

# 157\_1 Implementación de un sensor óptico de concentración de CO2 atmosférico basado en espectroscopía láser de diodo sintonizable



**Autor: Dr. Julián Rodríguez Ferreira - Profesor UIS**

Co-autor/ presentador

Ing. Leandro Sebasthyan Rojas Rodríguez

Maestría en Ingeniería Electrónica

Universidad Industrial de Santander, Grupo CEMOS



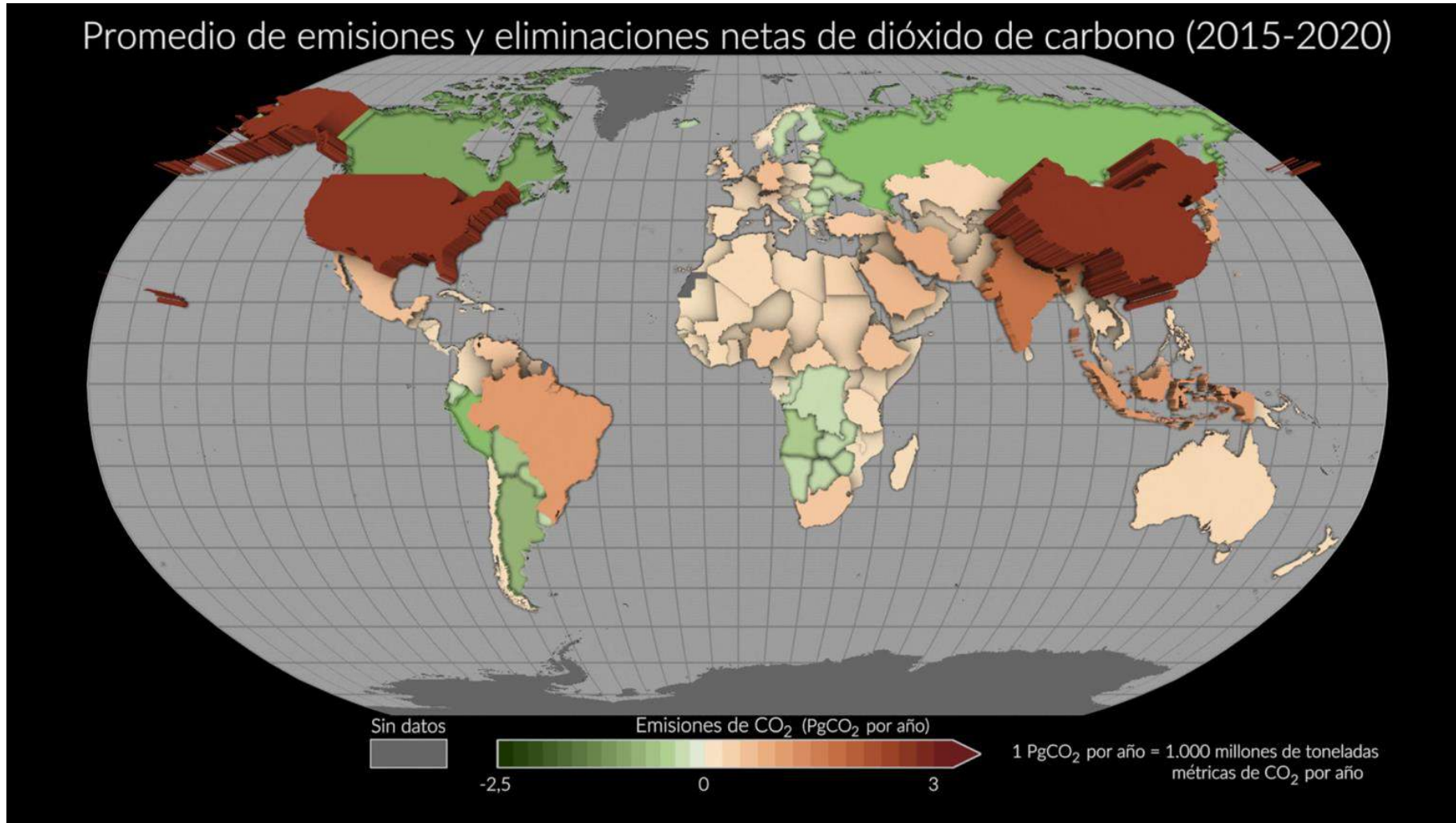
## ■ Agenda

---

- Contexto
- Misión E3Tratos
- Sensor de CO2
- Resultados
- Conclusiones



## Contexto

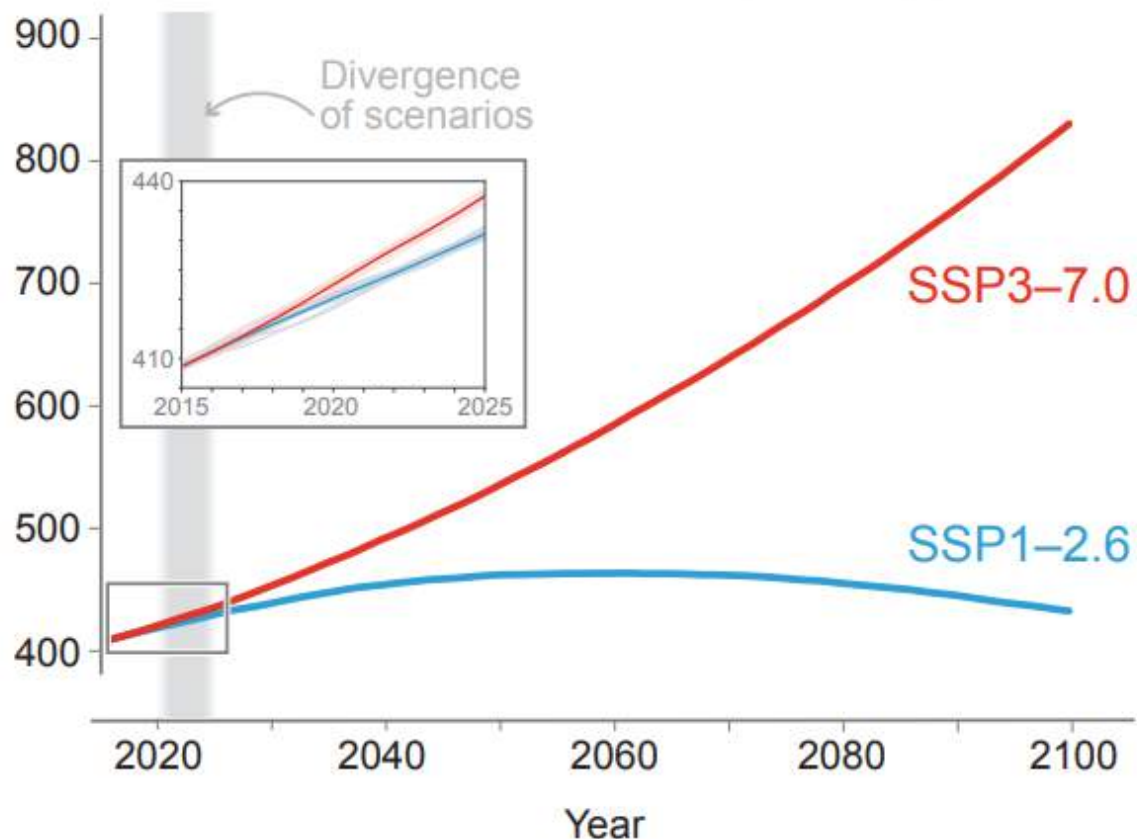


Fuente: Estudio de Visualización Científica de la NASA

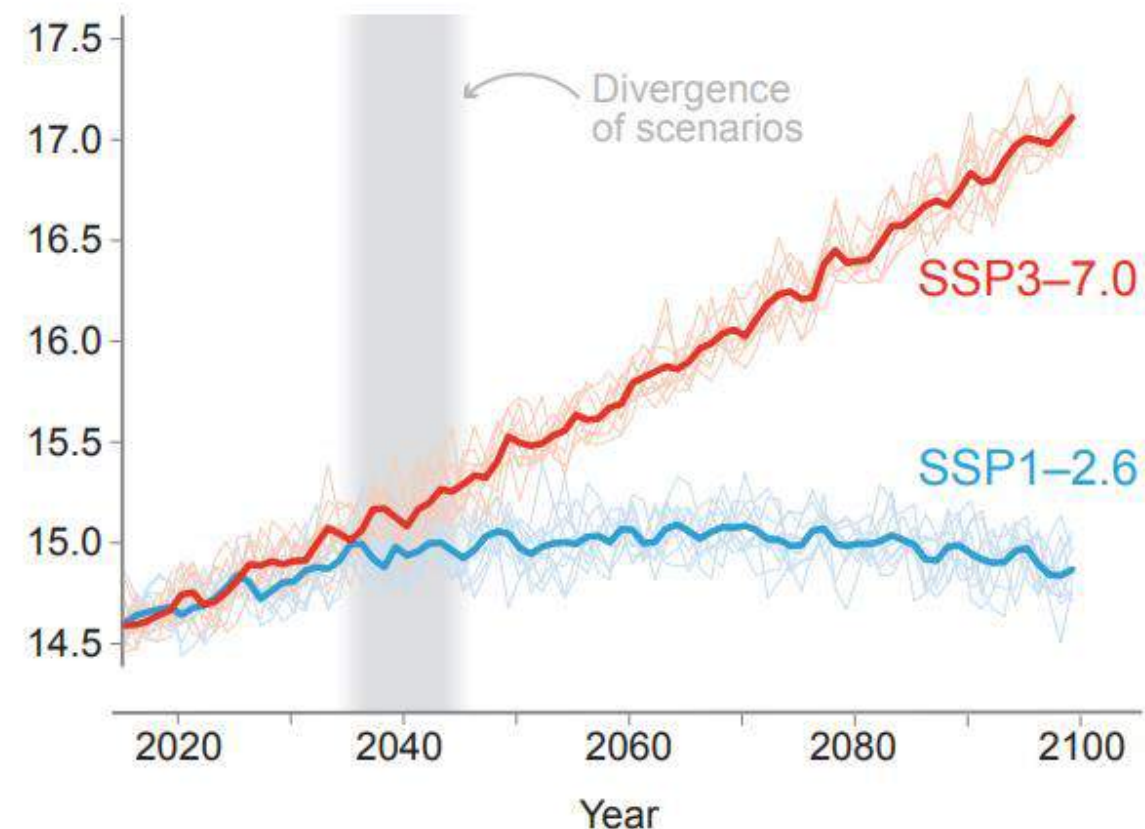


## Contexto

### CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere (ppm)



### Global surface temperature (°C)





## Contexto



Costo: bajo  
Código abierto  
Mediciones al nivel del suelo



Costo: medio  
No es código abierto  
Mediciones Atmosféricas



**VAISALA**

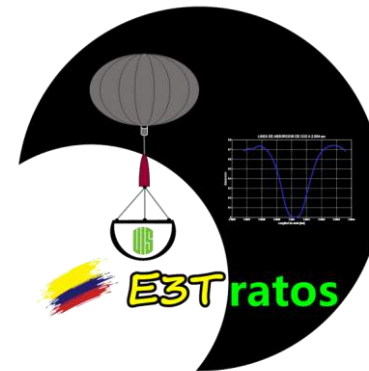
Costo: alto  
No es código abierto  
Mediciones Atmosféricas



