de cemento, arena y piedra

En el cuadro 4 se describen las especificaciones de todos los materiales, y en el cuadro 5 se dan a conocer los componentes para la reconstrucción del vertedor.

Cuadro 4. Especificación de agregados. (La Forestal. 1987)

Concepto	Unidad de medida	Integrantes	Especificaciones
Cemento	toneladas	0.059	La relación de cemento y arena es de 1 : 6 80 % de piedra
Arena	metros cúbicos	0.401	
Agua	metros cúbicos	0.081	
Piedra	metros cúbicos	1.160	

Cuadro 5. Componentes de la mezcla para la construcción del vertedor

Mezcla	Volumen m³	Cemento toneladas	Arena m³	Agua m³	Piedra m³
Mampostería	1,185.304	69.933	475.307	96.01	1,374.952

Número de bolsas de cemento = 1399

Costo total del cemento = \$ 27,980.00

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ruptura de la presa se debió a que su base está formada por roca madre, y no se realizó una limpieza en el área, lo cual provocó filtración y socavación en la primera avenida, y evitó que la presa almacenara agua. Se obtuvo el volumen de escurrimiento con las cartas de la región el cual corresponde a 239,827.5 m³, y la magnitud de avenidas

con los diferentes métodos (Cuadro 3). La avenida que se aplicó para el cálculo del vertedor de demasías tipo Creager, fue la obtenida a través del método genético del escurrimiento, que es de $80 \text{ m}^3/\text{seg.}$ (Ortega, 1987). Conforme el levantamiento topográfico realizado en el vaso de la presa, éste tiene la capacidad de almacenar un volumen total de $134,850 \text{ m}^3$. La obra de toma tendrá la capacidad de desalojar $0.130 \text{ m}^3/\text{seg.}$, siempre y cuando el vaso tenga un volumen disponible de $112,003.35 \text{ m}^3$. En función del volumen de agua aprovechable, de las condiciones climáticas, del suelo de la región y del coeficiente del cultivo (K_c) del melón, se recomienda sembrar en una área de 5.0 hectáreas. Esta es una obra con la que se beneficiarán 60 familias, que tendrán la cantidad de agua necesaria, tanto cuando se reconstruya la presa, como cuando al agua se le dé un uso agrícola o pecuario. En cuanto a la rentabilidad, aunque es una obra de beneficio social, si los agricultores siembran el cultivo de melón con el sistema de riego por gravedad con el agua disponible en la presa, pueden percibir utilidades hasta de \$ 10,890.00 por hectárea.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo, se presentan las siguientes conclusiones:

Se utilizaron los diferentes métodos para determinar los escurrimientos en cuencas no aforadas y la magnitud de estas avenidas se citan en el cuadro 3.

El volumen total que se almacenará en el vaso, tomando en cuenta el vertedor de demasías existente en la presa, es de $134,850 \text{ m}^3$.

El volumen aprovechable que tendrá el vaso de acuerdo a la cota de la tubería (1144.89) es de 112,003.3552 m³.

Se optó por proponer el vertedor de demasías tipo Creager de mampostería, como una solución para la reconstrucción de la presa de San Rafael de los Milagros.

El modelo de vertedor tipo Creager puede aplicarse en las diversas presas de tierra que se encuentran dañadas.

Habrà una mayor utilización de mano de obra en el campo, cuando se construyan las obras.

Las áreas de siembra de los cultivos dispondrán de mano de obra, lo cual es una contribución al aspecto socioeconómico de la comunidad

LITERATURA CITADA

Comisión de Estudios de Territorio Nacional (CETENAL). 1972. Cartas de uso potencial del suelo. San Rafael de los Milagros. G - 13 - D - 18. Coahuila.

FORESTAL. F.C.L. 1987. Dirección de Programas Especiales. Construcción de aljibes. Coahuila, México.

Hargreaves, G.H. y Samani, Z.A. 1992. Programación del riego. Manual bilingüe. Las Cruces, N.M. 88001. 86 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1992. Carta de efectos climáticas regionales. Mayo - octubre. Escala 1 : 250,000. Torreón G 13 - 9 .

Kiciliev, P.G. 1974. Manual de cálculos hidráulicos. Energía. Moscú.

Marsal, R.J. y Reséndiz, N.D. 1983. Presas de tierra y enrocamiento. Editorial Limusa. México
1, D.F. 546 p.

Ortega, R. F.J. 1987. Evaluación de los recursos hídricos en los arroyos en la parte norte de
México y su utilización racional para el desarrollo del entarquinamiento. Tesis
doctoral. Moscú, Rusia. p. 96 - 120.

Pashkov, N.N. y Dolgachev, F.M. 1985. Hidráulica y maquinas hidráulicas. Editorial Mir. Moscú.
431 p.