

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022 Pág. 1 de 14

INDICE

1. OBJETIVO
2. PLANTEO DEL PROBLEMA
3. RESOLUCIÓN
4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA
5. ARCHIVOS AUXILIARES
6. HISTORIAL DE CAMBIOS

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Nombre: FABIO MARANO Ayudante de 1º	Nombre: NICOLÁS GUILLERMO COPPOLECCHIA JTP	Nombre: PABLO CARÓN DIRECTOR
Fecha: 12/09/2022	Fecha: 12/09/2022	Fecha: 12/09/2022

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 2 de 14

1. OBJETIVO

En este documento se detalla el desarrollo de un nuevo adquirente de presiones a partir de la actualización de firmware, hardware y software del anterior sistema denominado SAP.

2. PLANTEO DEL PROBLEMA

Durante el año 2019 se detectaron problemas en el funcionamiento del equipo SAP. Estas fallas se daban de forma aleatoria apareciendo tanto en ensayos de corta duración como en mediciones largas.

Los errores aparecían principalmente como un corrimiento de cero y un aumento desmedido de la desviación estándar en las mediciones.

Luego de la pandemia, al volver al ámbito presencial se realizó un análisis del estado del sistema.

2.1. Análisis de estado del sistema

Desde el punto de vista del hardware, el equipo presentaba un estado de corrosión/oxidación en los circuitos impresos que lo componen debido al proceso artesanal en su manufactura.

La conexión entre las placas de sensor y placa colectora mostraban deterioro en sus contactos.

Se detectó un funcionamiento inestable, que debido al tipo de manufactura artesanal con el que se desarrolló el dispositivo es poco factible su reparación.

Desde el punto de vista del software, se detectaron problemas en la versión instalada en la computadora del laboratorio debido a la existencia de archivos temporales que generaba el propio software.

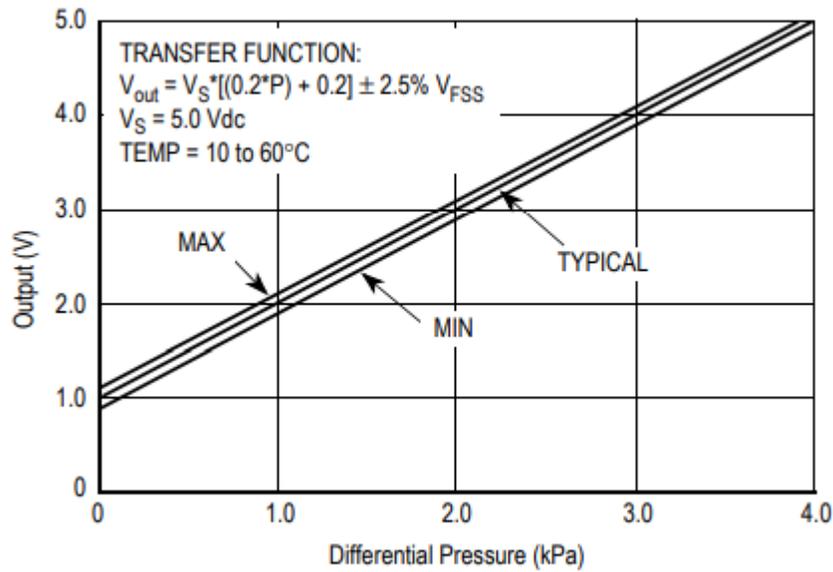
Este software desarrollado en Visual Basic se encargaba de medir durante un determinado tiempo, guardar en archivos, calibrar sondas y sincronizar con motores paso a paso.

2.2. Evaluación del Sensor Actual

El sensor MPXV5004DP es un transductor piezoeléctrico de presión diferencial con un rango de 0 a 3920Pa.

La tensión de salida es proporcional a la diferencia de presión a la entrada según la siguiente transferencia

 Laboratorio de Aerodinámica y Fluidos UTN F.R.H.	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 3 de 14



Esta transferencia es válida si tomamos el estado de presión diferencial cero y lo usamos como auto cero del sistema. Esto nos permite mantener el error a +/-1.5%FSS (menor a 1kPa) y +/-2.5% FSS (entre 1kPa y 4kPa) según el documento AN1636.