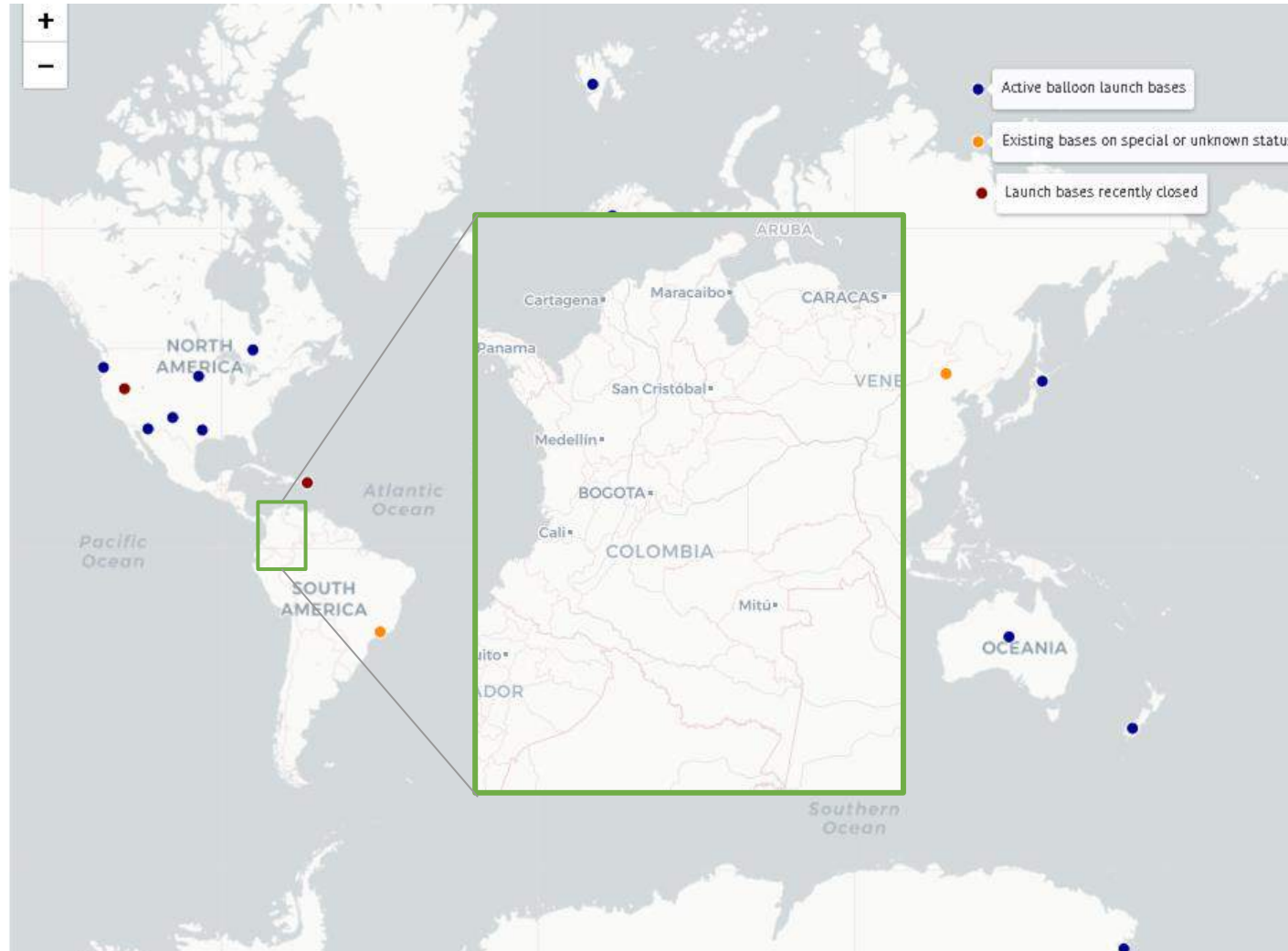
## Misión E3Tratos

E3Tratos tiene como objetivos principales:

- Construir un perfil atmosférico del área metropolitana de Bucaramanga, Santander.
- Monitorear la calidad del aire a partir del sensado de distintos compuestos, principalmente el CO<sub>2</sub>.



