

# IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES VIRTUALES EN FOUNDATION FIELDBUS

Andrés J. Piñón Pazos

Dpto. Ingeniería Industrial, Universidade de A Coruña. E.U.P. Ferrol, Avda. 19 de Febrero, s/n, 15405 A Coruña, [andrespp@cdf.udc.es](mailto:andrespp@cdf.udc.es)

Ramón Ferreiro García, M<sup>a</sup> del Carmen Meizoso Lopez

Dpto. Ingeniería Industrial, Universidade de A Coruña, [ferreiro@udc.es](mailto:ferreiro@udc.es) , [mmeizoso@cdf.udc.es](mailto:mmeizoso@cdf.udc.es)

## Resumen

*En este artículo se describe la implementación de sensores virtuales distribuidos para la obtención de determinadas variables, a partir de otras relacionadas, bajo arquitecturas del estándar Foundation Fieldbus .*

**Palabras Clave:** Foundation Fieldbus, sensores virtuales, bloques función.

## 1 INTRODUCCIÓN

En la instrumentación de procesos, dentro de la industria, es habitual la obtención de medidas indirectas de las variables del proceso mediante la medida de otras variables. Esto se debe a que hay una serie de variables físicas que se pueden medir con mayor facilidad, y a partir de estas obtener el valor de otras variables relacionadas.

Se considerará la medida de temperatura y presión como variables principales a partir de las cuales se podrán obtener otras variables.

A través de la medida de presión, se pueden obtener otras variables como pueden ser densidad, nivel, volumen y flujo.

Actualmente, se utilizan transmisores que miden la variable primaria, y el cálculo de las variables derivadas se realiza bien en una unidad dedicada o bien en la unidad central del sistema de control. Mediante la utilización de Foundation Fieldbus y transmisores compatibles con este bus, se puede implementar el cálculo de dichas variables derivadas en los propios instrumentos a través de los bloques funcionales que están disponibles en dicho estándar.

Este cálculo de las distintas variables estaría distribuido en el campo, permitiendo además la utilización de cualquiera de las variables, tanto primarias como derivadas en las tareas de control.

## 2 OBTENCIÓN DE DISTINTAS VARIABLES.

### 2.1 Medida del nivel un fluido en un tanque.

Una de los procedimientos más utilizados para realizar la medida del nivel de un depósito [4], es medir la presión hidrostática en la parte inferior del mismo, según se muestra en la figura 1.

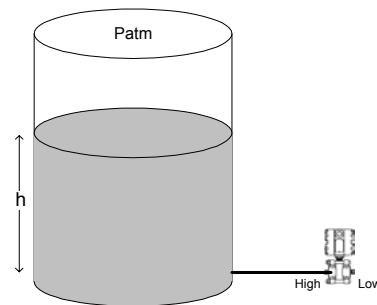


Figura 1

Partiendo de la ecuación básica de la estática [2],

$$\frac{dP}{dy} = -\rho \cdot g \quad (1)$$

Donde

dP: variación de presión

dy: variación de altura.

$\rho$ : densidad.

g: aceleración gravitacional

Si se conoce la densidad del fluido ( $\rho$ ) y la aceleración de la gravedad (g), se puede conocer el nivel de fluido en el depósito (h).

$$h = \frac{P}{\rho \cdot g} \quad (2)$$

En este caso se supone que la densidad del fluido es conocida y constante. En el caso de que la densidad pueda ser variable, se puede realizar su medida como se indica en el apartado siguiente.

## 2.2 Medida de la densidad de un fluido.

Para realizar la medida de la densidad de un fluido contenido en un tanque donde el nivel de dicho fluido es variable, se puede recurrir a la medida de la presión diferencial como se muestra en la figura 2..

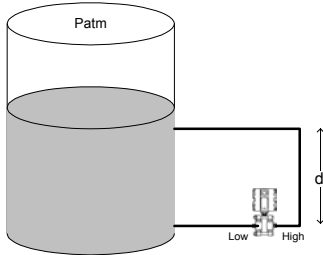


Figura 2

Por lo tanto, si conocemos  $g$  y  $d$ , y se mide la diferencia de presión entre las dos tomas, podemos conocer la densidad del fluido (siempre y cuando sea constante y el fluido no estratifique). Es evidente que el nivel dentro del depósito siempre debe estar por encima de la toma superior para que la medida de densidad sea fiable.

Otra posibilidad es utilizar dos transmisores de presión manométrica en lugar de utilizar un transmisor de presión diferencial según se muestra en la Figura 3.

