

SISTEMA DE ESCLUSAS CON RESERVORIOS DE PAREDES MOVILES

(Nota Preliminar)

Por:
Carlos Ramón Plazaola Lorio

Extracto General

Se presenta un sistema que permite optimizar el uso del agua en un sistema de esclusas utilizando reservorios de paredes móviles. Se presentan las ecuaciones para el análisis de flujo del agua del reservorio hacia las esclusas.

Introducción

El modo usual de operación de muchos sistemas de esclusas, consiste en la utilización de un volumen de agua obtenido de un embalse (aguas arriba) con el que se llena la esclusa, permitiendo esto nivelar aguas, entra la nave a la esclusa y se vacía la misma hasta nivelar aguas con el nivel inferior. El tamaño del embalse o depósito de nivel superior impone las limitaciones a la frecuencia de esclusaje, ya que de ser muy elevada podría afectar significativamente tanto el nivel del agua como el volumen de reserva del embalse. Una alternativa que se ha planteado para sortear este problema es la de bombear el agua desde el nivel inferior para llenar la esclusa o para devolver el agua al embalse. Sin embargo, el volumen de agua que se requiere bombear es relativamente grande y el período de tiempo en el que se debe bombear es relativamente corto, haciendo el bombeo poco atractivo. Otra alternativa es el uso de elevadores de barcos con grandes limitaciones ya que su uso es restringido a naves relativamente pequeñas [1].

El sistema que se plantea en este trabajo ofrece una alternativa para retener el agua y reutilizarla, operando con volúmenes y tiempos del orden de la operación convencional.

Descripción del Sistema

El sistema consiste en agregar un reservorio al sistema de esclusas existente, el mismo tiene comunicación con la recámara de la esclusa, por medio de tuberías. Idealmente debe localizarse a la menor distancia posible de la esclusa, aunque por la forma en que opera el sistema, se tiene cierto grado de flexibilidad en la ubicación del mismo. Este reservorio debe tener la capacidad para almacenar el volumen de agua desplazado durante una operación de esclusaje, esto al nivel de aguas abajo. El principio de operación se basa en que el reservorio consta de paredes móviles que permiten reducir o aumentar el volumen del mismo. Esta posibilidad permite controlar el nivel del agua en el reservorio y esto a su vez inducir el flujo, por diferencia de nivel, hacia y desde la esclusa. El flujo del reservorio hacia la esclusa puede ser controlado directamente por válvulas, o indirectamente, controlando la velocidad a la que se mueve la pared móvil. La descripción presentada corresponde a la configuración básica del sistema, es decir la versión más simple del mismo, sin embargo, útil para efectos de análisis. Desde un punto de vista práctico, podrían considerarse múltiples reservorios de manera que el tamaño de las paredes móviles no resulten masivas. Se pueden considerar también reservorios con otras geometrías, sin embargo, estas son consideraciones que serán temas de estudio.

Modelo Matemático

Para el análisis de flujo se supondrá el que el fluido es incompresible. Las ecuaciones

se basan en la geometría y dimensiones mostradas en la Figura 1.

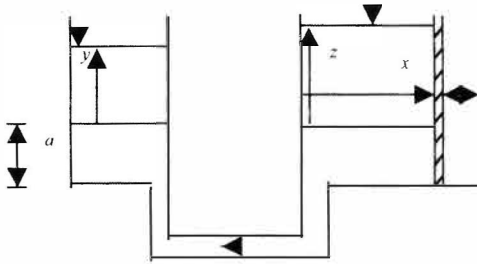


Figura 1

Continuidad

Como se asume fluido incompresible, la ecuación de continuidad corresponde a balances de volumen.

$$V_E = A_T v_T$$

$$V_R = L_R x z$$

$$v_T = \frac{A_R}{A_T} v_E$$

$$A_T v_T + L_R x z = cte$$

$$A_T \frac{dy}{dt} = -L_R \left(x \frac{dz}{dt} + z \frac{dx}{dt} \right)$$

donde:

V representa volumen desplazado, L longitud, A área y v velocidad, los subíndices E, R y T representan esclusa, reservorio y tubería respectivamente.

Energía

La ecuación de energía para este sistema incluye términos adicionales que corresponden al hecho de que se trata un problema de flujo no estacionario [2].

$$E_R - E_E - h_f = \frac{L}{g} \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{p_R}{\gamma} + z + \frac{(v_R)^2}{2g} - \frac{p_E}{\gamma} - y - \frac{(v_E)^2}{2g} - K_f \frac{(v_T)^2}{2g} =$$

$$L_T \frac{dv_T}{g dt} + z + a \frac{dv_R}{g dt} + y + a \frac{dv_E}{g dt}$$

Donde:

E representa energía por unidad de peso (m), h_f pérdidas por fricción, p presión, L longitud de la sección.

Este sistema de ecuaciones es no lineal y puede ser resuelto por métodos numéricos.

Conclusiones

Se presenta un sistema que permite realizar procesos de esclusaje con retención y reutilización de prácticamente casi el 100 % del agua. El uso de tal sistema permitiría, al Canal de Panamá, por ejemplo, ampliar su capacidad de tránsito, tanto en número de naves, como en el tamaño de las mismas si se lleva a cabo la construcción de un tercer juego de esclusas, ya que no existiría limitación por uso del agua. Lógicamente se hacen necesarios estudios basados en esta idea, que permitan determinar estrategias de operación óptimas, una configuración para el sistema que sea factible tanto desde un punto de vista operacional, así como, práctico y económico.

Las ecuaciones presentadas permiten simular el flujo del agua desde el reservorio hacia las esclusas y desarrollar estrategias de operación. Los resultados serán presentados en futuros reportes.

Referencias

[1] Ayala, A.D.: Uso de Elevadores de Barcos como Alternativa para Aumentar la Capacidad del Canal de Panamá, Trabajo de Graduación, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2000.

[2] Daugherty, R.L. & Franzini, J.B.: Fluid Mechanics with Engineering Applications, 7th. e.d, Mc Graw-Hill, New York, 1977.