Suponiendo fondo de escala de 1kPa, el error de clase declarado por el fabricante será +/- 15Pa

Para calcular el valor de presión en función de la tensión de salida (V_{out}) debemos despejar de la transferencia la variable P dando lugar a la siguiente ecuación:

$$P = \left(\frac{V_{out}}{V_s} \times 0.2 \right) - 1$$

De esta forma vemos que V_s (alimentación del sensor) forma parte de la transferencia y queda claro que no podemos suponer que su valor es siempre 5V exactos durante todo el proceso de medición.

2.3. Análisis de ventajas y desventajas

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 4 de 14

Debido al estado en el que se encuentra el dispositivo se procedió a analizar cuál sería la mejor estrategia para recuperar la posibilidad de medir presiones de manera confiable y con un error conocido.

Se planteo como desventaja tener un solo equipo con 32 tomas de presión y que sea un sistema cerrado no escalable. El dispositivo, con la configuración actual, fue diseñado para priorizar la velocidad al medir los distintos canales. Esto genera una complicación desde el punto de vista del hardware y el fenómeno de medición es principalmente lento.

Se planteo como desventaja tener un software de adquisición cerrado cuyos resultados están parcialmente procesados y además el mismo debe ocuparse de generar una calibración de sondas y sincronización de sistemas de motores. El software se volvió sumamente complejo en un lenguaje obsoleto.

Se planteo como desventaja el rango y la precisión del sensor utilizado (MPXV5004DP FSS 4kPa +/-2.5% error) pero se tomó como ventaja el hecho de tener 10 sensores en stock frente al problema de semiconductores mundial, el alto costo de los sensores y los clásicos problemas con el tipo de cambio.

Se analizaron distintos sensores para poder mejorar la performance del equipo en cuanto a resolución e incertidumbre llegando a la conclusión de que para tener una mejora significativa deberíamos invertir u\$s100 FOB por sensor, aproximadamente u\$s220 en el ámbito local.

3. SOLUCIÓN PLANTEADA

Se planteó desarrollar un rack de medición escalable con un ADC de 16bits integrado que permite la comunicación por protocolo I2C. De esta forma la adquisición se podrá realizar con cualquier plataforma de adquisición elegida por docentes, investigadores o alumnos.

Se deberá desarrollar un medio de adquisición para hacerse de los datos de medición y luego se post procesarán con una plataforma acorde a la complejidad de la medición

De esta forma dejamos la arquitectura de medición abierta para que el usuario elija con que placa de adquisición quiere trabajar (Arduino, Raspberry, adquisición propietaria, etc..) y procesar los resultados a través de Excel, Python, Paraview, etc.

Cada rack constará de 3 sensores de presión conectado a un canal del conversor analógico - digital. También se medirá la tensión de alimentación de cada cadena de sensores para convertir tensión en presión en el post procesamiento.

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 5 de 14

El rack será escalable hasta 4 módulos por bus I2C dando la posibilidad de tener 12 sensores por port. Usualmente las adquisiciones modernas tienen 3 ports disponibles, dando 36 canales y 12 adcs.

3.1. Elección de Adc

Se eligió el ADS1115 de *Texas Instruments* que tiene las siguientes características:

- sigma-delta de 16bits
- 4 canales
- 860sps max
- PGA configurable
- referencia de tensión interna
- Comunicación I2C

El PGA nos permite configurar el valor de fondo de escala con el que vamos a trabajar y este define el mínimo valor de tensión por cuenta de ADC. Al trabajar con 4.096V el valor del LSB será de 125uV. Esto representaría 0.125Pa para la transferencia de nuestro sensor, si el margen de error los permitiera.

Con el ADS1115 tenemos más bits de resolución de lo necesario, pero está disponible en plaza y su velocidad nos permite trabajar con el fenómeno de medición ya que el mismo es lento.