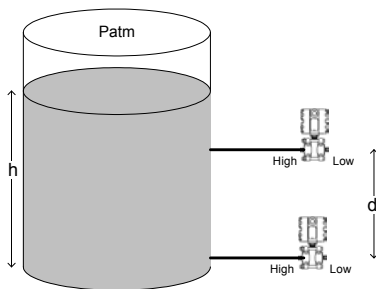


Figura 3

Con esta disposición, el transmisor de la parte inferior puede ser usado para ambas medidas, nivel y junto con el transmisor de la parte superior se obtendría la densidad.

Los pasos a seguir serían[3]:

- Calibrar el transmisor inferior para medir desde su toma hasta el máximo nivel con la densidad máxima.

- Calibrar el transmisor superior para medir desde su toma hasta el máximo nivel con la densidad máxima.
- Determinar la densidad mediante

$$\rho = \frac{\text{lectura del transmisor inf.} - \text{lectura del transmisor sup.}}{d \cdot g} \quad (3)$$

Una vez que la densidad ha sido determinada, se puede obtener el valor del nivel mediante

$$h = \frac{\text{lectura del transmisor inferior}}{\rho \cdot g} \quad (4)$$

Donde el valor de  $\rho$  es el calculado en la ecuación (3).

Los cálculos expuestos en este apartado son válidos siempre y cuando se trabaje con depósitos abiertos, de forma que la parte superior del tanque esté a presión atmosférica.

En aquellos casos en que el depósito sea cerrado y la presión por encima del fluido pueda ser negativa o positiva, se deberá hacer la compensación para la presión estática. Esta compensación se puede hacer fácilmente sustituyendo los transmisores de presión manométrica por transmisores de presión diferencial, de forma que una de las tomas de cada uno de los transmisores esté conectada a la parte superior del tanque.

Otra posibilidad para la compensación de la presión estática si se usa la configuración de la figura 3, es añadir un tercer transmisor de presión manométrica que mida la presión en la parte superior del tanque, de forma que a partir de las relaciones entre las salidas de los transmisores, se obtendrían los valores de densidad y nivel del fluido en el tanque.

## 2.3 Medida de la masa y volumen de fluido contenido en un depósito.

El volumen de fluido en un depósito, conociendo el nivel de dicho fluido, es función de la geometría del depósito. Por lo tanto, para obtener el volumen de fluido habrá que implementar la función volumen-nivel.

En cuanto a la masa de fluido contenida en el tanque, una vez conocido el volumen de fluido y su densidad, se obtiene fácilmente la masa de fluido:

$$m = \rho \cdot Vol. \quad (5)$$

## 2.4 Medida de flujo másico.

Uno de los métodos habituales de realizar la medida de flujo másico en la industria, es mediante medidas indirectas, de forma que se mide una presión diferencial o la velocidad del fluido.

Basándose en la medida de la presión diferencial en un sensor de flujo primario con orificio calibrado, se puede obtener el flujo másico en una tubería como [2]:

$$Q_m = k \sqrt{\Delta P \cdot \rho} \quad (6)$$

Donde:

k: Factor de flujo.

$\Delta P$ : Presión diferencial.

$\rho$ : densidad del fluido.

En este caso, se está considerando la densidad constante. En otras aplicaciones, en las cuales se tenga que compensar la variación de densidad debido a la variación de presión y temperatura, además de medir la presión diferencial, habrá que medir la presión estática y la temperatura. Por ejemplo, para la medida de un gas se podría utilizar la siguiente ecuación [2]:

$$Q_m = k \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P_s}{T}} \quad (7)$$

Donde:

$P_s$ : presión estática

T: temperatura.

En aquellos casos en los cuales se desee realizar una compensación dinámica del flujo habrá que tener en cuenta que el factor k de las ecuaciones 6 y 7, no es un valor constante, sino que varía en función de las condiciones del flujo. A través de la medida de la presión diferencial, presión estática y temperatura se pueden obtener los distintos parámetros que influyen en k, como son la densidad, viscosidad, número de Reynolds, coeficiente de descarga, factor de expansión térmica y factor de expansión del gas.

## 3 IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS VIRTUALES EN FOUNDATION FIELDBUS.

### 3.1 Medida de nivel, densidad, volumen y masa de un fluido en un depósito.

En este apartado se mostrará como construir un sensor virtual para obtener las variables mencionadas en base a la medida de presión en distintos puntos de un depósito.

