



Primer control dimensional por el INTI de un tubo Venturi de grandes dimensiones

Iglesias, M.; Piotto, F.; Cogno, J.

INTI- Física y Metrología

Introducción



Medición de error de forma en tubo Venturi

El tubo Venturi se utiliza para medir el caudal de líquidos, gases y vapores. Las características de este dispositivo son su gran exactitud, repetibilidad y baja pérdida de presión; estas propiedades llevan a utilizarlo en aplicaciones con altas tasas de "turn-down" (relación entre valores máximos y mínimos de caudal del orden de 3:1), típicas en líneas de vapor. A su vez es aplicable como medidor de dosificación en procesos industriales o en mediciones ambientales en donde se requiera exactitud para verificar el cumplimiento de la legislación vigente correspondiente al efluente a tratar. Sin lugar a dudas es muy importante su aplicación en las mediciones de grandes consumos y facturación de los mismos, como en el caso de la venta de vapor para uso industrial, garantizando de este modo la transparencia de la transacción.

La División Óptica y Dimensional del Centro INTI-Física y Metrología fue convocada por una central térmica ubicada en la Provincia de Mendoza para detectar y dar solución a los inconvenientes en la medición del caudal de vapor que ésta genera para vender a una

importante refinería de petróleo. Para ello se procedió a la verificación del sistema de medición de vapor, que consistió básicamente en el control dimensional del elemento primario (Tubo Venturi) y de los elementos secundarios (transmisores de presión, de temperatura y computador de flujo).

El objetivo de la medición dimensional fue verificar la coincidencia constructiva del tubo Venturi respecto a la norma ISO 5167-1:1991 (Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices-Part1:Orifice plates, nozzles and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full). Esta norma establece los requisitos de fabricación y metroológicos que debe cumplir el tubo Venturi.

Metodología

Determinaciones metroológicas y etapas de trabajo

Las determinaciones metroológicas requeridas se pueden dividir en dos grandes grupos: de longitud-ángulo y de forma-rugosidad. En el primer caso se realizan determinaciones de diámetros de cañería, garganta y bridas; y ángulo de los conos convergente y divergente (figura 1). En el caso de errores de forma, son aquellos errores geométricos tales como circularidad en distintos planos del cono convergente y rectitud de la generatriz del mismo. La rugosidad es un parámetro que caracteriza la terminación o acabado superficial producto del mecanizado, y que influye en la generación de flujo turbulento y pérdida de presión en el dispositivo.

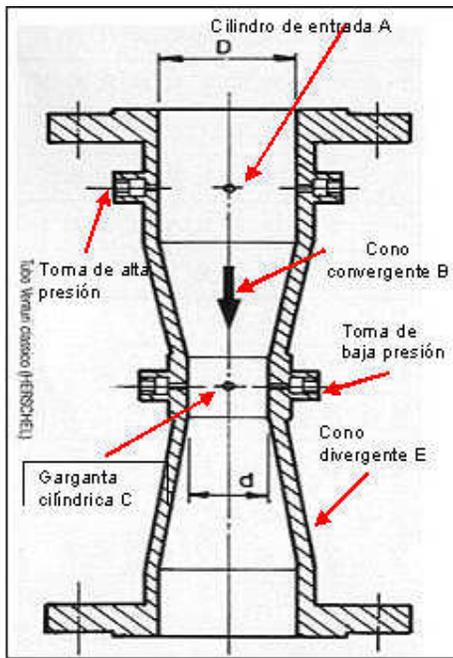


Figura 1: Esquema del tubo Venturi

La implementación de estas determinaciones puede resultar compleja según el tamaño del Venturi. En el caso particular de la central térmica de Mendoza, el Venturi medía 1800 mm de largo, 237 mm de diámetro de garganta y 373 mm de diámetro de cañería. Además estaba ubicado a 5 m de altura por lo cual era dificultoso el acceso, lo que implicó un desmontaje de gran envergadura, como se puede observar en la foto de extracción del tubo de la instalación mediante el uso de grúa. En las demás fotos y en la portada se muestra la medición de diámetro y el control de error de forma por medio de dispositivos auxiliares y sondas.