3.2. Diseño de Hardware

Se diseñó un circuito impreso basado en el ADC ADS1115 y el sensor ya utilizado por el laboratorio MPXV5004DP

El mismo se fabricó en *PCBWay* y se ensambló por personal del laboratorio de forma manual



Laboratorio
de Aerodinámica
y Fluidos
UTN F.R.H.

DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO

REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY

REG-DMM-130

Revisión 00

12/09/2022

Pág. 6 de 14

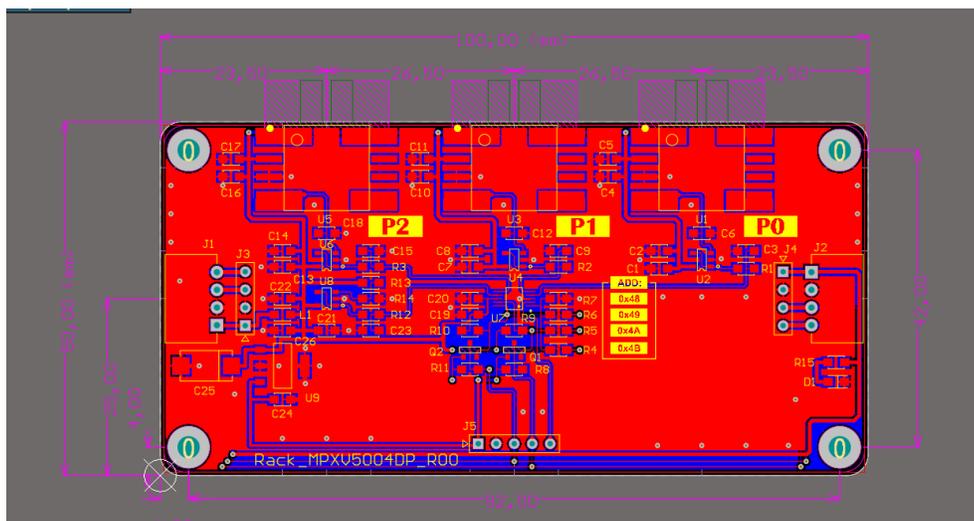


Figura 1 – PCB - Rack de 3 Sensores 2D

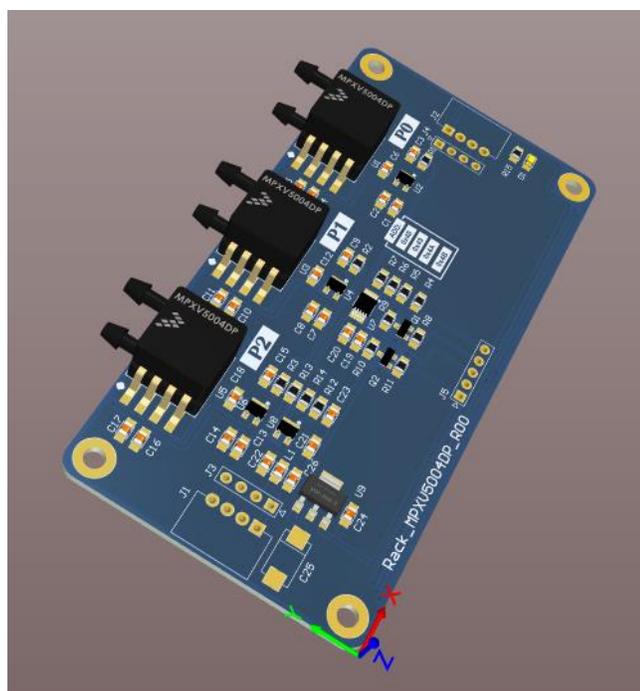


Figura 2 – PCB - Rack de 3 Sensores 3D

 <p>Laboratorio de Aerodinámica y Fluidos UTN F.R.H.</p>	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM-130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 7 de 14

Se construyó un rack de 9 sensores, es decir, 3 placas de 3 sensores en paralelo



Figura 3 – Circuito Impreso Montado -Vista Frontal



Figura 4 – Circuito Impreso Montado -Vista Posterior

3.3 Plataforma de Adquisición

Se utilizó como placa de adquisición una placa de desarrollo NUCLEO-F401 de marca ST *MicroElectronics*. La misma cuenta con un microcontrolador de 32bits - STM32F401.

