

VALIDACIÓN DE MODELO DE TRANSITORIOS DE PRESIÓN EN LÍNEAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA

Juárez Riera Claudia Gabriela (1), Mora Rodríguez José de Jesús (2)

1 [Lic. Ingeniería Hidráulica, Universidad de Guanajuato] | [claul.1224@hotmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [jesusmora@ugto.mx]

Resumen

Para el buen funcionamiento de una línea de conducción de cualquier tipo, se recomienda realizar un análisis de transitorio o golpe de ariete, el cual es fundamental para garantizar la integridad física de la instalación. Cualquier perturbación en el régimen de funcionamiento habitual de una conducción en presión provoca un fenómeno transitorio, las perturbaciones más estudiadas y conocidas son las producidas por el cierre de una válvula, las producidas por el arranque de una bomba o las debidas a parada brusca de una bomba. El cierre de una válvula provoca un transitorio que depende de la rapidez de cierre de la misma y de otros conceptos físicos como la celeridad de transmisiones de una onda sónica a través del material de la tubería. Por ello mediante modelado físico en la red experimental de distribución de agua del Laboratorio de Ingeniería Hidráulica "La Perlita" y modela numérico en Bentley se representará diversos escenarios.

Abstract

For the proper functioning of a pipeline of any type, it is recommended that an analysis of transient or water hammer, which is essential to ensure the physical integrity of the installation. Any disturbance in the system of regular operation of a driving pressure causes a transient phenomenon, the most studied and known disturbances are produced by closing a valve, those produced by starting a pump or due to sudden stop of a pump. Closing a valve causes a transient that depends on the speed of closing it and other physical concepts such as the speed of a sonic wave transmissions through the pipe material. Therefore by physical modeling in the experimental water distribution network Hydraulic Engineering Laboratory "La Perlita" and numerical models in Bentley and Spreadsheets, it represents different scenarios.

Palabras Clave

Transitorio de presión; Conducción; Red Experimental; Hammer

INTRODUCCIÓN

El movimiento de un fluido es usualmente complejo. Un flujo es estacionario si su velocidad, presión y sección de la corriente (aun pudiendo variar de un punto a otro) no varían con el tiempo. Pero si en algún punto, las condiciones varían con el tiempo, se dice que el flujo es transitorio o variable. Un planteamiento tan general de los transitorios en sistemas hidráulicos a presión es susceptible, sin duda, de importantes matizaciones derivadas básicamente de la rapidez con que se producen en el tiempo los cambios en las variables más significativas del flujo. Así, por ejemplo, se pueden considerar transitorios muy rápidos en donde los cambios que se operan en el flujo, son ciertamente violentos (como, por ejemplo, el cierre instantáneo de una válvula en una conducción), o bien extremadamente lentos, cual es el caso de la operación normal a lo largo de las 24 horas del día de una red de distribución de agua [1].

Los regímenes de transición en las condiciones hidráulicas de la conducción tienen diferente duración. Mientras que el llenado y el vaciado de la línea son lentos y duran de varias horas a varios días, el régimen de transición hidráulica en las tuberías después de un paro o arranque de las bombas o un cierre o apertura de válvulas dura apenas varios segundos o minutos. Por esta razón se le denomina fenómeno transitorio hidráulico rápido. A pesar de ser de corta duración, los transitorios hidráulicos rápidos pueden ser muy peligrosos, ya que por ser bruscos generan variaciones de presión muy importantes que en ocasiones pueden llegar a reventar la tubería debido a presión alta o hacen ésta se colapse bajo la acción de la presión atmosférica cuando dentro de la tubería se producen presiones de vacío. [1]

Se distinguen 3 tipos de transitorios hidráulicos:

Transitorio muy lento o cuási-estático, en el que las variables del flujo varían de manera muy lenta en el tiempo (con períodos del rango de intervalos de varias horas hasta varios días).

Transitorio lento u oscilación de masa, que se relaciona ante todo con el movimiento de la masa de agua en la conducción, semejante a la oscilación en dos vasos comunicantes. Los cambios de las variables en este tipo de transitorio son significativos, pero no tanto como para tomar

en consideración las propiedades elásticas del fluido y de las tuberías.

Transitorio rápido o golpe de ariete, generado por cambios bruscos de la velocidad en la tubería derivados de maniobras rápidas como la parada repentina de una bomba o el cierre rápido de una válvula. Los cambios bruscos en la velocidad se acompañan de cambios bruscos en la presión que se propagan por la tubería, generando ondas de presión de período muy corto (apenas varios segundos). Las variaciones de presión en un transitorio de este tipo son importantes, por lo que resulta necesario considerar los efectos elásticos de la tubería y del líquido [2].

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio de fenómenos transitorios como lo es el golpe de ariete se crearon diversos escenarios bajo condiciones de presión, flujo, condiciones de tubería, entre otras.

Para ellos se hizo uso de la red experimental del laboratorio de hidráulica “La Perlita”, el cual pertenece al Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica de la División de Ingenierías del campus Guanajuato.

