

TRANSIENT PHENOMENA DURING THE EMPTYING PROCESS OF WATER IN PRESSURIZED PIPELINES

RESUMEN EN CASTELLANO

El análisis de los fenómenos transitorios durante las operaciones de llenado en conducciones de agua ha sido estudiado de manera detallada comparado con las maniobras de vaciado. En este último se encontró que no existen modelos matemáticos capaces de predecir el fenómeno. Esta investigación inicia estudiando el fenómeno transitorio generado durante el vaciado en una tubería simple, como paso previo para entender el comportamiento de las variables hidráulicas y termodinámicas durante el vaciado de agua en conducciones presurizadas de perfil irregular. Los análisis son realizados considerando dos situaciones: (i) la situación No. 1 corresponde al caso donde no hay válvulas de aire instaladas o cuando éstas han fallado por problemas operacionales o de mantenimiento, que representa la condición más desfavorable con respecto a la depresión máxima alcanzada; y (ii) la situación No. 2 corresponde al caso en donde se han instalado válvulas de aire en los puntos más elevados de la conducción para dar fiabilidad mediante el aire introducido al sistema previniendo de esta manera la depresión máxima.

En esta tesis doctoral se ha desarrollado un modelo matemático para predecir el comportamiento de las operaciones de vaciado. El modelo matemático es propuesto para las dos situaciones mencionadas anteriormente. La fase líquida (agua) es simulada con un modelo de columna rígida, en el cual se desprecia la elasticidad del agua y de la tubería debido a que la elasticidad del aire es mucho mayor que estas; y la interfaz aire-agua es modelada con un modelo de flujo pistón, el cual asume que la columna de agua es perpendicular a la dirección principal del flujo. La fase de aire es modelada usando tres ecuaciones: (a) un modelo politrópico basado en el comportamiento energético, que considera la expansión de las bolsas de aire; (b) la formulación de las válvulas de aire para cuantificar la magnitud del caudal de aire admitido; y (c) la ecuación de continuidad de la bolsa de aire. Un sistema ordinario de ecuaciones diferenciales es solucionado utilizando la herramienta de Simulink de Matlab.

El modelo matemático es validado empleando bancos experimentales localizados en los laboratorios de hidráulica de la Universitat Politècnica de València (Valencia, España) y en el Instituto Superior Técnico de la Universidad de Lisboa (Lisboa, Portugal). Los resultados muestran que el modelo matemático predice adecuadamente los datos experimentales de las presiones de las bolsas de aire, las velocidades del agua y las longitudes de las columnas de agua.

Finalmente, el modelo matemático es aplicado a un caso de estudio para mostrar su aplicabilidad a situaciones prácticas, con el fin de poder ser empleado por ingenieros para estudiar el fenómeno en conducciones reales y así tomar decisiones acerca de la planificación de esta operación.