Se escribió driver para el uso del ADC por I2C en lenguaje C y desarrollo una aplicación que recibe comandos por uart y devuelve los valores medidos.

Para desarrollar este firmware se utilizó STM32CUBE IDE por simplicidad y corto tiempo de desarrollo en función de la capacidad de los integrantes del laboratorio, pero podría haberse utilizado cualquier dispositivo con I2C. Por ejemplo, Arduino.

 <p>Laboratorio de Aerodinámica y Fluidos UTN F.R.H.</p>	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM-130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 8 de 14

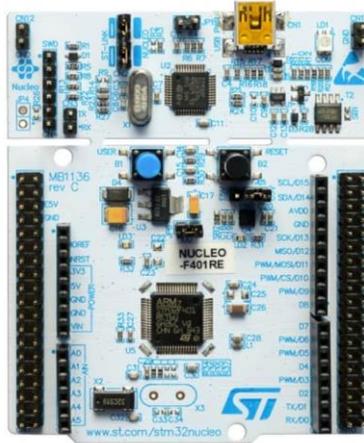


Figura 5 – Placa Núcleo -F401

Para operar la placa de adquisición y recoger los datos en archivos para el post procesamiento se escribió una solución en Visual C# a modo de panel de control. El objetivo de ese software es enviar comandos de medición, elegir sensores y cantidad de muestras a tomar por sensor.

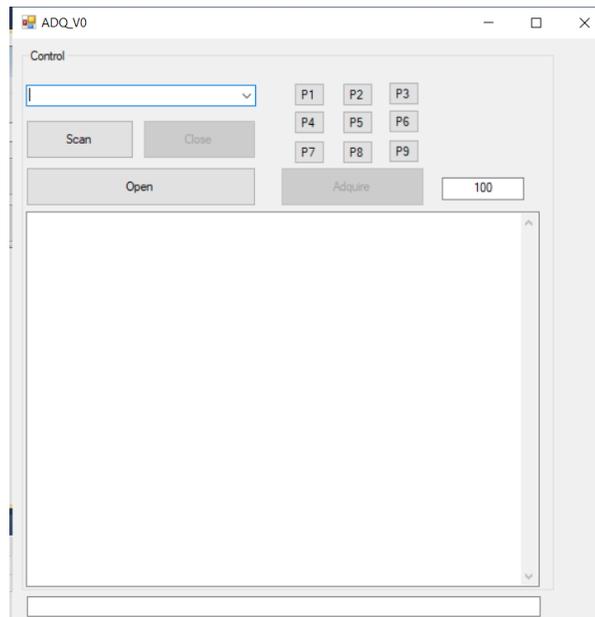


Figura 6 – Panel de Control

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 9 de 14

- Este software se comunica con la placa de adquisición NucleoF401 utilizando los comandos descritos en el documento “INS-GOP-- 124 SAPY - COMUNICACIÓN ADQ CON NÚCLEO F401_Rev00.pdf”

El resultado de cada medición se guardará en un archivo csv que contará con el valor de tensión detectado por cada sensor y el valor de alimentación de dicho sensor.

Estos archivos se post procesarán para encontrar el valor de presión y la incertidumbre de la medición.

Extracto de archivo de medición:

>M;1;1,2246;1,2245;1,2271;1,2276;1,2245<

5 valores de medición del canal 1

>V;1;5,0685;5,0697;5,0700;5,0705;5,0712<

5 valores de tensión de alimentación del sensor 1, uno por cada medición

#

Fin de archivo

 <p>Laboratorio de Aerodinámica y Fluidos UTN F.R.H.</p>	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 10 de 14

3.4 Diseño mecánico

Se plantea el diseño de un gabinete utilizando la plataforma *OnShape* para contener el rack de sensores y tomas de presión para minimizar las pérdidas.