La red cuenta con una cisterna de 100m³ y un caudal de operación de 30l/s para una carga de presión de 27mca, la línea principal de conducción de 4” de diámetro y 129m de longitud, en su primer tramo conformado por tubería de fierro galvanizado equivalente a 41.5m, y en su segundo tramo de 86.5m de tubería PVC, este 2do tramo es importante debido a que el fenómeno transitorio se ocasionó en esta sección. En la imagen 1 se muestra el tramo de tubería de PVC llamado serpentín por su geometría.



IMAGEN 1: serpentín de PVC con válvula de cierre rápido

En la línea de conducción se tiene instalado un medido de flujo electromagnético de propela y 3 transductores de presión. Dos fueron instalados en la tubería de PVC, al inicio del tramo y al final antes de la válvula de la bola.

Se establece un caudal y posteriormente se provoca un transitorio con cierre rápido de la válvula de bola, este procedimiento se realizó varias veces asegurando contar con escenarios donde el incremento de presión quedará registrado por un osciloscopio de adquisición de datos.

Para validar el modelo numérico del programa de computo Hammer de Bentley [3], con las características físicas experimentales se cuenta con dos posibles situaciones, la primera de ellas permite proporcionar las condiciones iniciales con las que trabaja la tubería es decir flujo y presión específicas con las que se llevó a cabo el transitorio, la segunda es herramienta de análisis es decir calcula las condiciones iniciales en base a las características proporcionadas donde el flujo suministrado y duración del transitorio juegan un papel importante, ya que en base a ello se estabilizaran las condiciones, en la imagen 2 se muestra la línea de conducción en Hammer cisterna R-1, bomba PMP-1, y nodos J-n, válvulas de control de flujo FCV-n.

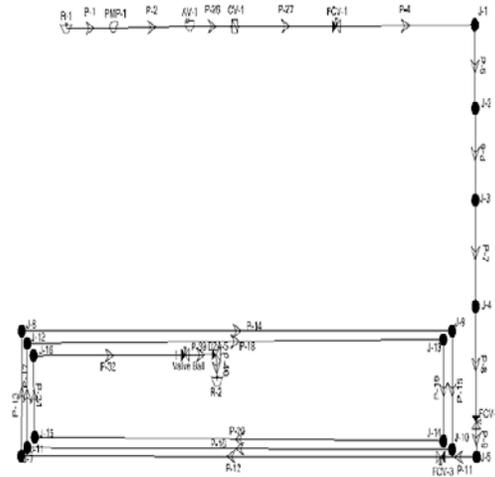


IMAGEN 2: Modelo numérico de la línea de conducción en Hammer

En base al modelo mostrado se realizará la validación de un transitorio a presión utilizando la herramienta de análisis “Initial condition” donde se indicarán las características de bomba, tubería, válvulas de control de flujo, flujo suministrado, duración y elevación de nodos la cual es vital en estudio de fenómenos transitorios. Este software trabaja con método de las características, constantemente utilizado para estudio de transitorios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación es validar de manera numérica un transitorio a presión con el simulado experimentalmente. A continuación, se presentan los resultados de obtenidos de la simulación numérica donde se pondrán observar las ventajas y desventajas del uso del modelo numérico, así como las diferencias y similitudes con la simulación experimental.

Al culminar la simulación se presentan dos maneras de visualizar los resultados la primera nos proporciona un perfil de manera general donde no se observa con claridad los resultados, en cambio la segunda opción nos permite visualizar un perfil específico por tramo de tubería, perfil de gran utilidad donde se puede observar en que momento o tramo de tubería se presenta el cambio de un flujo estacionario a transitorio o

variable debido al cierre rápido de la válvula. Al arrancar la bomba y suministrar un gasto constante se tiene un flujo poco variable en el primer tramo de tubería el cual se muestra en la imagen 3.

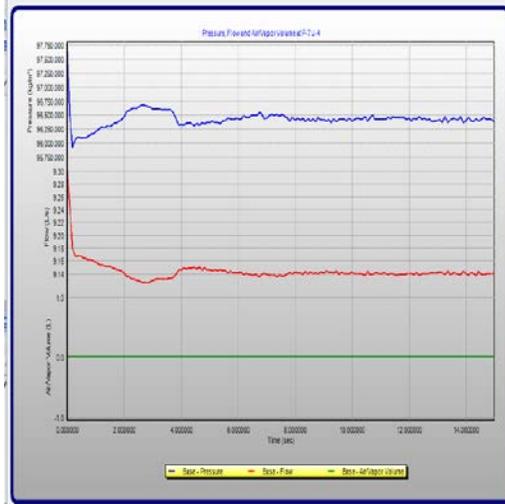


IMAGEN 3: Perfil en base a presión, flujo y vapor del 1er tramo del punto medio.

