

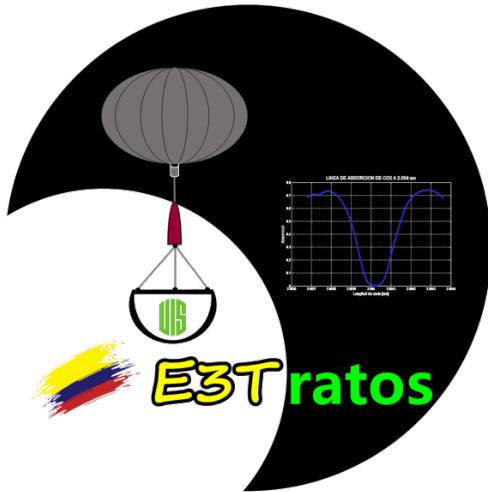
# “Misión E3Tratos, observando el oriente Colombiano desde la estratosfera”

**Julián RODRIGUEZ FERREIRA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Profesor Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones,  
Universidad Industrial de Santander.  
Director Grupo de Investigación CEMOS

**H. Cayachoa, N. Merchán, H. Navarro-Moya, S. Carrillo-Gómez, D. Amaranto,  
J. Rodríguez-Ferreira, D. Forero-Martínez, H. Ortega, A. Pitta-Carvajal, S. Esteban-  
Cudriz, M. Martínez**

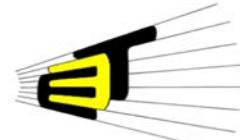
**V Congreso Colombiano de Astronomía y Astrofísica, COCOA**  
Pereira, 27 de Octubre 2017



Escuela de Ingenierías  
Eléctrica, Electrónica y de  
Telecomunicaciones



ESCUELA DE INGENIERÍA  
**MECÁNICA**



**CONGRESO  
COLOMBIANO DE  
ASTRONOMÍA &  
ASTROFÍSICA**  
**PEREIRA 2017** 24 a 27 de Octubre

Favor ir a :

**www.e3tratos.co**

**DESCARGAR**

**IPHONE**

**QCSSTV\_IO**

**<https://goo.gl/WrXQh2>**

**ANDROID**

**ROBOT 36**

**<https://goo.gl/GmTNBd>**

I Introducción al contexto científico

II Proyecto “E3Tratos”

III Subsistemas de “E3Tratos”

IV Resultados (parciales)