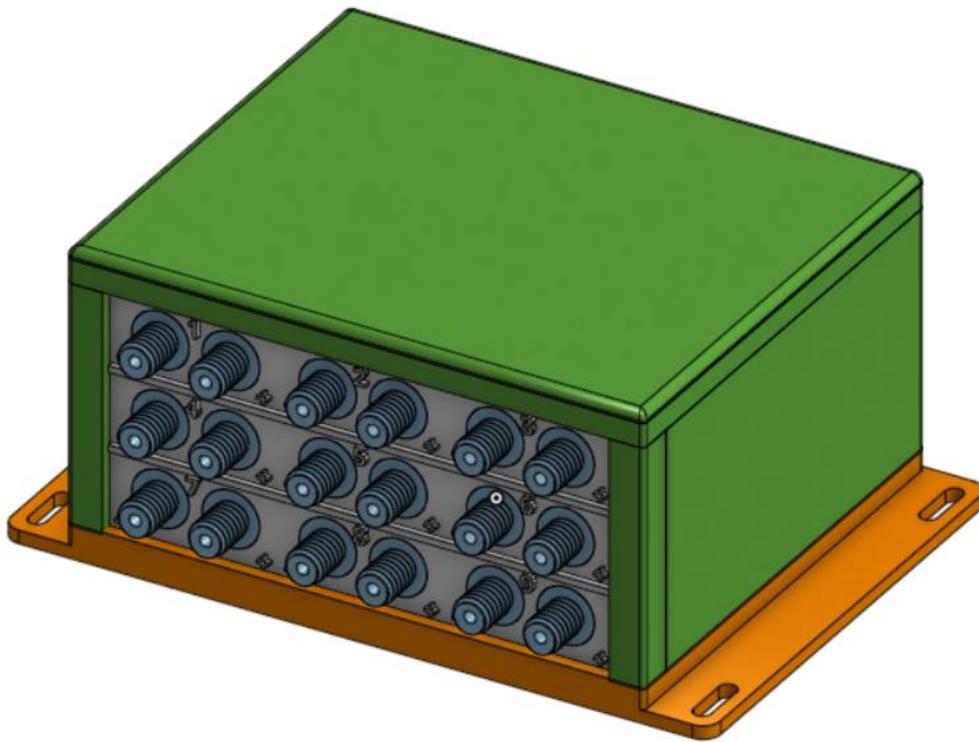


Figura 7 – Gabinete Ensamblado

Dicho diseño se pensó para fabricarlo utilizando impresión 3D de plástico y consta de varias piezas.