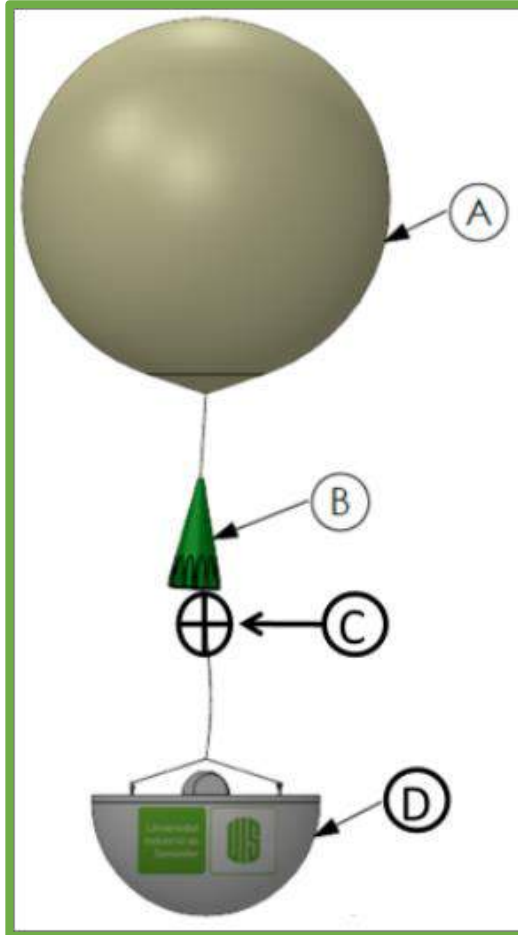
# Misión E3Tratos



Fuente: <https://stratocat.com.ar/bases/index.html>



# Misión E3Tratos



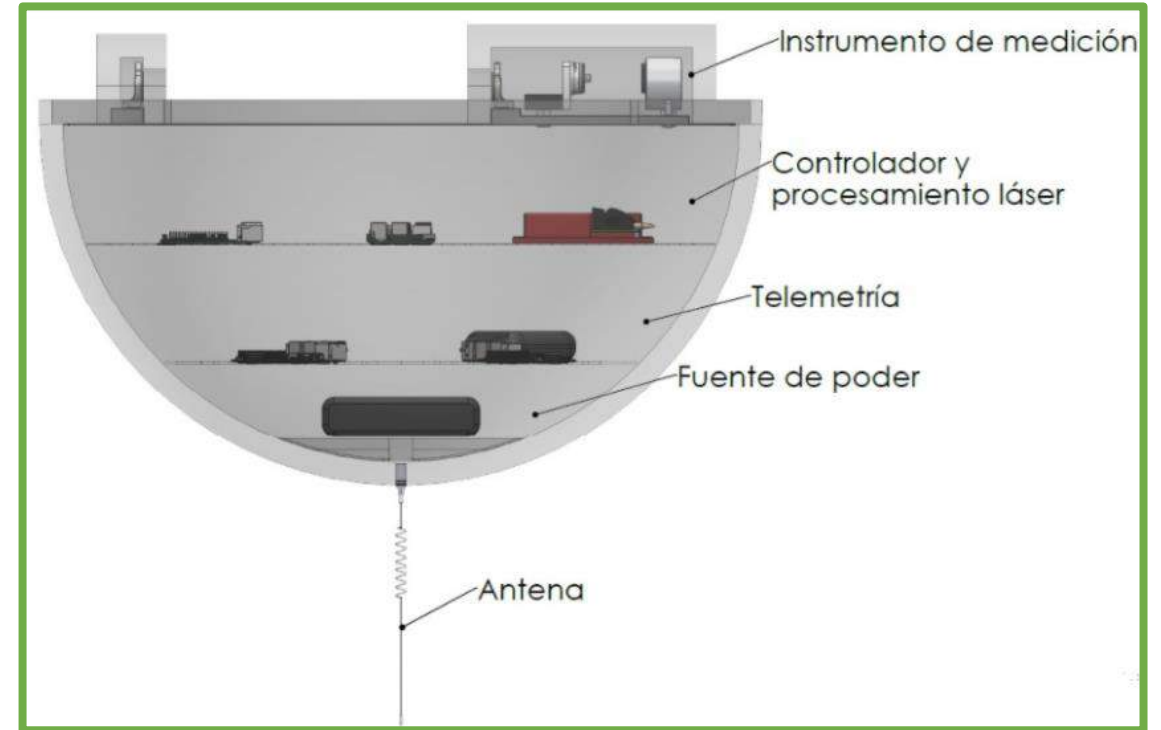
Globo sonda E3Tratos

A → Globo de látex

B → Sistema de descenso

C → Reflector radar

D → Góndola

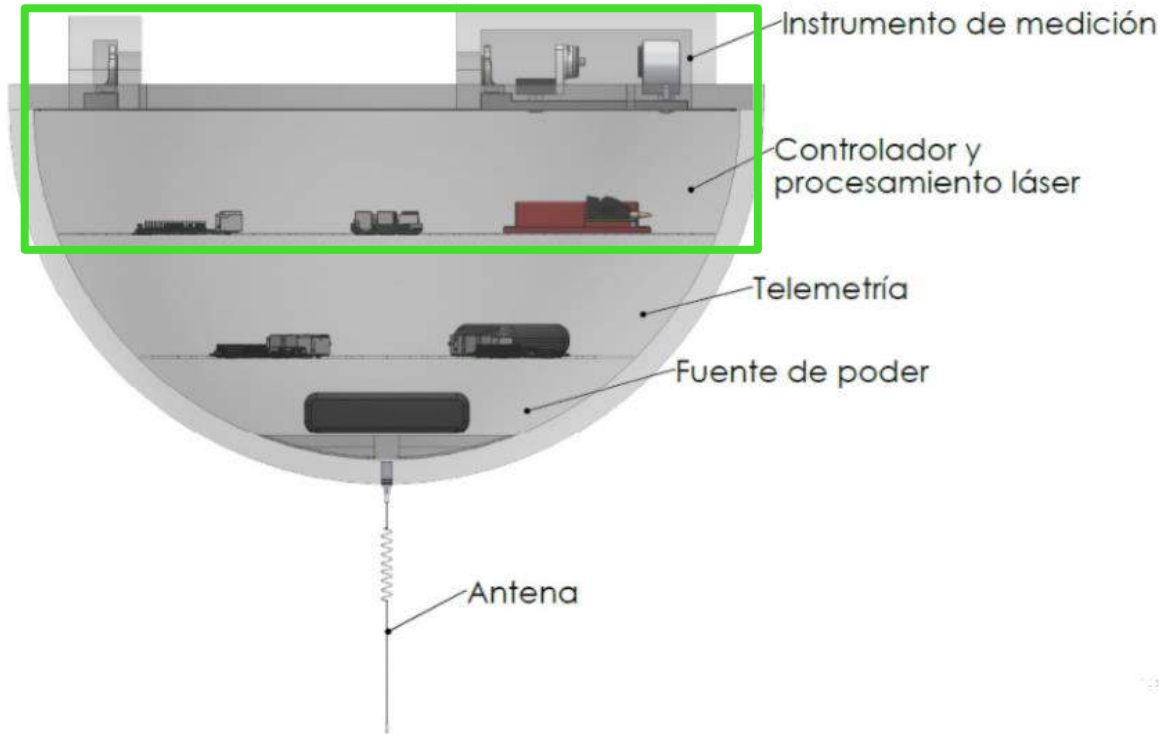


Diseño de la góndola





# Misión E3Tratos



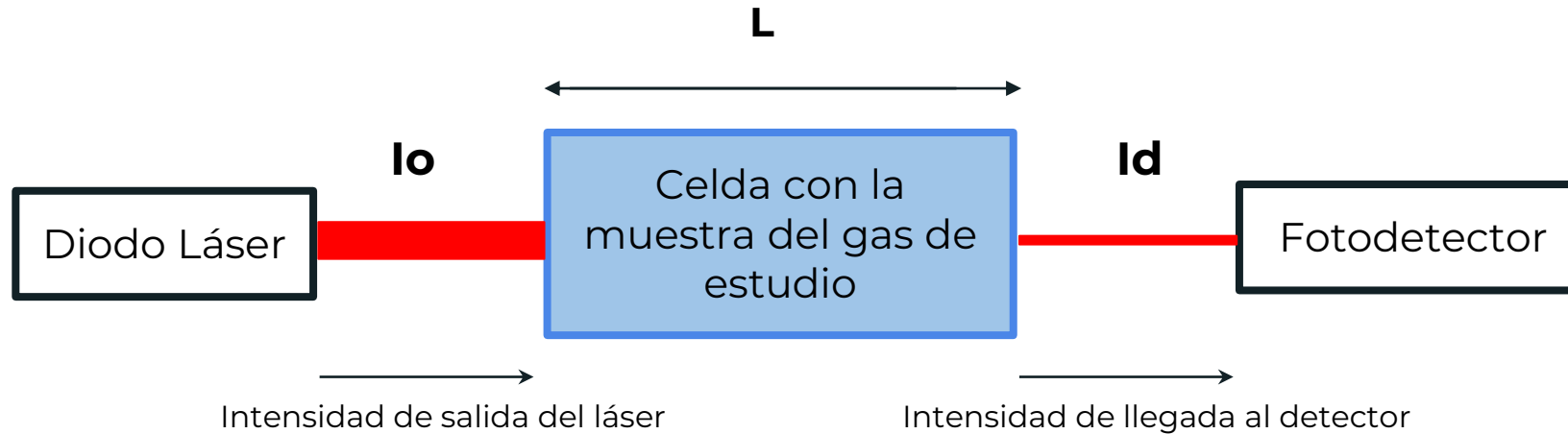
Diseño de la góndola

Instrumento principal:

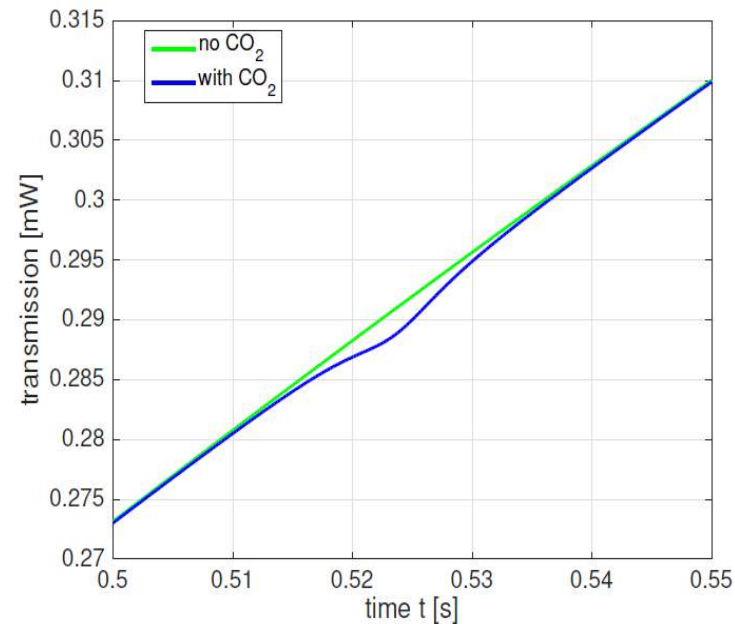
**Sensor de CO2 atmosférico**



# Sensor de CO2



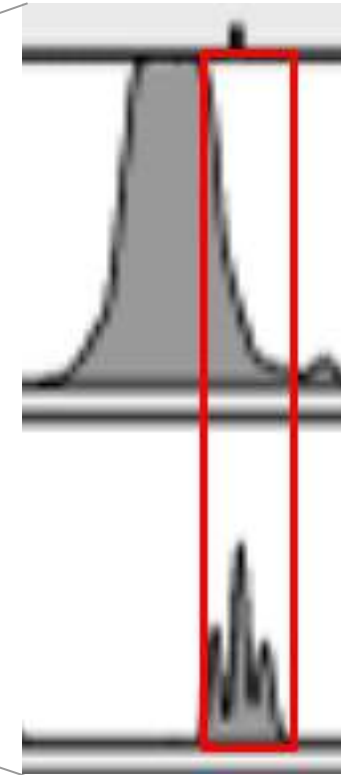
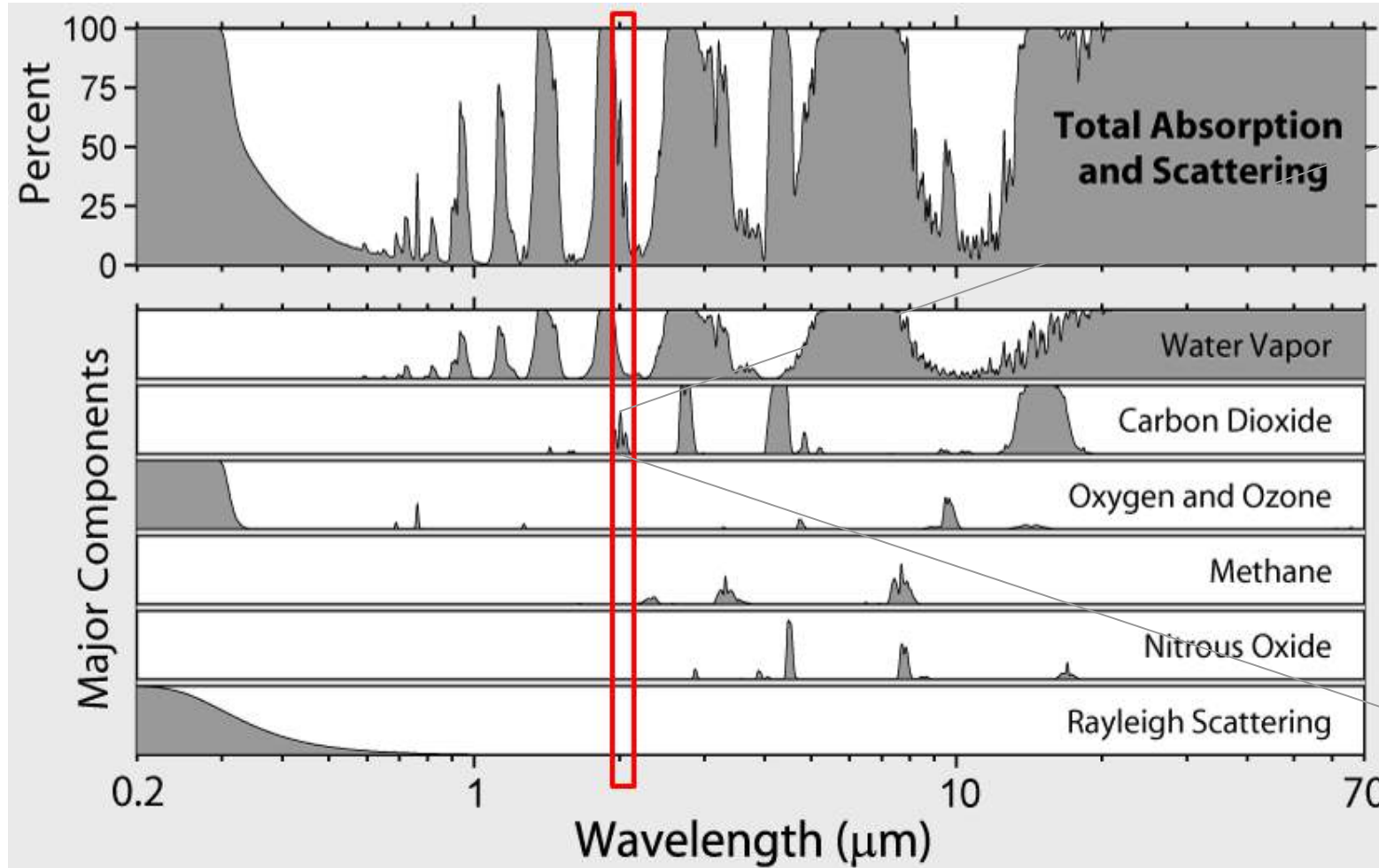
TDLS: Tunable Diode Laser Spectroscopy