**El aire que respiramos en  
Bucaramanga**

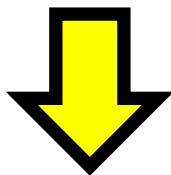




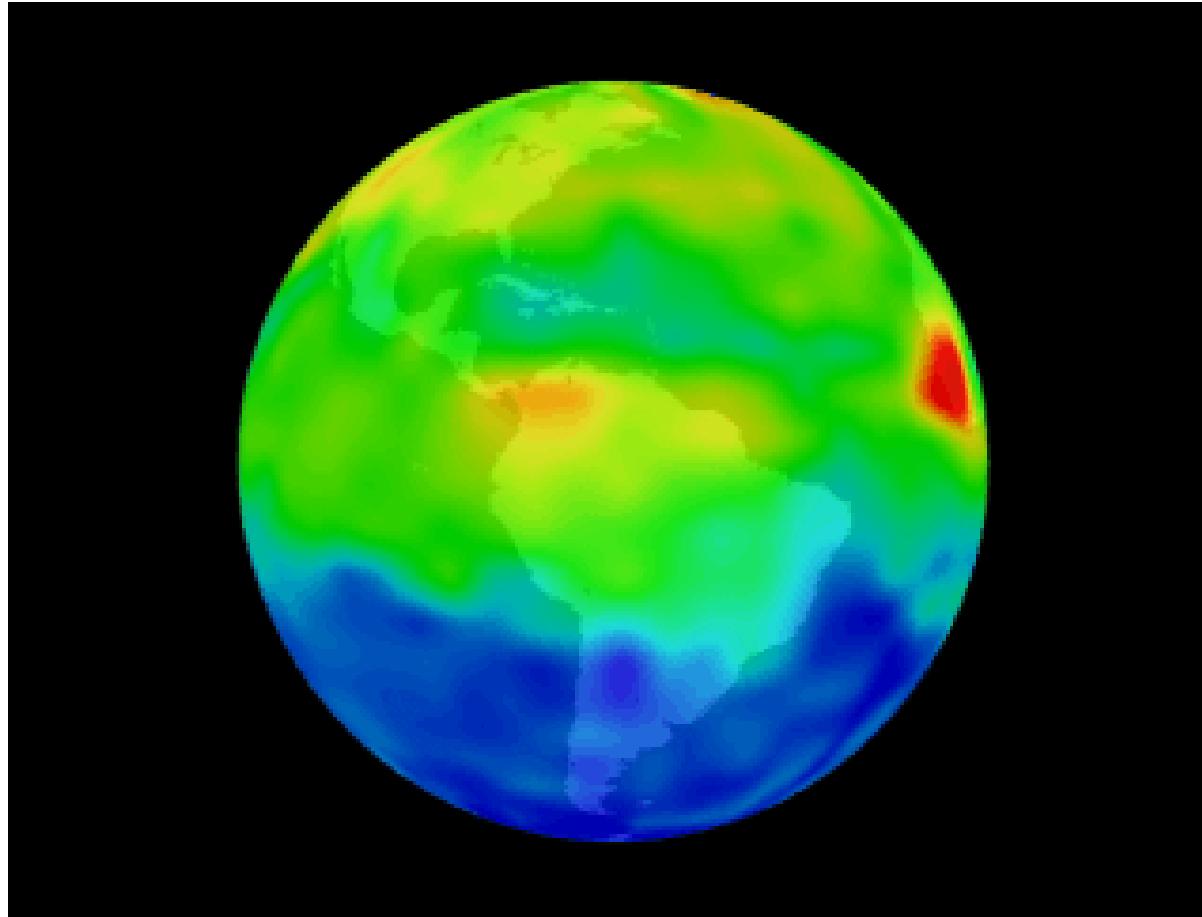


**Observación Terrestre:**  
El estudio de la atmósfera y la  
calidad del aire que respiramos

Después de la Segunda Guerra Mundial, **el crecimiento** económico, el crecimiento demográfico, la rápida suburbanización, y el cierre de algunos sistemas de transporte público ha llevado a una **mayor dependencia** de los **vehículos personales para el transporte.**