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 11 de 14

3.5 Frente con orificios para tomas de presión

Tiene marcas numeradas y marcas (+/-) para identificar el signo de la toma

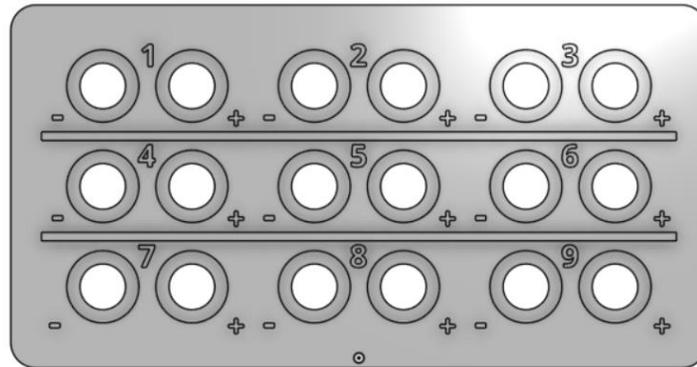


Figura 8 – Frente de Gabinete

3.6 Base de Gabinete con torretas para sujeción del rack de sensores



Figura 9 – Base de Gabinete

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 12 de 14

3.7 Tapa de Gabinete

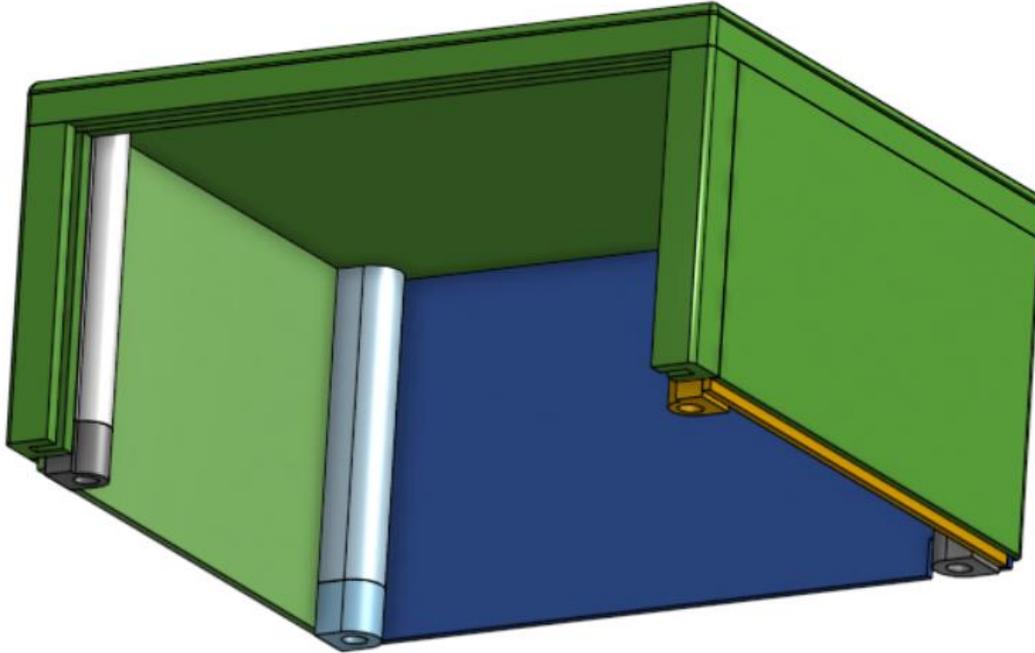


Figura 10 – Tapa de Gabinete

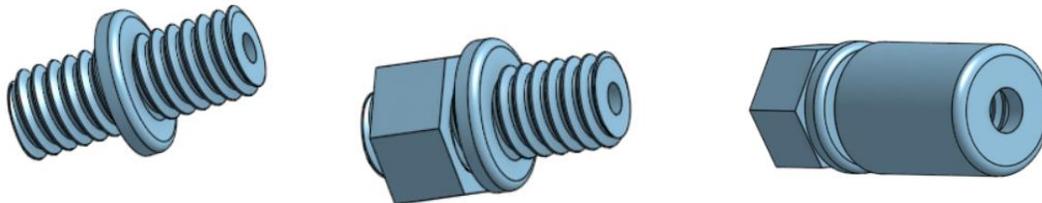


Figura 11 – Tomas de presión

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 13 de 14

4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

- Página informativa <https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f401re.html>
- Datasheet ADC <https://www.ti.com/lit/gpn/ads1115>
- Data Sheet del sensor. <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPXV5004G.pdf>
- INS-GOP-- 124 SAPY - COMUNICACIÓN ADQ CON NÚCLEO F401_Rev00.pdf
- Nota de aplicación AN1636 “Implementing Auto-Zero for Integrated Pressure Sensors” <https://www.nxp.com/docs/en/application-note/AN1636.pdf>

5.ARCHIVOS AUXILIARES

- ACU-DMM-- 129 NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES – SAPY_Rev00.docx
- ACU-DMM-- 125 SAPY - APP PARA PC_Rev00.zip
- ACU-DMM-- 126 FIRMWARE MPX5004 2022_Rev00.zip
- ACU-DMM-- 127 SAPY - PCB MPXV5004DP_R00_Rev00.rar
- ACU-DMM-- 128 SAPY - GABINETE 2022_Rev00.zip

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--130
	REGISTRO NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PRESIONES - SAPY	Revisión 00
		12/09/2022
		Pág. 14 de 14

6.HISTORIAL DE CAMBIOS

Revisión	Descripción del Cambio	Nombre/Cargo solicita cambio	quien	Fecha Aprobación