Atenuación de la intensidad producto del CO2



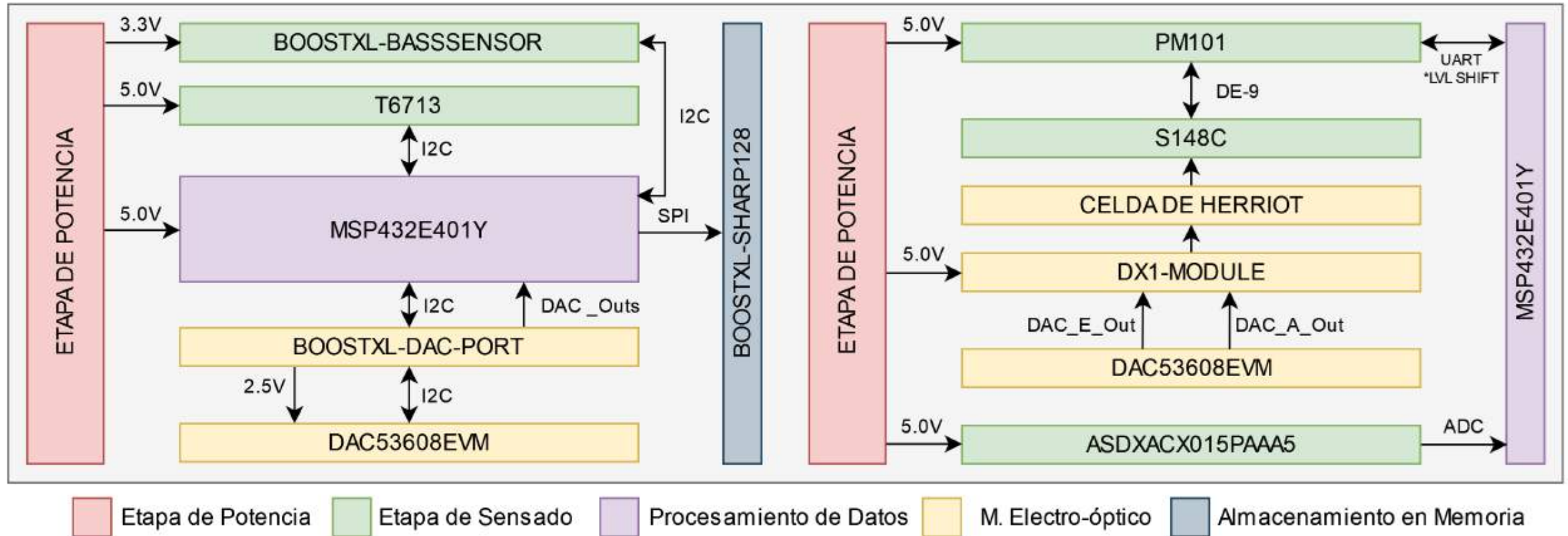
# Sensor de CO2



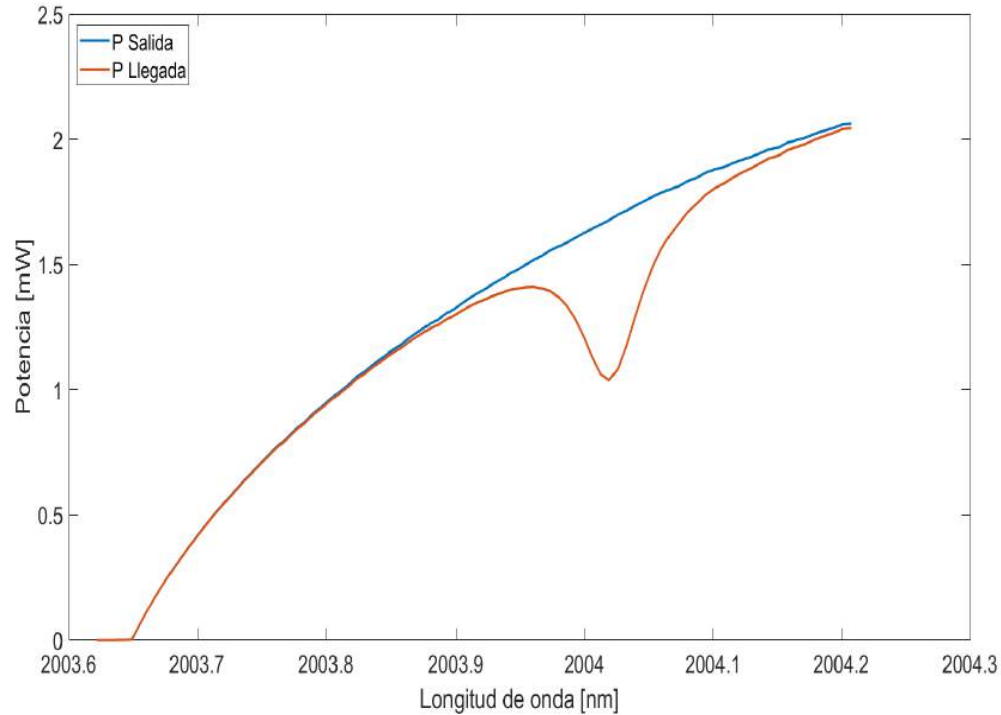
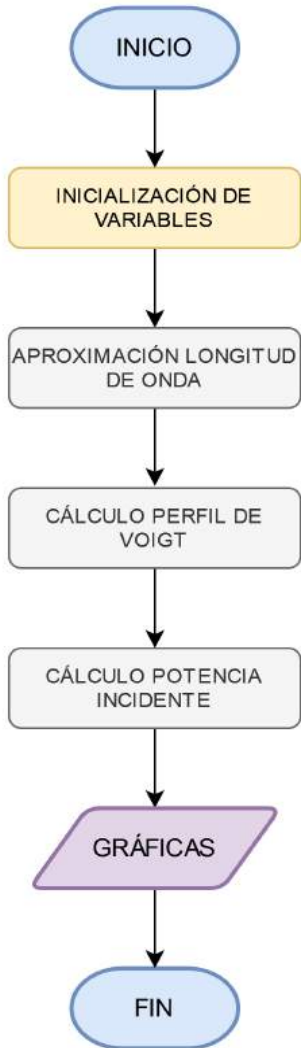
Banda absorción CO2



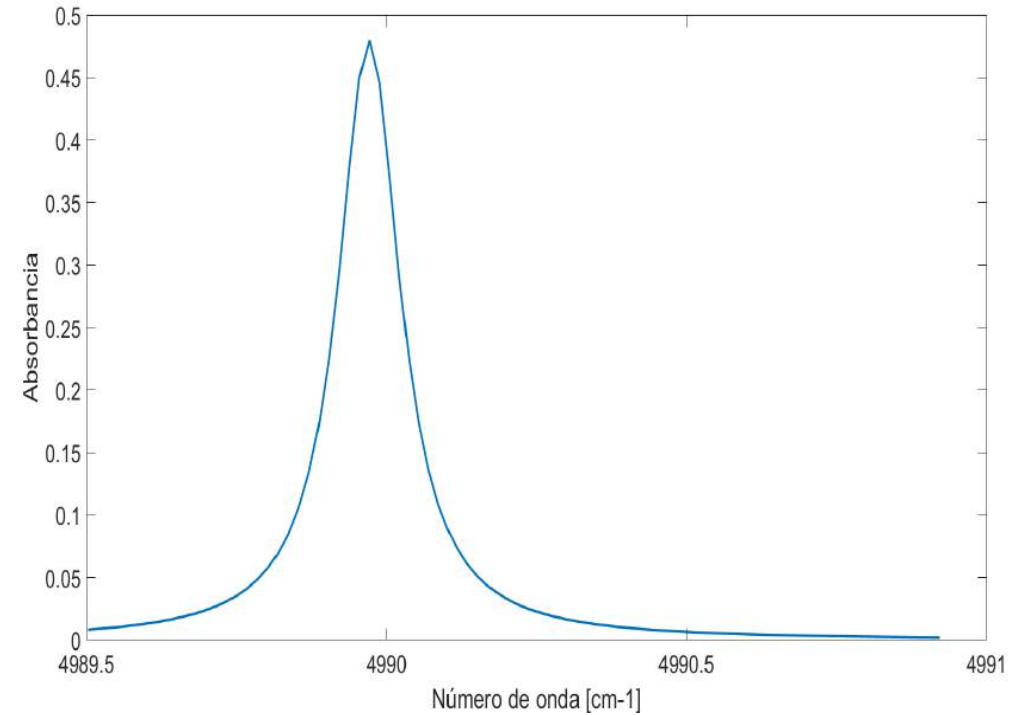
# Sensor de CO2



# Sensor de CO2



Curva de potencias vs longitud de onda (Simulación)