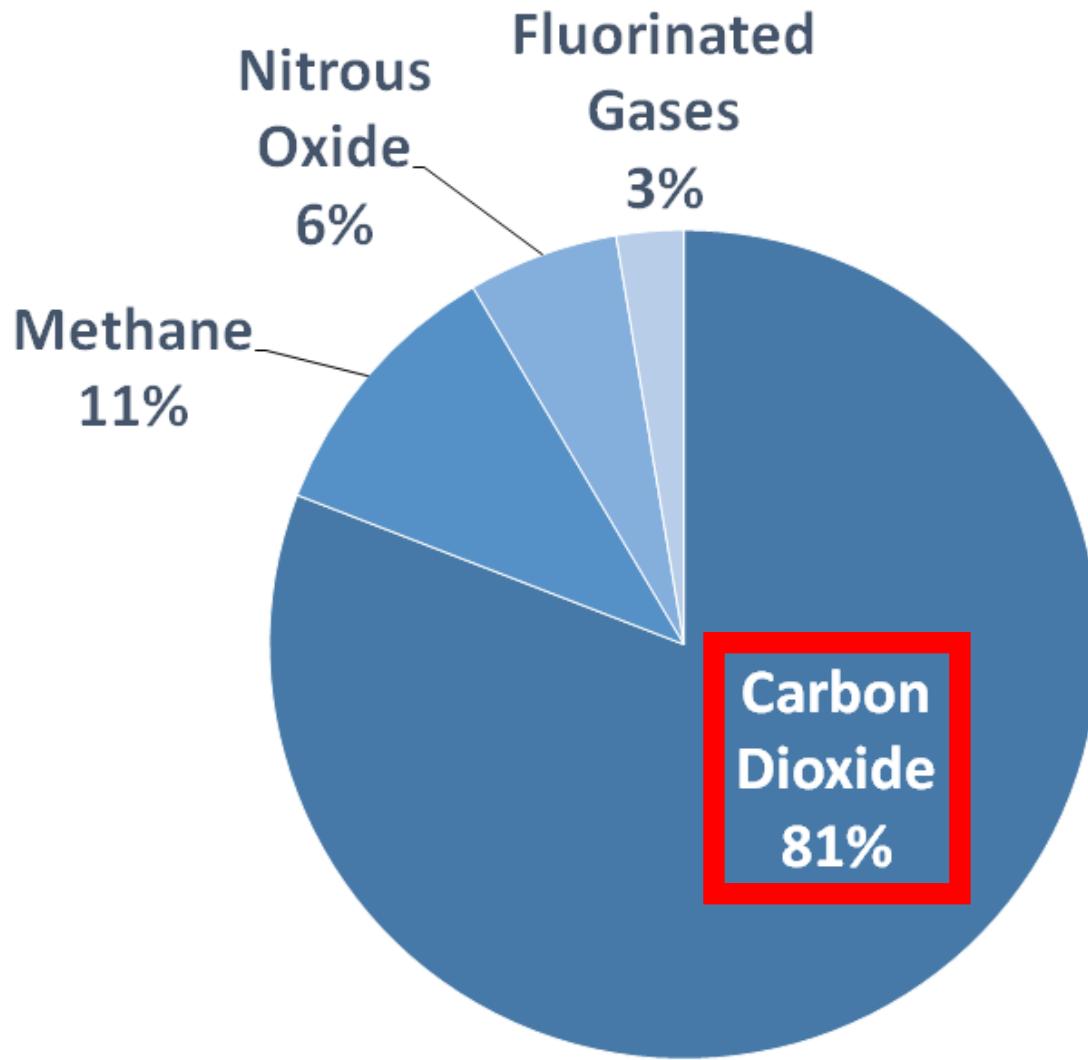


El número de **automóviles y camiones** **aumentó** de manera espectacular.  
Reacción: **aumentar** el número de **carreteras.**



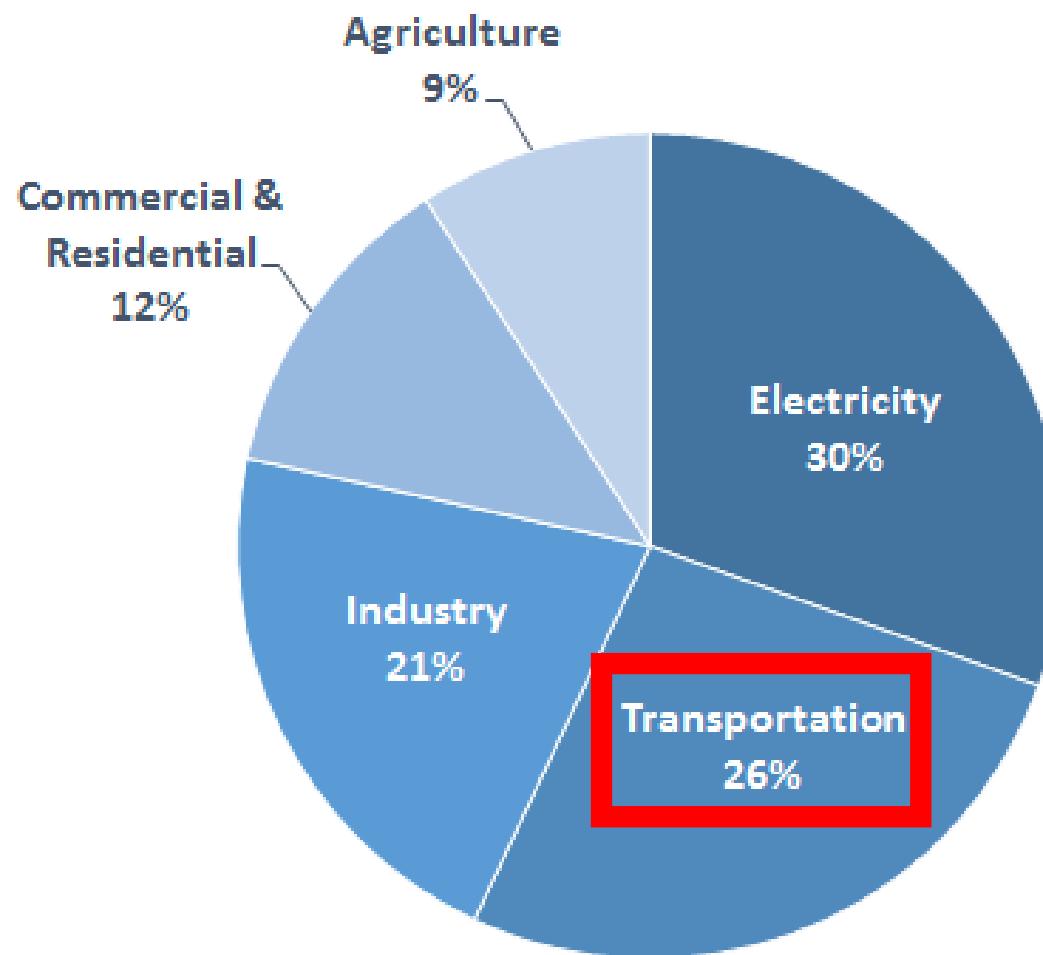
Hemos **transformado** nuestra atmósfera. Vivimos expuestos a gases y partículas que **afectan** nuestra salud y el medio ambiente.