Se observa perturbación entre el segundo y cuarto segundo, después permanece constante sin perturbación alguna por lo que no se puede considerar flujo transitorio, esto debido a que no hay cierre de válvulas ni fallo en bomba, enseguida al contar con un flujo constante de 9.3l/s y una presión de 4PSI se lleva acabo el cierre de válvula de bola este se logró por medio de una condicional, la cual indica que si el tramo de tubería aguas arriba de la válvula de bola llega a un caudal de 9.3l/s o mayor se cierra instantáneamente. Buscando comprobar la teoría de cierre rápido de válvula ocasionando un transitorio rápido donde se observe considerablemente un cambio de presión, ya sea sobrepresión o depresión, se logró ver la afectación en el segundo tramo de tubería por lo que se analizó tramo a tramo, en el que se denota el tramo P-32 y P-39 variaciones considerables en cuanto a presión y flujo, esto se muestra a continuación en la imagen 4.

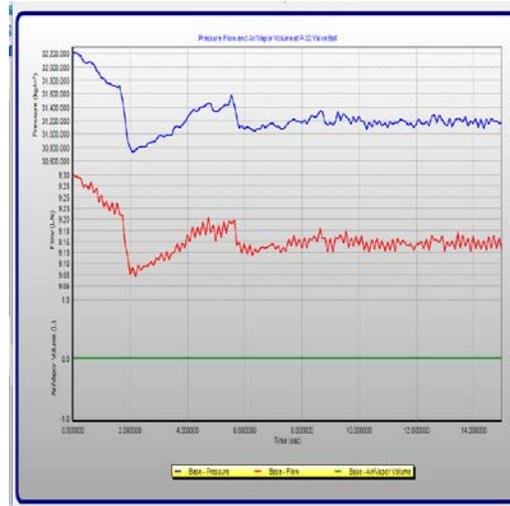


IMAGEN 4: Perfil en base a presión, flujo y vapor del 2do tramo de tubería (tramo P-32 aguas arriba de válvula de bola)

En este perfil se muestra un transitorio con depresión alrededor del segundo y tercer segundo, después se presenta un pico entre el quinto y sexto segundo, posteriormente al abrir la válvula nuevamente se regulan la presión y flujo. Por lo tanto, se verifica el fenómeno transitorio con cierre de válvula, con duración de segundos, pero consecuencias notorias.

A continuación, en la imagen 5 se muestra una comparativa de perfil obtenido experimentalmente contra perfil obtenido matemáticamente.

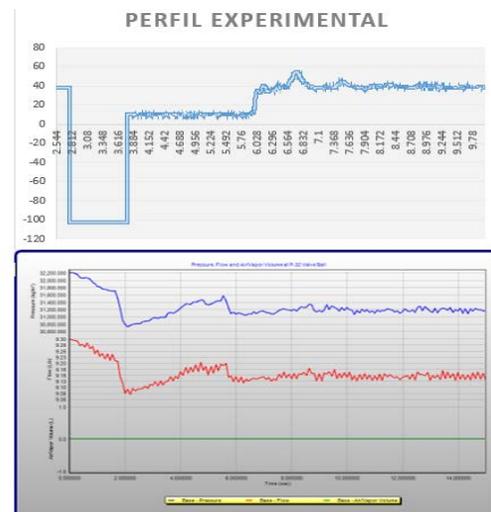


IMAGEN 5: Perfil de comparación experimental y matemático

La depresión se observa entre el segundo y cuarto segundo en ambos casos al igual el pico de alta presión se observa entre el quinto y sexto segundo continuando de manera constante. Validando de forma cualitativa el transitorio numérico con el experimental.

CONCLUSIONES

El uso de este tipo de programas para estudiar transitorio de presión es muy útil, presenta herramientas que permiten realizar el cálculo sin conocer algunas variables iniciales utilizando herramientas de análisis, pero durante la simulación se realizó de ambas maneras se presenta semejanza cualitativa.

De igual manera se observó que los resultados son los mismo, es decir no se ven afectados por el tiempo de simulación ya sea en un tiempo de 9s hasta un tiempo de 40 segundos, perturbaciones se dan en el mismo intervalo.

El objetivo de realizar un estudio de transitorio hidráulico a presión se logró validar el modelo matemático, así como el efecto de transitorio rápido al efecto de cierre de válvula.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al técnico académico Rubén Martínez y el departamento de ingeniería Geomática e Hidráulica de la División de Ingenierías, por permitirme colaborar en esta investigación y el apoyo brindado durante la misma.

REFERENCIAS

- [1] Izquierdo, José M. Abreu / Rafael Guarga / Joaquín. (1995). Transitorios y Oscilaciones en Sistemas Hidráulicos a Presión. Valencia Universidad Politécnica de Valencia.
- [2] Comisión Nacional del Agua. (2007). Manual de Agua Potable y Saneamiento (Fenómenos Transitorios en Líneas de Conducción). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [3] Bentley Institute (2012). HAMMER V8i, Transient Analysis and Design. Version V8i (SELECTseries 3). Copyright ©2012, Bentley Systems, Incorporated. All Rights Reserved.