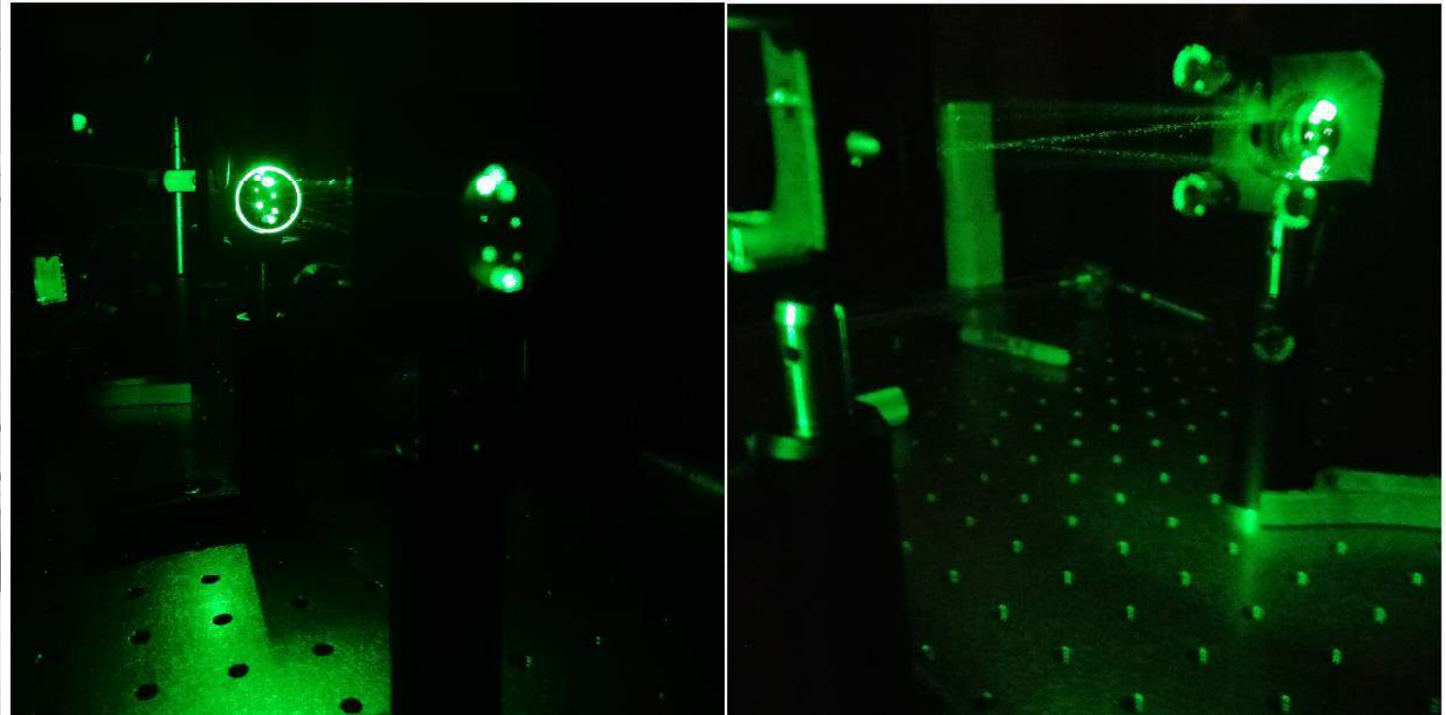
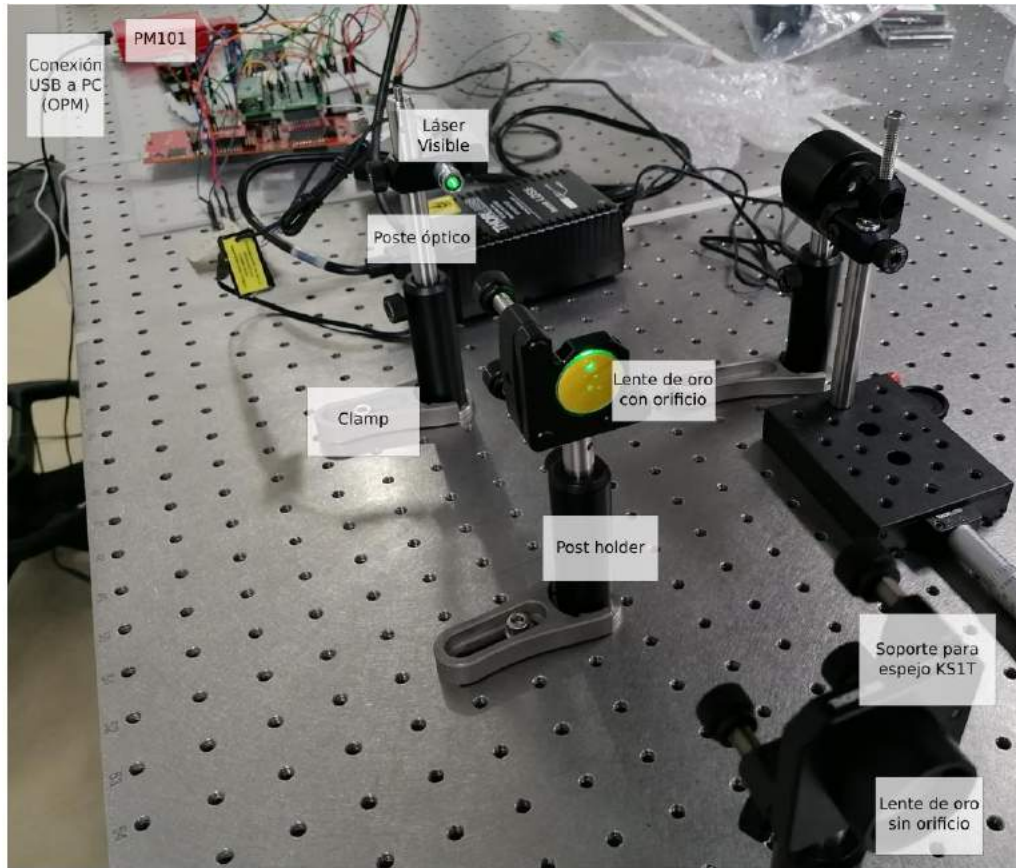
Curva absorbancia vs número de onda





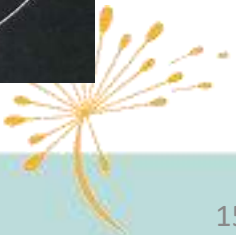
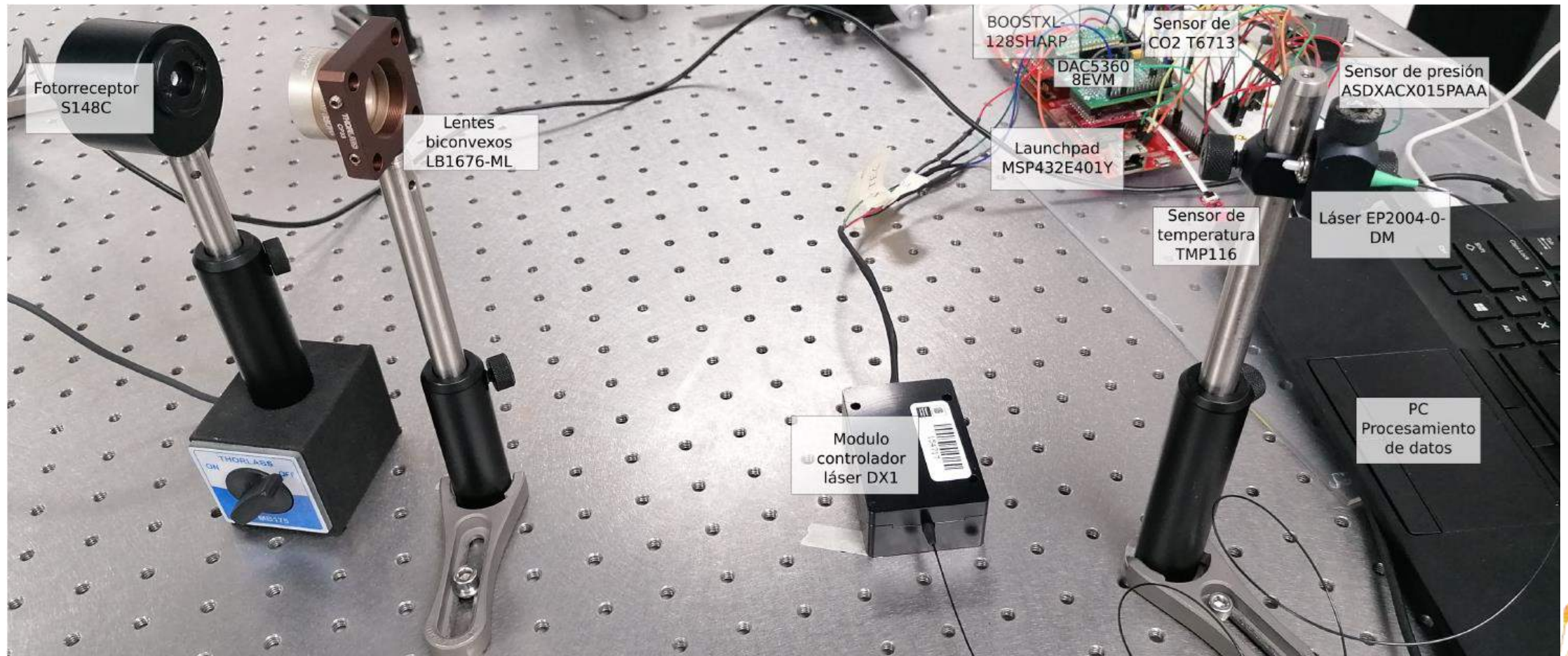
# Sensor de CO2