# U.S. Greenhouse Gas Emissions in 2014



U.S. Environmental Protection Agency (2014).  
U.S. Greenhouse Gas Inventory Report: 1990-2014.

## Total U.S. Greenhouse Gas Emissions by Economic Sector in 2014



U.S. Environmental Protection Agency (2014).  
*U.S. Greenhouse Gas Inventory Report: 1990-2014.*



Al 30 de junio de 2016 se tiene un estimativo muy cercano de la **cantidad de vehículos**, motos, camiones y maquinaria que hay en el país:

**12'485.306.**

Fuente RUNT

La población proyectada de Colombia es:

 Cifra de hoy a las: 6 : 48 : 56 a.m.



Consulta la población proyectada de Colombia en un día específico (entre 1985 y 2020).

Selecciona la fecha:

27-10-2017



Total nacional

**49.467.869**

 Población proyectada a la  
fecha: 27-10-2017 a las 00:00 horas.

Fuente: DANE <http://www.dane.gov.co/reloj/>

# La población proyectada de Colombia es:



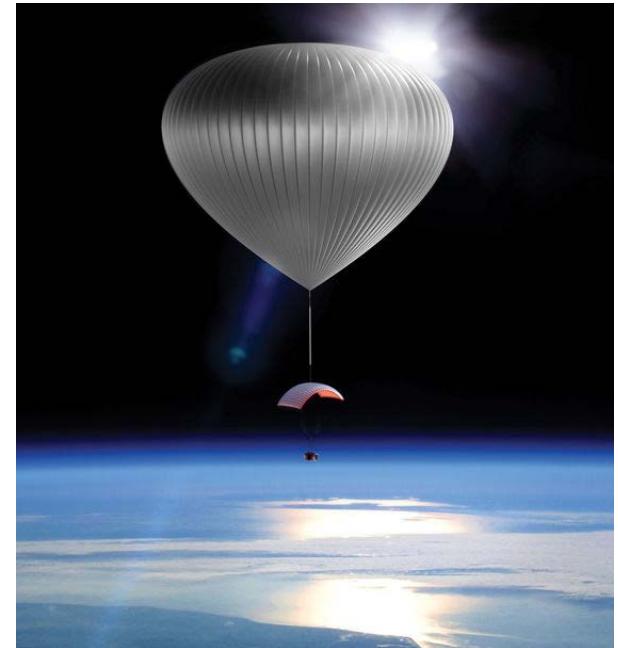
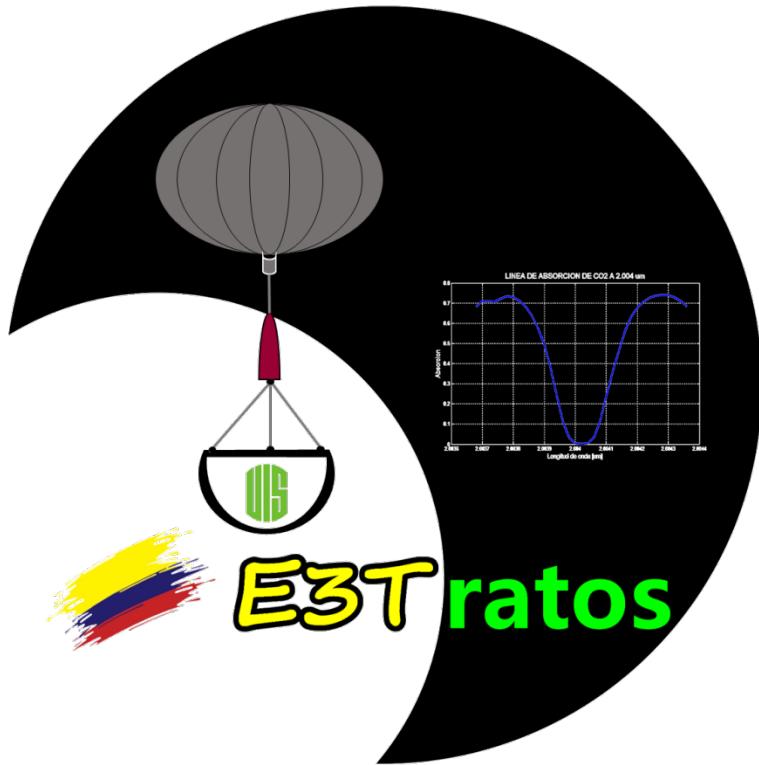
Fuente: DANE <http://www.dane.gov.co/reloj/>