En la figura 4 se muestra el sistema sobre el cual se

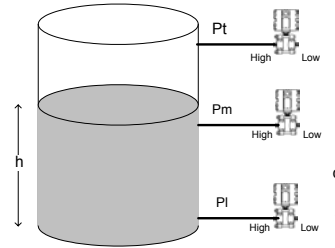


Figura 4

van a medir las variables, configurado con tres transmisores de presión manométrica.

Los bloques de función a utilizar para obtención de las variables son [1]: AI, ARTHM y SGCR.

El bloque AI (Analog Input) procesa la medida del dispositivo de campo y la pone a disposición de otros bloques de función. Los valores de salida del bloque AI están en unidades ingenieriles y tiene un indicador de la validez de la medida.

El bloque ARTHM (Bloque de Función Aritmético) representado en la figura 5 proporciona la posibilidad de configurar diversas funciones aritméticas adicionales para aplicar sobre la variable de entrada.

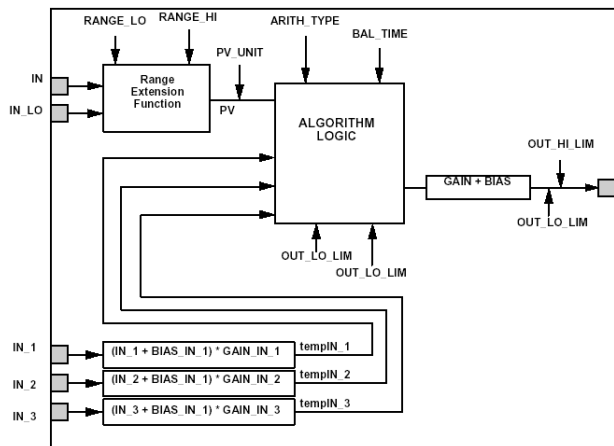


Figura 5

El bloque de función SGCR (Signal Characterizer) que se muestra en la figura 6 aproxima cualquier función que se defina como una relación entrada/salida. La función es definida mediante veinte coordenadas X,Y como máximo.

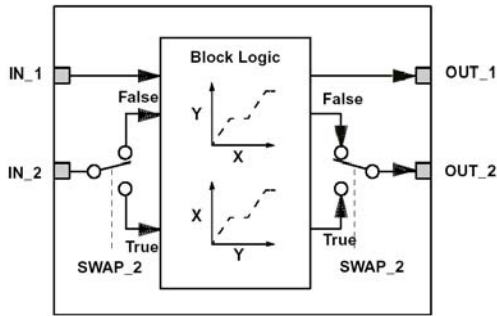


Figura 6

La implementación del sensor virtual se muestra en la figura 7, donde se puede observar que mediante la utilización de los tres módulos mencionados se obtienen las cuatro variables que se pretendía.

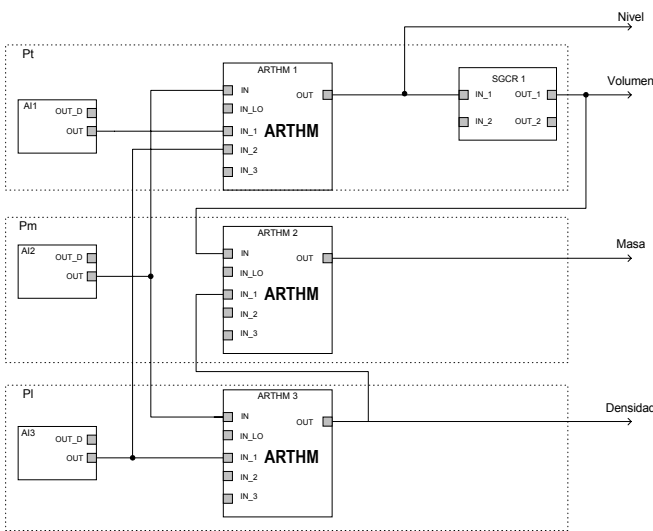


Figura 7

Las salidas de los distintos bloques de función AI nos dan a su salida la presión en las unidades seleccionadas. Con los datos proporcionados por los bloques de función AI, se realizan las operaciones mencionadas en el apartado 2 en los bloques ARTHM. En cada uno de estos bloques se deberá seleccionar la operación aritmética adecuada para obtener las variables deseadas.

