

**QUANTUM PASCAL: REQUISITOS TÉRMICOS PARA
LA ESTABILIZACIÓN DE 1 mK A 25 °C**

Sergio Moltó¹, Carmen García Izquierdo¹, Dolores del Campo¹, Eusebio Bernabeu²

¹Centro Español de Metrología. Área de Masa y Magnitudes Mecánicas y Área de Termodinámica y Medioambiente.

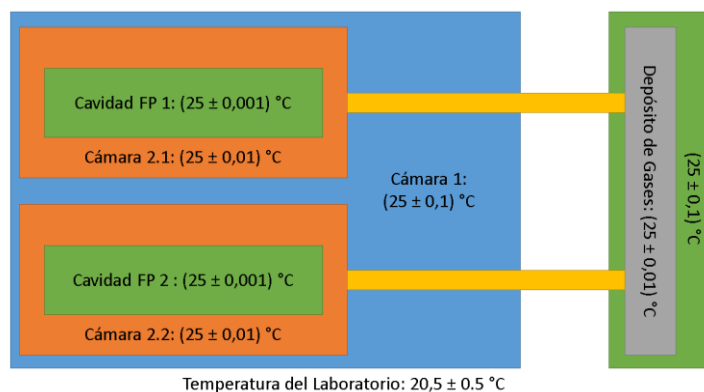
²Universidad Complutense de Madrid

¹Calle Alfar, 2, 28760 Tres Cantos, Madrid

² Avda. Séneca, 2. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid

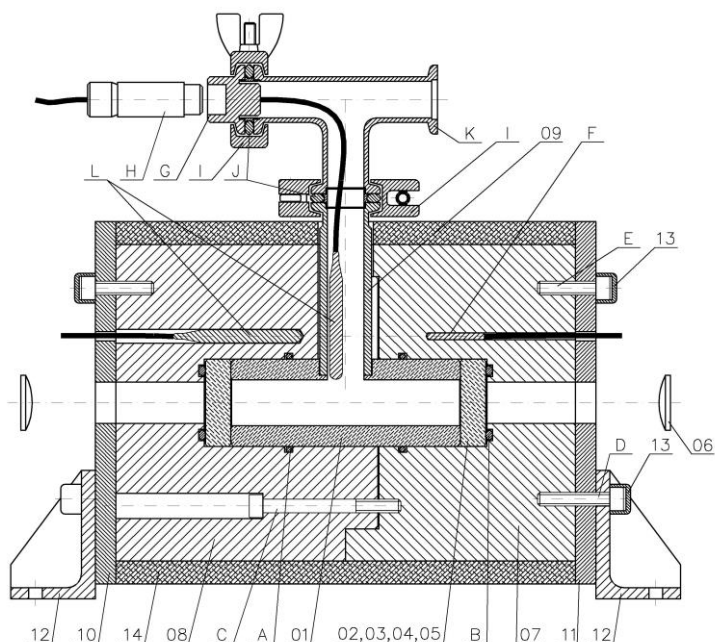
El proyecto Europeo EMPIR Quantum Pascal tiene como objetivo desarrollar patrones de presión basados en efectos cuánticos. Una de las actividades del proyecto Quantum Pascal es utilizar interferómetros Fabry-Perot para la determinación de la presión mediante la medida del índice de refracción de un gas, conociendo la temperatura de dicho gas y utilizando las relaciones formales de Lorentz-Lorenz y de Clausius-Mossotti. Las incertidumbres asociadas a la medida de la temperatura, así como la estabilidad térmica del gas son críticas para unas medidas de presión con unas incertidumbres aceptables. El objetivo de este trabajo es conseguir una estabilidad térmica del gas de 1 mK a 25 °C. Para ello, se ha diseñado el sistema que se explica a continuación.

Para lograr este objetivo se ha diseñado un sistema interferométrico Fabry-Perot compuesto con sistemas de control de temperaturas en distintas fases. Como se puede observar en la imagen, en la primera fase se efectúa una pre-estabilización térmica de todos los componentes del sistema a $(25 \pm 0,1)$ °C. En este recinto inicial se alojan dos cámaras (cada una conteniendo una cavidad que alberga el dispositivo interferométrico) con un control de temperatura de $(25 \pm 0,01)$ °C. Las cavidades que contienen cada uno de los sistemas interferómetros tienen un control de temperatura de $(25 \pm 0,001)$ °C. Además, para atenuar la influencia térmica por entrada de gases a temperatura de laboratorio ($20 \pm 0,5$ °C) en la(s) cavidad(es), se ha dispuesto un reservorio de gases – Ecuilibrador de temperatura del gas – donde se pretende estabilizar previamente la temperatura del gas a $(25 \pm 0,01)$ °C.



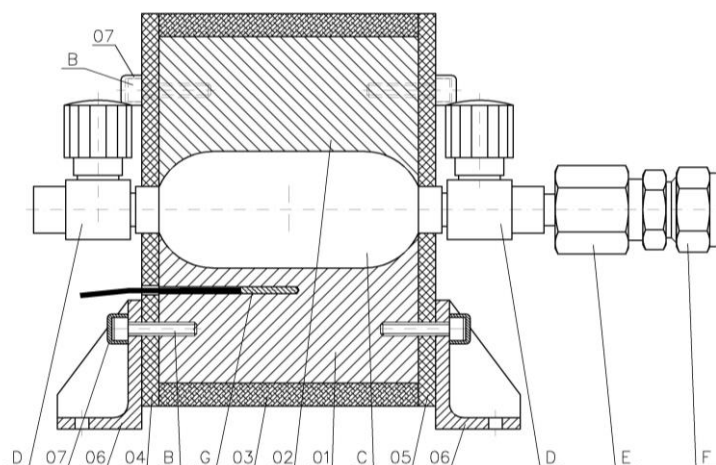
Además de conseguir una muy buena estabilidad térmica del gas, es necesario determinar su temperatura con una incertidumbre de 3 mK, lo que se realiza mediante termómetros de resistencia de platino de tipo cápsula Pt-25 alojados en el contenedor de cobre que contiene la cavidad óptica Fabry-Perot. En las siguientes imágenes, se muestran los planos de la cavidad

Fabry-Perot dual:



En las anteriores imágenes puede observarse el sistema de control y medida de temperatura. El sistema de control de temperatura se realiza mediante un termómetro de resistencia de platino, Pt-100. La medida de temperatura se realiza mediante dos termómetros de resistencia de platino de tipo cápsula, Pt-25, uno de ellos alojado en la camisa de cobre y el otro en el tubo de admisión de gases. Ambos termómetros se calibrarán previamente en los puntos fijos del agua y del galio y con trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990.

Para el ecalizador se utilizó un diseño similar, una camisa de cobre envuelta en un calentador flexible. En las siguientes imágenes se puede observar el diseño del ecalizador de gases y sus componentes:



El control de temperatura del ecalizador de gases se realiza mediante un termómetro Pt-100

situada dentro de la camisa de cobre.

El dimensionado mecánico de las camisas de cobre responde a trabajos preliminares llevados a cabo por simulación numérica de transferencia de calor por elementos finitos tanto para la camisa de cobre que envuelve la cavidad Fabry-Perot dual como para el ecualizador de gases. Esta simulación previa fue decisiva en la determinación del espesor óptimo para la longitud adecuada a las prestaciones requeridas de ambos formatos. La estimación de consumos en los bucles térmicos que actúan sobre los elementos calefactores en las tres etapas y el análisis de aislamientos térmicos en las etapas 1 y 2 se realizó con apoyo del software 2D Energy.