## Montaje en laboratorio



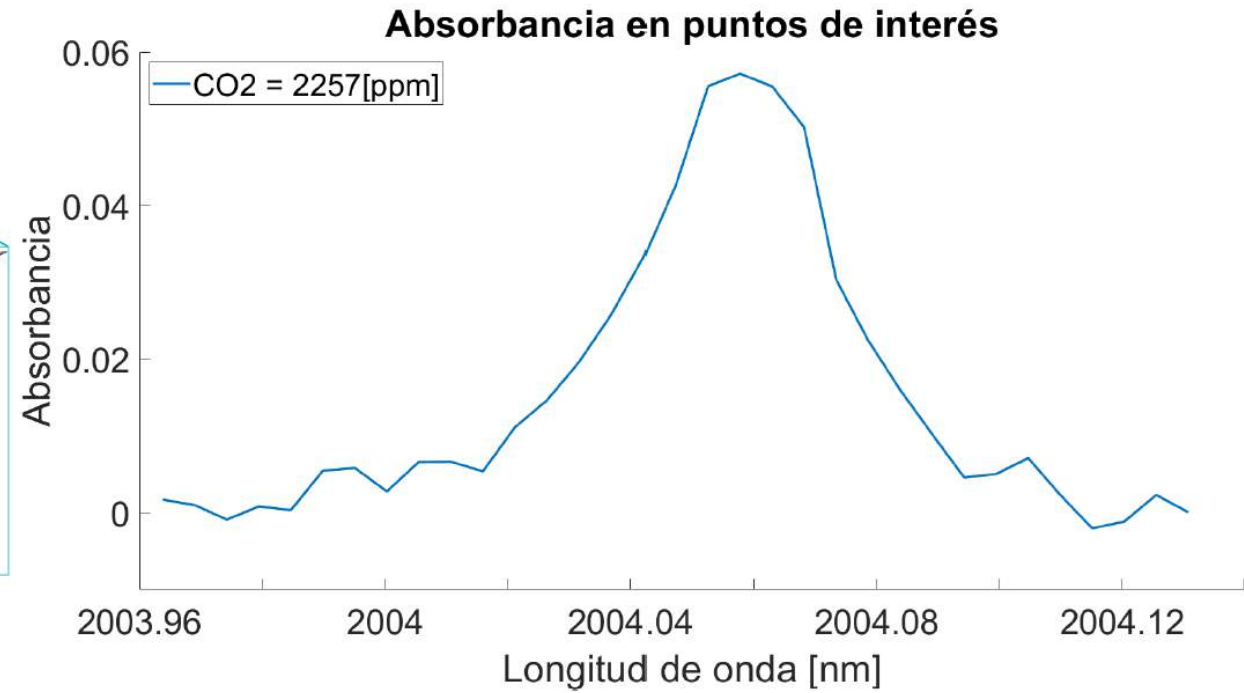
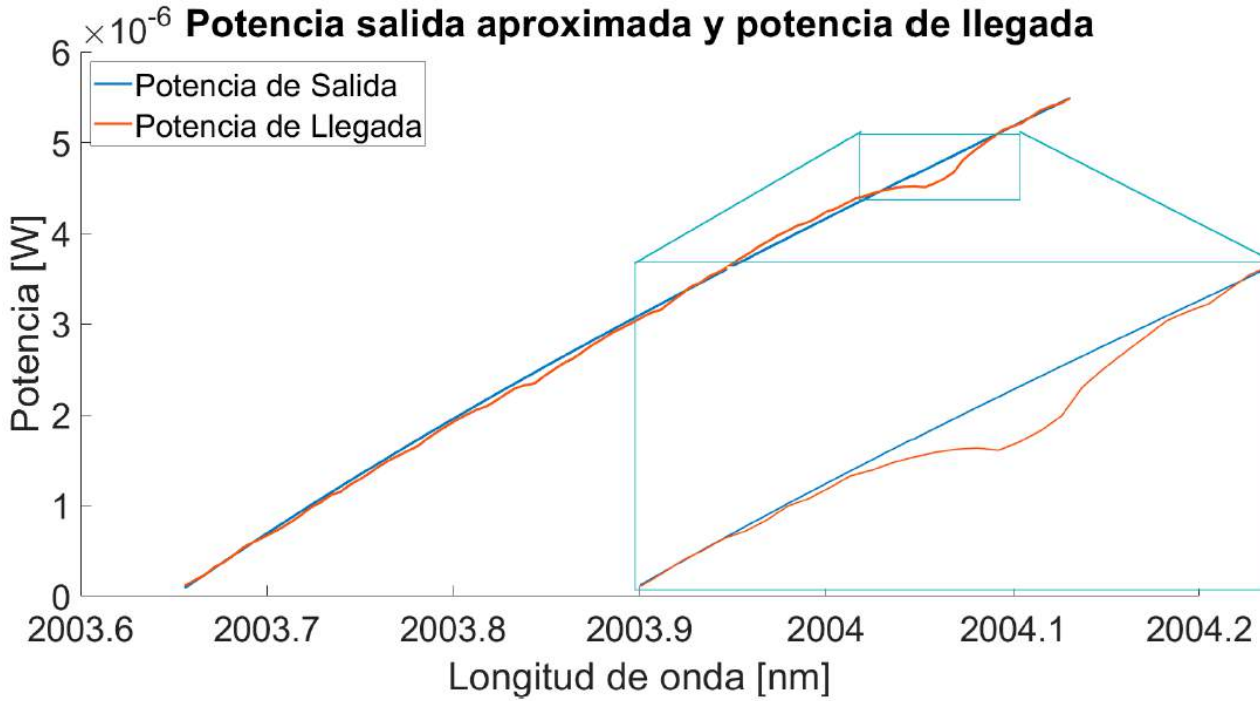
# Sensor de CO2

## Montaje en laboratorio

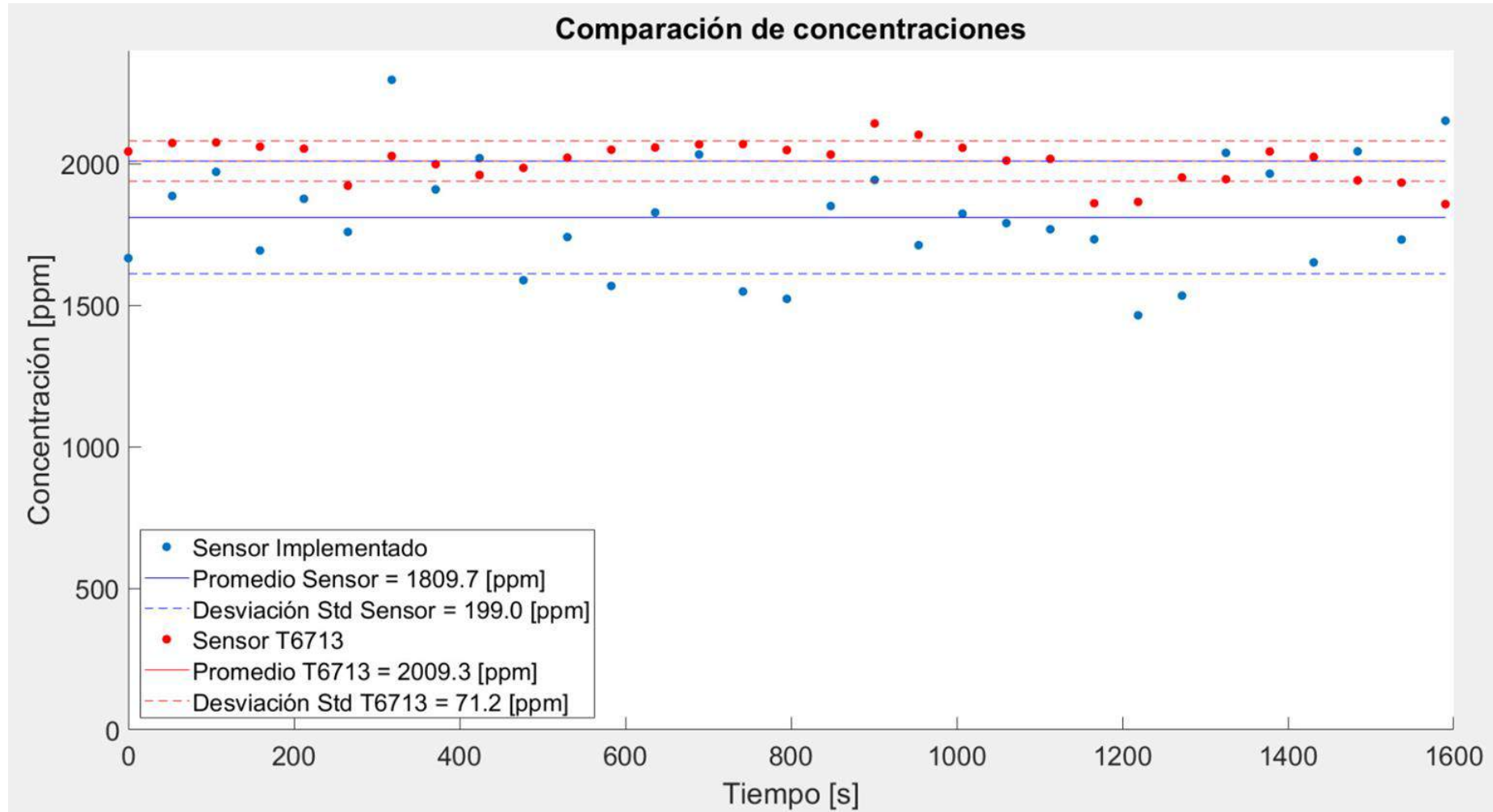




# Resultados



# Resultados



## Resultados

<b>Especificación</b>	<b>Sensor comercial</b>	<b>Sensor implementado.</b>
Rango de medición	400-5000 ppm	607.11-78000 ppm
Precisión	25 ppm $\pm$ 3% de la medida	$\pm$ 198.85 ppm
Tiempo de respuesta	3 minutos (90%)	54 segundos
Tiempo de calentamiento	2 minutos	4 segundos
Condiciones de operación	-10°C a 60°C	-10°C a 60°C





## Conclusiones

---

- Este proyecto logra representar el comportamiento del dióxido de carbono atmosférico y su concentración en partes por millón.
- Los avances y resultados obtenidos consolidan a la misión E3Tratos como base fundamental para establecer una red nacional de monitoreo de gases traza en Colombia para:
  - Generar datos asequibles sobre el índice de la calidad del aire en la soberanía colombiana.
  - Construir lazos de apoyo en donde podrán interactuar personas expertas en el campo, entidades públicas y privadas y, personas del común que quieran sumarse a contribuir con acciones que puedan a futuro reducir los efectos negativos del cambio climático.





# GRACIAS

**Contacto:**  
**[jgrodrif@uis.edu.co](mailto:jgrodrif@uis.edu.co)**

Más información

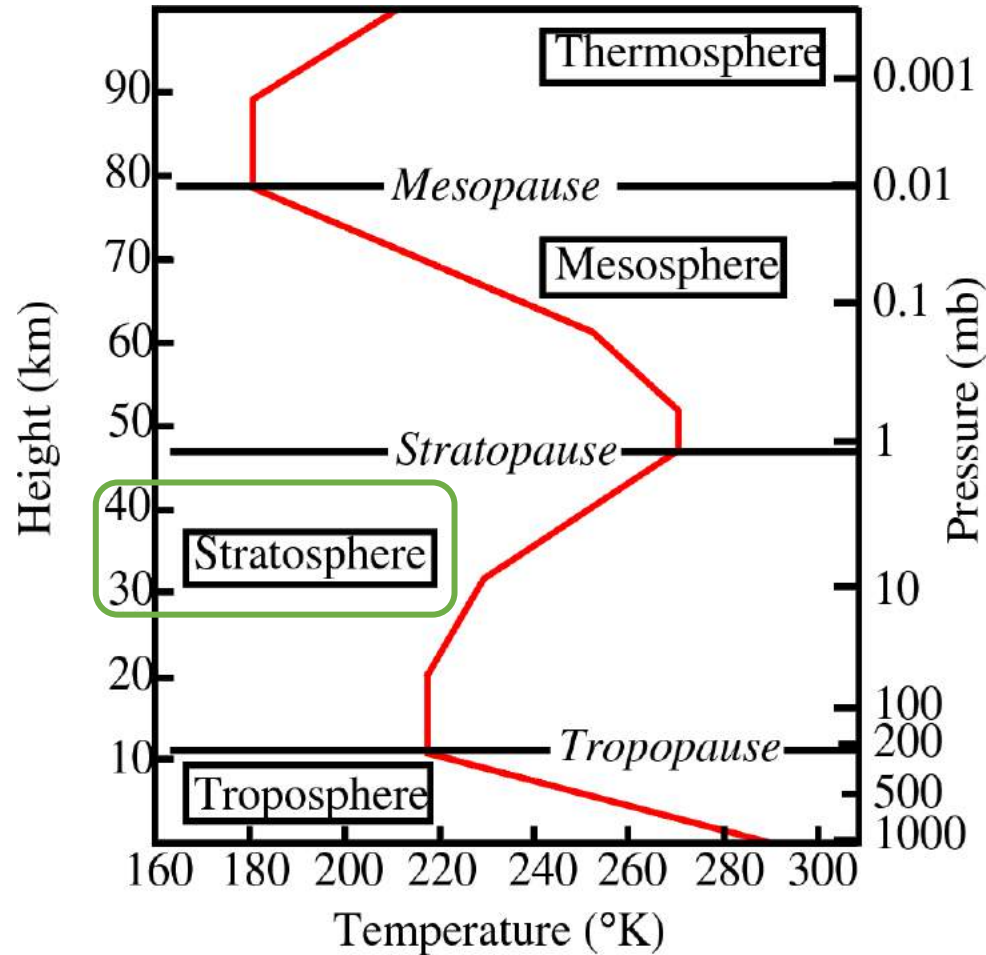


<https://casap.science/>



[casap@casap.science](mailto:casap@casap.science)