**Debemos medir y supervisar  
la calidad del aire que  
respiramos !!!**



# Propuesta de investigación: Proyecto “E3Tratos”



realización de una plataforma de teledetección  
impulsada por un globo estratosférico

## Objetivos

Construir un sistema de **teledetección** que permita:

- Realizar **imágenes de la superficie terrestre**
- Medir un **perfil atmosférico**
- Realización de experimentos en el borde del espacio

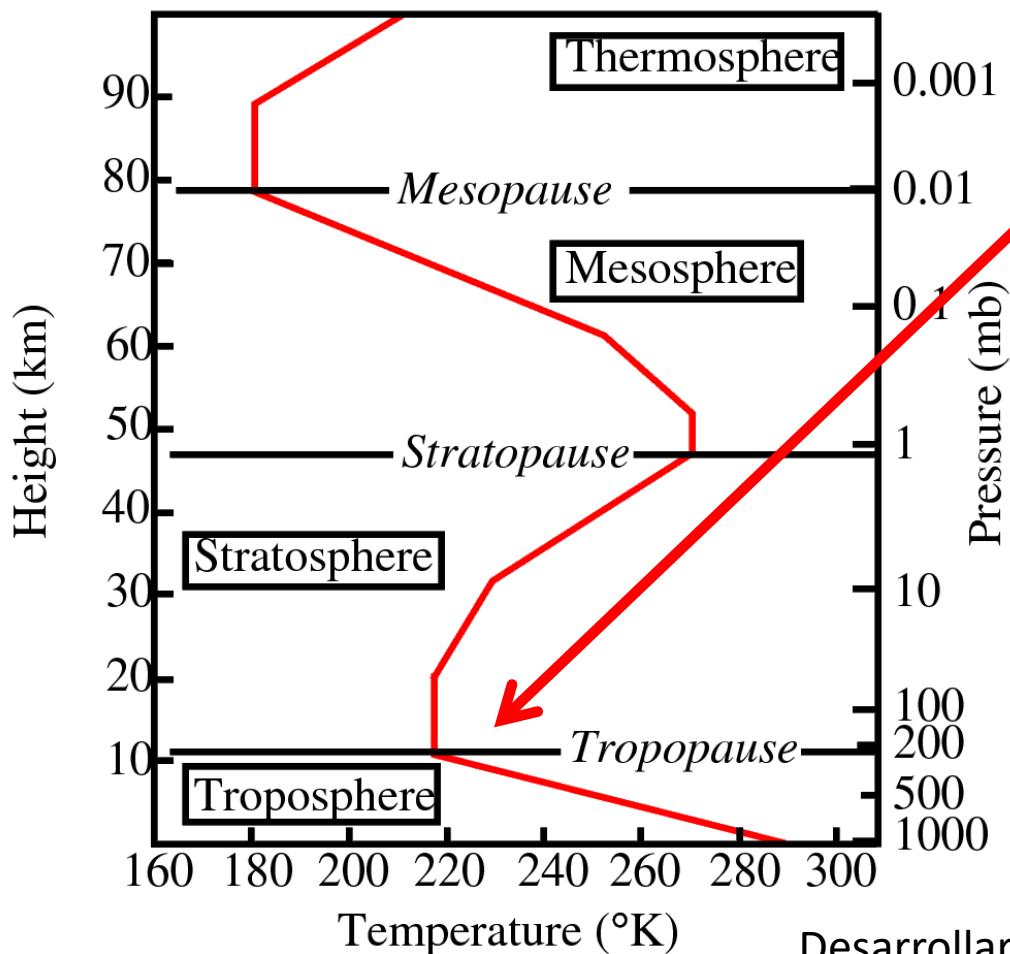
Este sistema es una plataforma científica montada en un **globo estratosférico recuperable**, alcanzando alturas de **35 a ~45Km**