El bloque ARTHM 1 se configura como tipo 9 cuya función es:

$$función = \frac{PV - t(1)}{PV - t(2)} \quad (8)$$

Y el valor de ganancia es d (altura entre Pl y Pm);

Una vez obtenido el nivel a la salida del bloque de función ARTHM 1, se utilizará el bloque de función SGR 1 para obtener el volumen de fluido dentro del depósito; con el uso de este módulo se podría linealizar la función de transferencia nivel/volumen en el caso de que no fuese lineal.

El bloque ARTHM 3, se configura como tipo 7, sumador tradicional, y la ganancia será ajustada a  $1/g \cdot d$ , con lo cual se obtiene el valor de la densidad.

Finalmente, ARTHM 2 es configurado como tipo 5, mult/div. tradicional, de forma que a su salida se obtiene la masa de fluido en el depósito.

Las variables obtenidas quedaran disponibles para ser utilizadas en un lazo de regulación, así como para ser leídas por una aplicación o mostradas en un display.

### 3.2 Medida de flujo másico.

Según se ha visto en la sección 2.4, para realizar la medida del flujo másico utilizando como sensor primario un orificio calibrado, y en aquellos casos donde la densidad del fluido tiene variaciones no despreciables y los demás factores se pueden considerar como constantes, es necesario tener el valor de la caída de presión a través del orificio, la presión estática y la temperatura del fluido como se muestra en la figura 8.

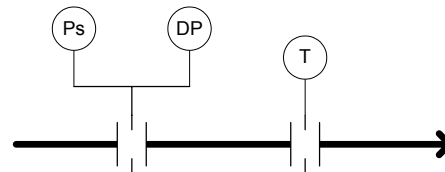


Figura 8

Para la implementación del sensor virtual de flujo másico, que se muestra en la figura 9, se utilizan los bloques de función AI y ARTHM, descritos en el apartado anterior, configurados de modo adecuado.

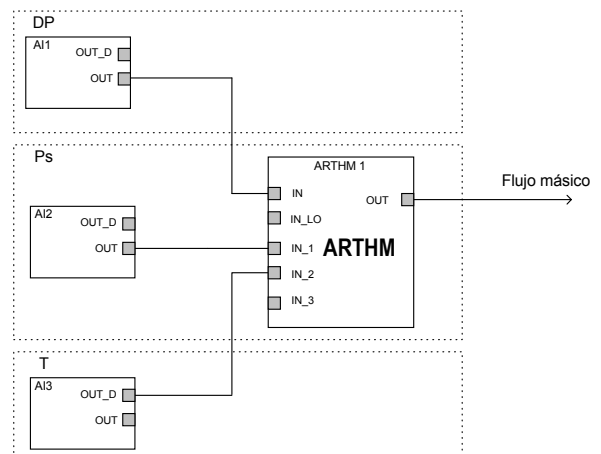


Figura 9

En este caso, a la salida de AI1 y AI3 se tendrán los valores de presión estática y temperatura, mientras que AI2 se configurará para tener la raíz cuadrada de la presión diferencial.

Por otro lado, ARTHM1 se configurará como tipo 2 realizando la operación

$$OUT = PV \cdot \sqrt{\frac{t(1)t(3)}{t(2)}} \cdot Gain + Bias \quad (9)$$

De forma que a la salida se obtiene el flujo másico compensado para variaciones de densidad.

El valor de salida se podría utilizar como entrada de otros bloque de función como puede ser PID para realizar un lazo de control o INT para ser utilizado si interesa realizar una totalización del flujo durante un determinado tiempo.

## 4 CONCLUSIONES

Los algoritmos y técnicas de medida virtuales son susceptibles de ser implementados sobre soporte software y hardware bajo el estándar Foundation Fieldbus, de forma que es posible la realización de diversas medidas a partir de las señales generadas por los sensores primarios, mediante el uso de la programación de bloques funcionales estándar.

Por otro lado, tenemos que son los propios instrumentos de campo los que realizan los cálculos necesarios para obtener las distintas variables del proceso de forma que se pueden utilizar estas variables en la implementación de lazos de regulación y control, todo ello distribuido sobre el propio campo, formado así un verdadero sistema de control multiagente con inteligencia distribuida.

### Referencias

- [1] Foundation Fieldbus Blocks, Rev BA 5/00, 00809-0100-4783, Fisher-Rosemount Inc.
- [2] Streeter, Victor. Mecánica de Fluidos. 1999. McGraw-Hill
- [3] Technical Data Sheet, 00816-0100-3208 Density Measurement. Rosemount-Emerson Process Management
- [4] Technical Data Sheet, 00816-0100-3206 Level Measurement. Fisher-Rosemount Inc.