# Preguntas

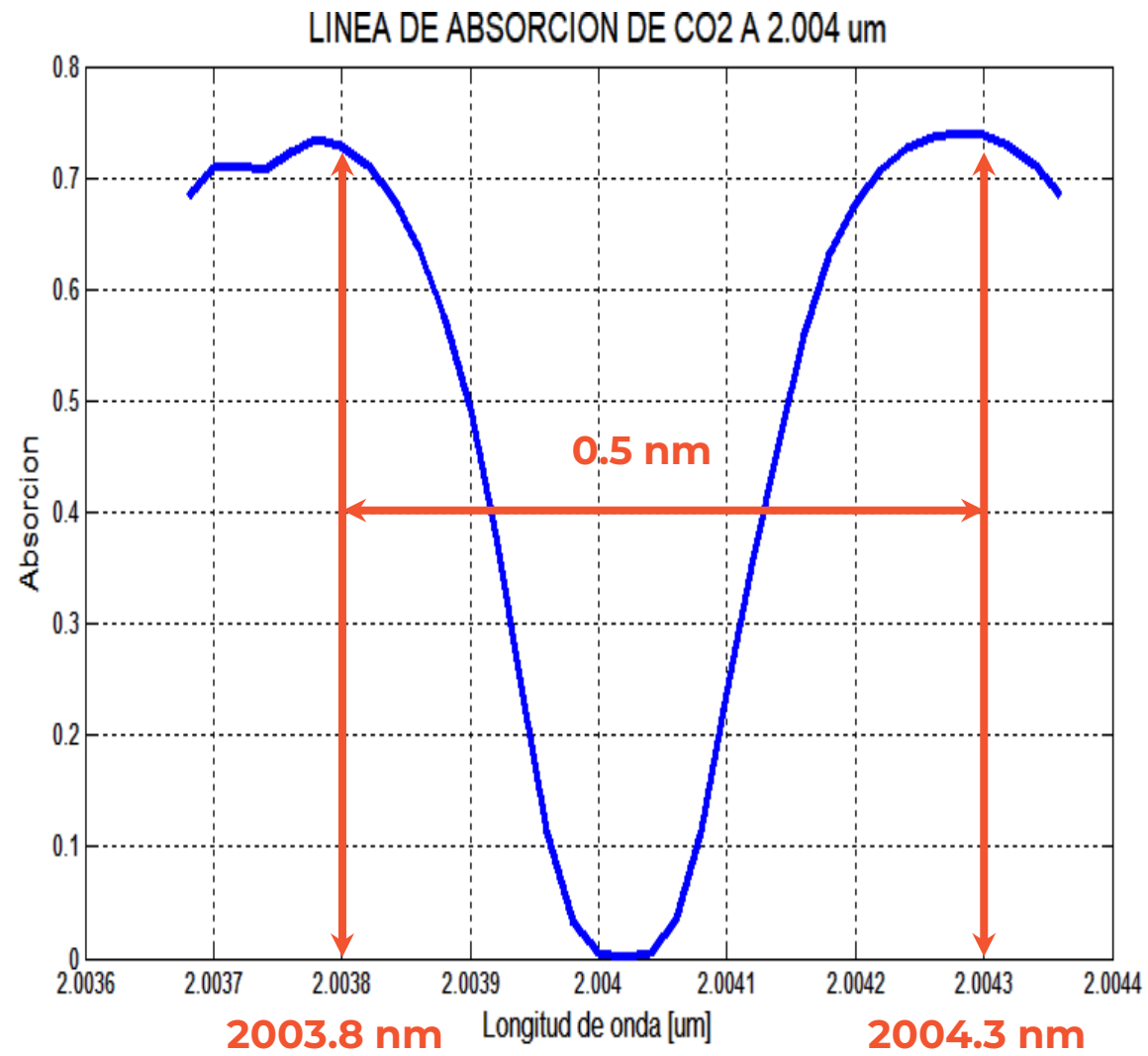


El reto:

- ▶ Caída de 8.2 K/km hasta alcanzar una temperatura de 218 K (-55°C)
- ▶ Presiones muy bajas
- ▶ Velocidad de ascenso de hasta 7[m/s]



# Preguntas



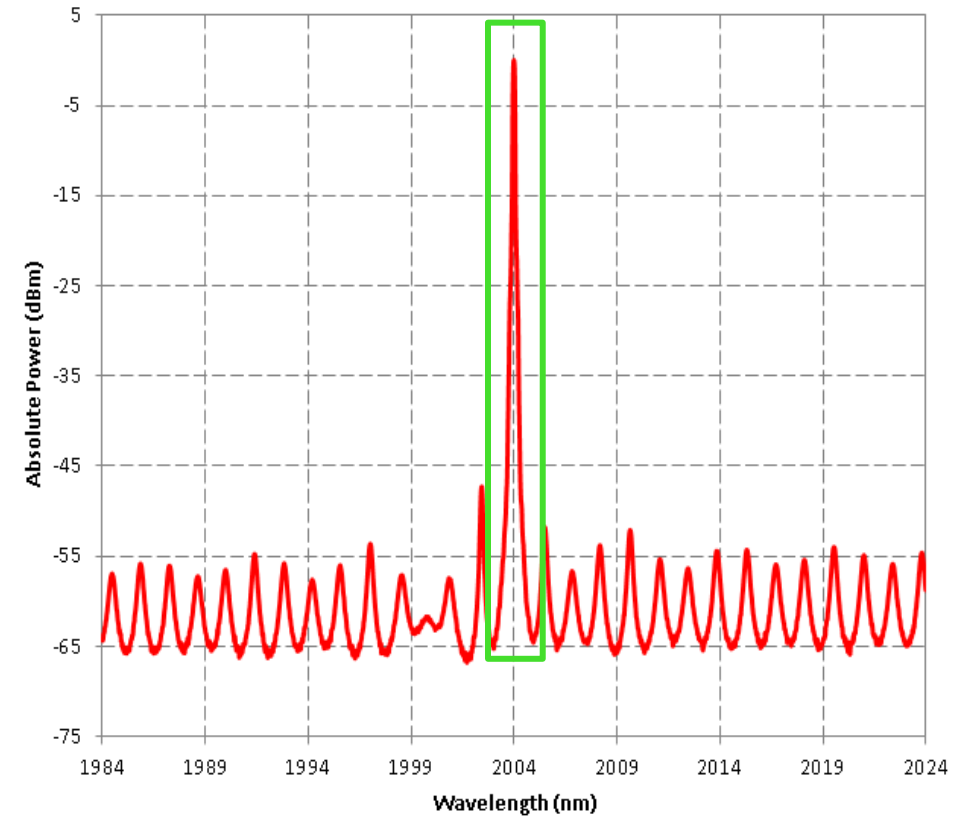
# Preguntas



**DX1-Module**

Pin No.	Name	Description
1	$V_{TEC}$	Controls the set TEC temperature (0.1 – 3.0 V)
2	<b>Ground</b>	Common ground (0 V)
3	$V_{CC}$	Provides main rail voltage for the DX1 (5 V)
4	$V_{bias}$	Sets the bias current value (0 – 1.2 V for DM lasers / 0 – 2.5 V for NLW lasers)

Asignación de pines del láser



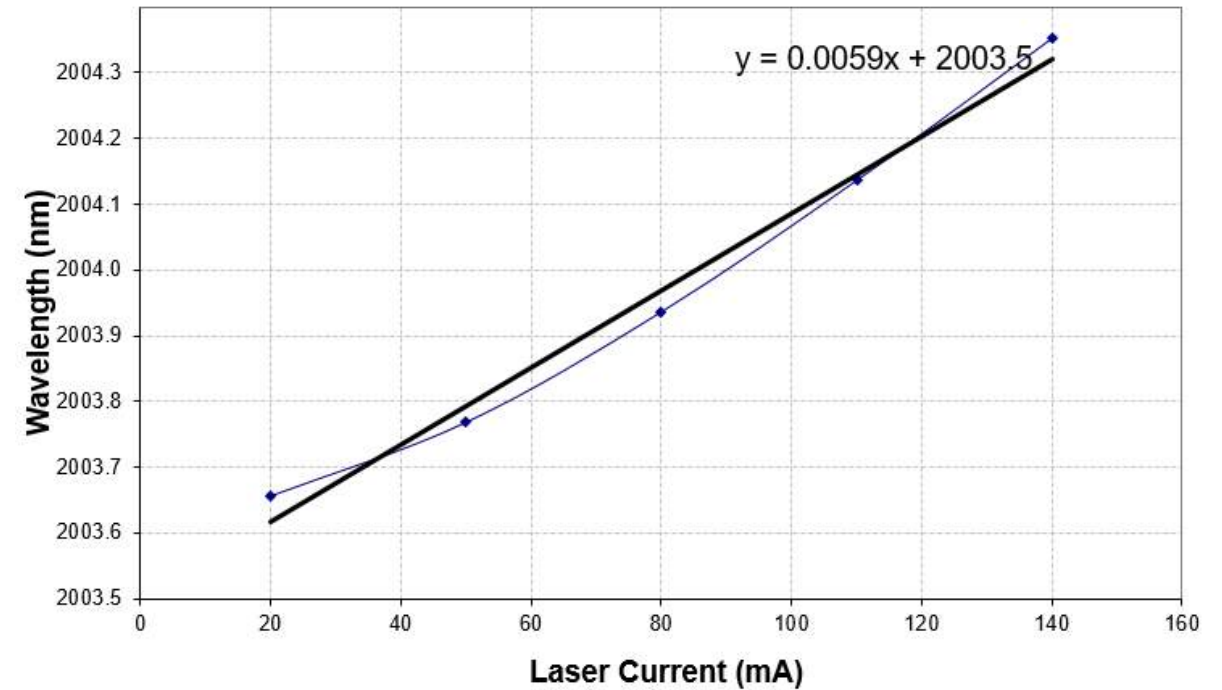
Espectro de emisión del láser





# Preguntas

Vbias (V)	I (mA)	$\lambda_{\text{mean}}$ (nm)
0.20	20	2003.656
0.50	50	2003.768
0.80	80	2003.936
1.10	110	2004.136
1.40	140	2004.352