Extracción del tubo Venturi de la instalación mediante el uso de grúa



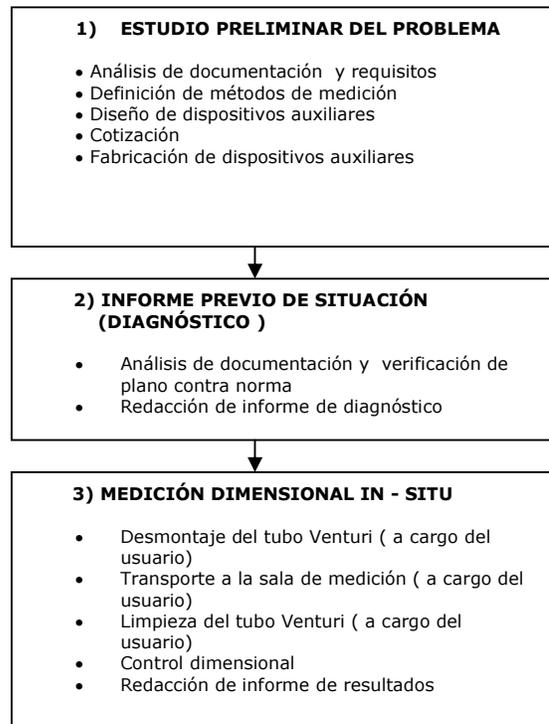
Puesta a punto de dispositivo para la medición de diámetros



Para el control de errores de forma se utilizaron dispositivos especialmente diseñados por el INTI

Cabe destacar, que por necesidad del usuario las mediciones se debían realizar durante la parada de planta, lo que implicaba un corto tiempo de trabajo y una gran coordinación de grupo. En consecuencia el equipo de trabajo viajó de Buenos Aires a Mendoza, comenzando en planta las tareas el 9 de Mayo de 2006 y finalizando el 15 del mismo mes. La verificación dimensional se llevó a cabo a lo largo de dos días.

El trabajo consistió en tres etapas las cuales se pueden observar en el siguiente diagrama de bloques :



Metodología de medición

Los diámetros de los cilindros, de entrada A y el de garganta C, fueron medidos en tres planos a lo largo del eje axial y en seis sectores ubicados entre los orificios de las tomas de presión. Cada cilindro poseía seis orificios en total.

Los diámetros indicados son los obtenidos, como el promedio de las mediciones realizadas en el plano central, que es el que contiene los orificios de las tomas de presión.

Los diámetros de los orificios de las tomas de presión se controlaron por atributos (calibres P/ NP)

Los errores de forma en un plano cualquiera del sector cónico convergente B se midieron en dos planos equiespaciados de los extremos del mismo.

El valor de rugosidad informado es el valor máximo medido.

Para cada valor medido se realizaron varias repeticiones

Resultados

Valor según norma (mm)	Valor promedio medido (mm)	Incertidumbre de la medición ± (mm)
Sector cilíndrico de entrada A (∅ D)		
∅ D medido en el plano central	372,7	0,8
Error de forma del ∅ D respecto al ∅ D promedio medido en el plano central = $0,4\% D \approx 1,5$	Menor a 0,3% D	-----
∅ medido en la Breda	373,0	0,2
∅ medido en el sector de cañería	371,9	0,5
La máxima diferencia entre el ∅ D y el ∅ medido en la cañería no superará los $0,01$ de $D = 3,72$	0,8	-----
La longitud mínima del sector cilíndrico de entrada A deberá ser igual al $\varnothing D = 372,7$	374,0	2,0
La rugosidad Ra del ∅ D	2,2 μm	0,2 μm
La distancia entre el plano que contiene a los orificios de las tomas de presión y el plano unión del cilindro A con el cono convergente B será de $0,5D \pm 0,05D = 186,4 \pm 18,6$	186,0	2,0
Los diámetros de los orificios de las tomas de presión deberán encontrarse entre 4 y 10	7,9 a 8,0	-----