$$\lambda = 0.0059I_{\text{bias}} + 2003.5 \text{ [nm]}$$

$$I_{\text{bias}} = V_{\text{bias}} * 100 \text{ [mA]}$$



## Preguntas

$$I(v) = I_0(v) \exp [-S(v) (PXN) l] = I_0 \exp [-A(v)]$$

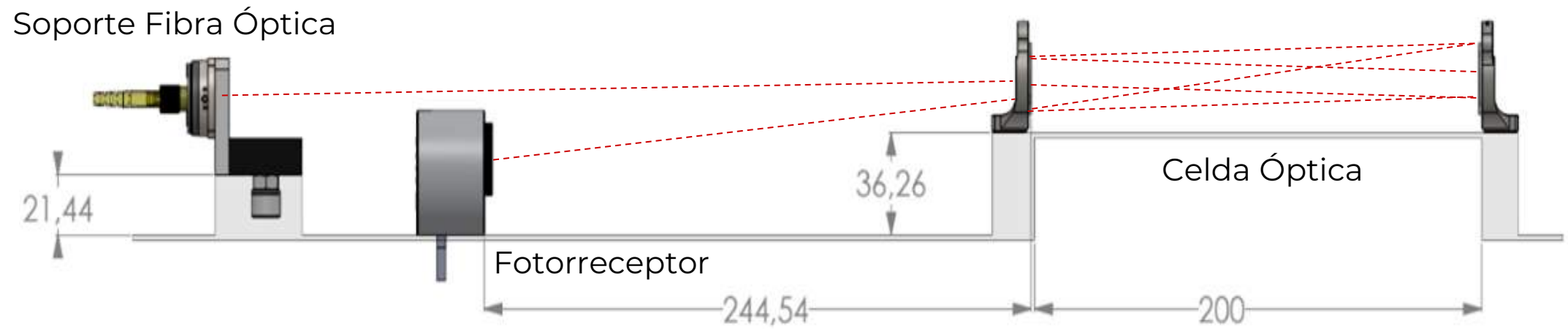
Donde:

- $I(v)$  = Intensidad de luz recibida o incidente (después del medio) [ $W$ ].
- $I_0(v)$  = Intensidad de luz emitida o transmitida (antes del medio) [ $W$ ].
- $S(v)$  = Intensidad de línea espectral [ $cm^2 molecule^{-1}$ ].
- $P$  = Presion [ $atm$ ].
- $C$  = Razón de mezcla de volumen de muestra [ $ppm$ ].
- $N$  = Densidad del gas en el volumen de muestreo. [ $molecules * cm^{-3} * atm^{-1}$ ].
- $l$  = Distancia recorrida por el haz de luz [ $cm$ ].
- $A(v)$  = Absorbancia.

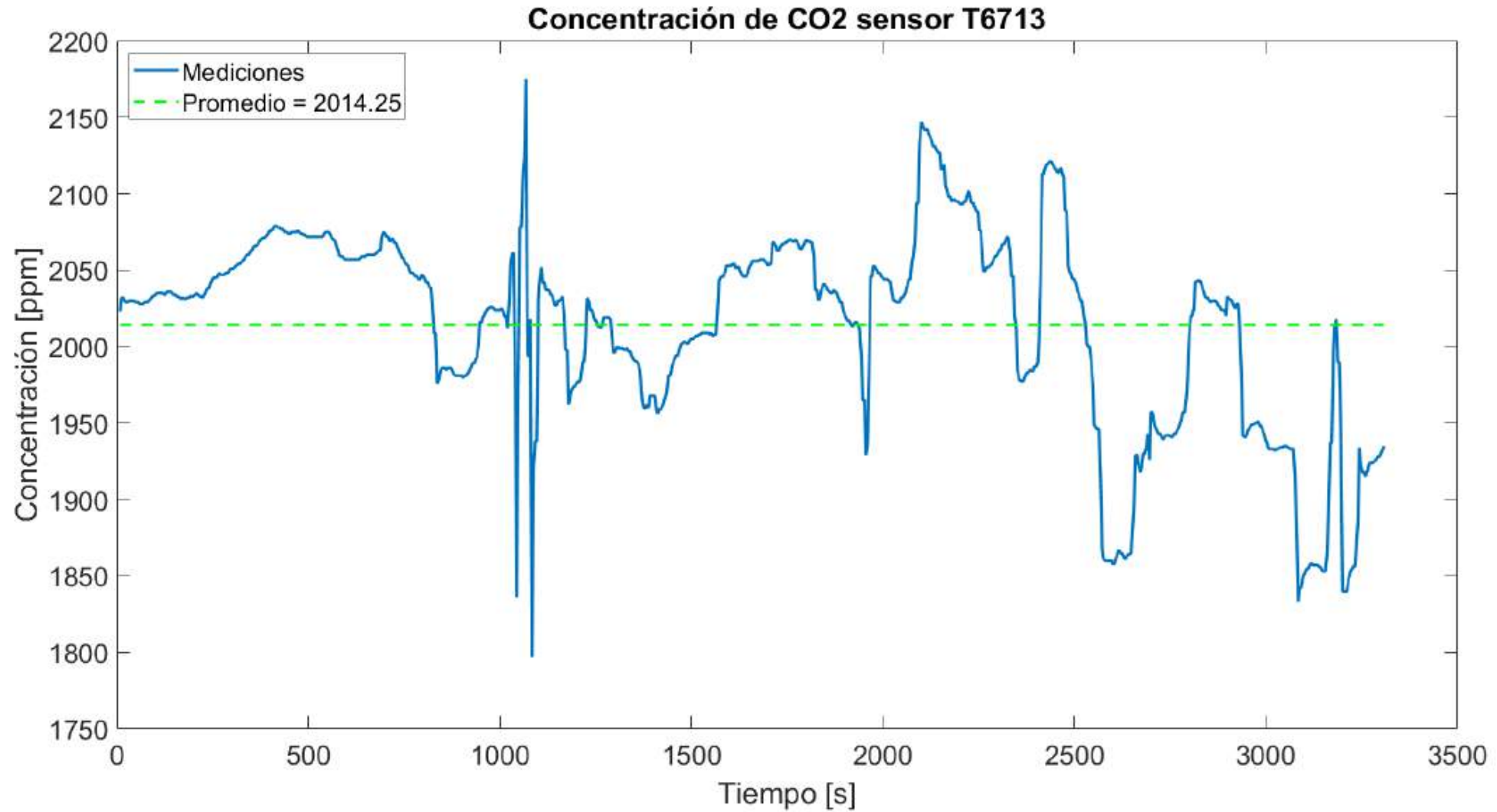
$$A(v) = -\ln \frac{I(v)}{I_0(v)}$$



# Preguntas



# Preguntas



# Preguntas

CO2\_01.TXT: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

\*\*\*\*\*

Sensor CO2 - Datos de Medicion para PostProcesado

Autores: Kevin Andres Tautiva Salazar

Harley Fernando Garcia Robles

\*\*\*\*\*

Fecha: Informacion del momento de medicion (hora:minuto:segundo)

Flag: Numero de barrido realizado (0.2V a 1.1V, pasos de 0.01V)

Vtec: Tension Vtec del DX1[V]

Vbias: Tension VBias del DX1[V]

Text: Temperatura externa del sistema (Fuera de la gondola)[C]

Press: Presion atmosferica a la que se encuentra el sistema[psi]

Alt: Altura del instrumento a partir de la presion[m]

CO2COM: Valor de CO2 leido por el sensor comercial[ppm]

PM: Potencia medida por el Power Meter[W]

Fecha	Flag	Vtec	Vbias	Text	Press	Alt	CO2COM	PM
17:0:18	1	1.325641	1.005714	23.671875	12.191261	1548	1951	1.14571428600000e-07
17:0:18	2	1.320806	1.024249	23.671875	12.173539	1560	1949	1.77571428600000e-07
17:0:19	3	1.316777	1.040366	23.687500	12.164677	1566	1949	2.29000000000000e-07
17:0:20	4	1.315971	1.046007	23.687500	12.182401	1554	1949	3.18642857100000e-07
17:0:20	5	1.315971	1.043590	23.679688	12.155815	1572	1949	3.74357142900000e-07
17:0:21	6	1.317582	1.047619	23.671875	12.173539	1560	1948	4.50928571400000e-07
17:0:22	7	1.316777	1.037143	23.671875	12.155815	1572	1948	5.38214285700000e-07
17:0:22	8	1.317582	1.043590	23.679688	12.142523	1581	1948	5.94642857100000e-07
17:0:23	9	1.318388	1.042784	23.679688	12.142523	1581	1948	6.45142857100000e-07
17:0:23	10	1.315165	1.044396	23.671875	12.111507	1601	1947	6.99285714300000e-07
17:0:24	11	1.320000	1.041172	23.671875	12.138093	1584	1947	7.58428571400000e-07
17:0:25	12	1.318388	1.044396	23.679688	12.098215	1610	1947	8.24857142900000e-07
17:0:25	13	1.317582	0.932381	23.695312	11.344985	2130	1947	8.97142857100000e-07
17:0:26	14	1.306300	1.024249	23.703125	12.098215	1610	1948	9.81857142900000e-07
17:0:27	15	1.310330	1.031502	23.695312	12.120369	1596	1948	1.03614285700000e-06
17:0:27	16	1.307912	1.033114	23.687500	12.107078	1604	1948	1.11428571400000e-06