Valor según norma (mm)	Valor promedio medido (mm)	Incertidumbre de la medición ± (mm)
Sector cónico convergente B		
El ángulo deberá estar comprendido entre $21^\circ \pm 1^\circ$	21°	1°
El error de forma del ∅ en un plano cualquiera del sector cónico no debe superar el 0,4 % del ∅ medio medido en dicho sector	Menor a 0,3 % del ∅ medio en los dos planos de medición	-----
El error de forma del perfil cónico a lo largo de su longitud no debe superar el $0,4\% D \approx 1,5$	Menor a 0,3 % D	-----
La rugosidad Ra del cono	1,3 μm	0,1 μm
Largo del cono $2,7(D-d) = 366,0$	363,0	3,0
Sector cilíndrico de garganta C (∅ d)		
∅ d medido en el plano central	237,1	0,1
El error de forma en el cilindro de garganta no debe superar el 0,1 % del valor del ∅ medio medido en el plano central = 0,24	Máximo 0,20	-----
La distancia entre el plano central que contiene a los orificios de las tomas de presión y el plano de unión del cono convergente B con el sector cilíndrico de garganta C será de $0,5d \pm 0,02d = 118,5 \pm 4,7$	123,0	2,0
La rugosidad Ra del ∅ d	1,0 μm	0,1 μm
Los diámetros de los orificios de las tomas de presión deberán encontrarse entre 4 y 10	7,9 a 8,0	-----

Valor según norma (°)	Valor promedio medido (°)	Incertidumbre de la medición ± (°)
Sector cónico divergente E		
El ángulo deberá estar comprendido entre 7° y 15° preferentemente entre 7° y 8°	15°	1°

Las incertidumbres de medición expandidas informadas fueron calculadas multiplicando las incertidumbres estándar combinadas por un factor de cubrimiento $k = 2$ lo cual corresponde a un nivel de confianza aproximado del 95% para una distribución normal.

Condiciones de trabajo

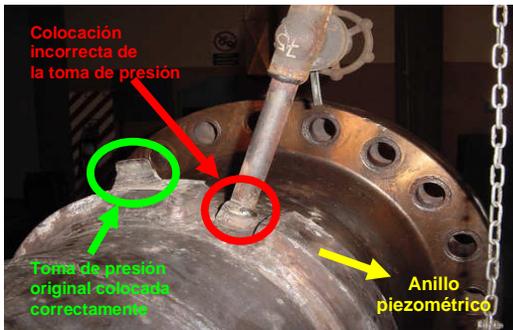
Las mediciones se realizaron in - situ.

Temperatura de medición: $(21 \pm 1)^\circ \text{C}$

Observación

Se detectó durante el proceso de inspección visual previo a la medición que los dos anillos piezométricos, tanto el del cilindro de entrada A, como el del sector de la garganta C, no cumplían con la función de diseño, es decir homogeneizar y promediar la presión en el punto de medición, debido a que la función de los anillos piezométricos fue anulada por corte de un sector de los mismo sobre uno de los orificios y sellando ambos extremos libres de dichos anillos. En ambos casos a los orificios expuesto se los utilizó como tomas de presión .

(Para mas detalle ver fotografía) .



Conclusiones

Como conclusión final, puede decirse que a pesar del corto tiempo de preparación producto de las necesidades del usuario, y siendo la primera vez que se realizaba el control dimensional de un tubo Venturi en la división Óptica y Dimensional de INTI, se logró el objetivo buscado pues los resultados obtenidos fueron los esperados , los métodos de medición seleccionados los adecuados y los dispositivos auxiliares diseñados funcionaron correctamente.

Para mayor información contactarse con Ing. Marcelo Iglesias mji@inti.gov.ar