## Metodología

Diseño y realización de:

- Un modulo de control y recuperación de la góndola
- Instrumentos científicos (cámaras y sensores)
- Experimentos al borde del espacio

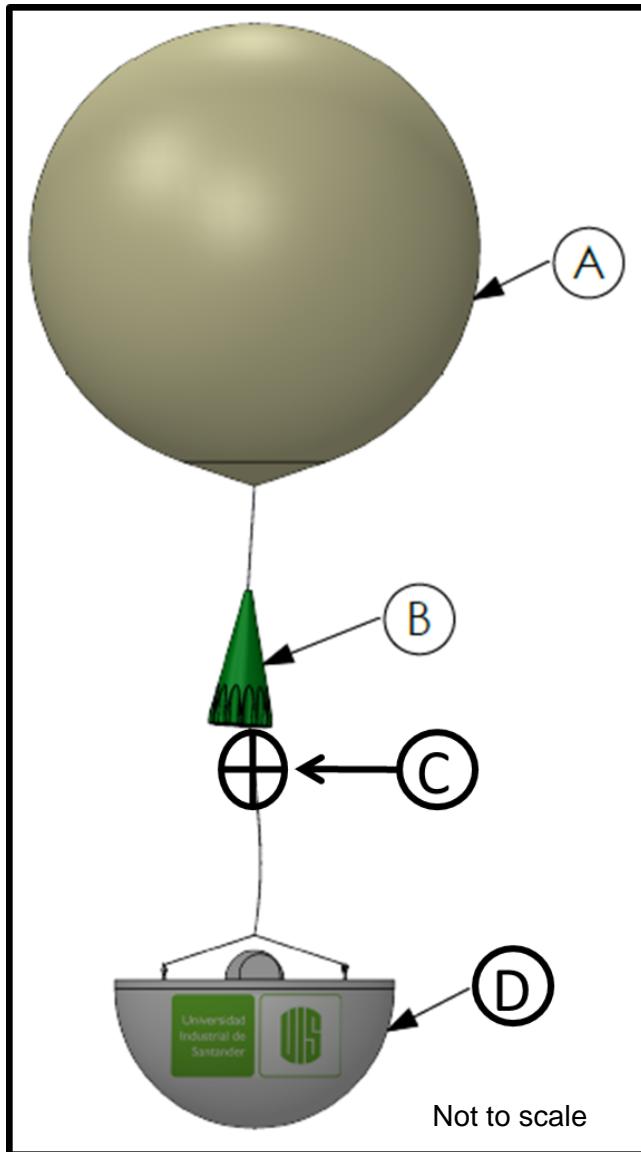
# ¿Cuál es el reto?



Caída de 8.2 K/km hasta alcanzar una temperatura de **218 K (-55°C)**

Desarrollar un diseño que permita **garantizar el funcionamiento de los instrumentos** de medición en su ascenso a la estratosfera y en su descenso a la superficie

# Subsistemas



El globo sonda se compone de tres subsistemas principales:

- **Sistema de elevación** (Fig.A) globo de látex de 3000gram lleno de helio
- **Sistema de descenso** (Fig.B) Paracaídas para **descender a 5 m/s.**
- **Reflector de radar** (Fig.C) Permite que la carga sea fácilmente detectada por radares.
- **Góndola** (Fig.1 D) Alberga y protege la carga útil de las condiciones exteriores.

# Interfaces Mecánicas

Universidad  
Industrial de  
Santander



ESCUELA DE INGENIERÍA  
**MECÁNICA**



Escuela de Ingenierías  
Eléctrica, Electrónica y de  
Telecomunicaciones



Misión E3Tratos: Diseño de la estructura mecánica, escudo térmico, Sistema de elevación y Sistema de descenso de un globo sonda estratosférico

**A. Pitta-Carvajal<sup>1</sup>, S. Esteban-Cudriz<sup>1</sup>, J. Rodriguez-Ferreira<sup>\*1,2</sup>, M. Martínez<sup>1</sup>**

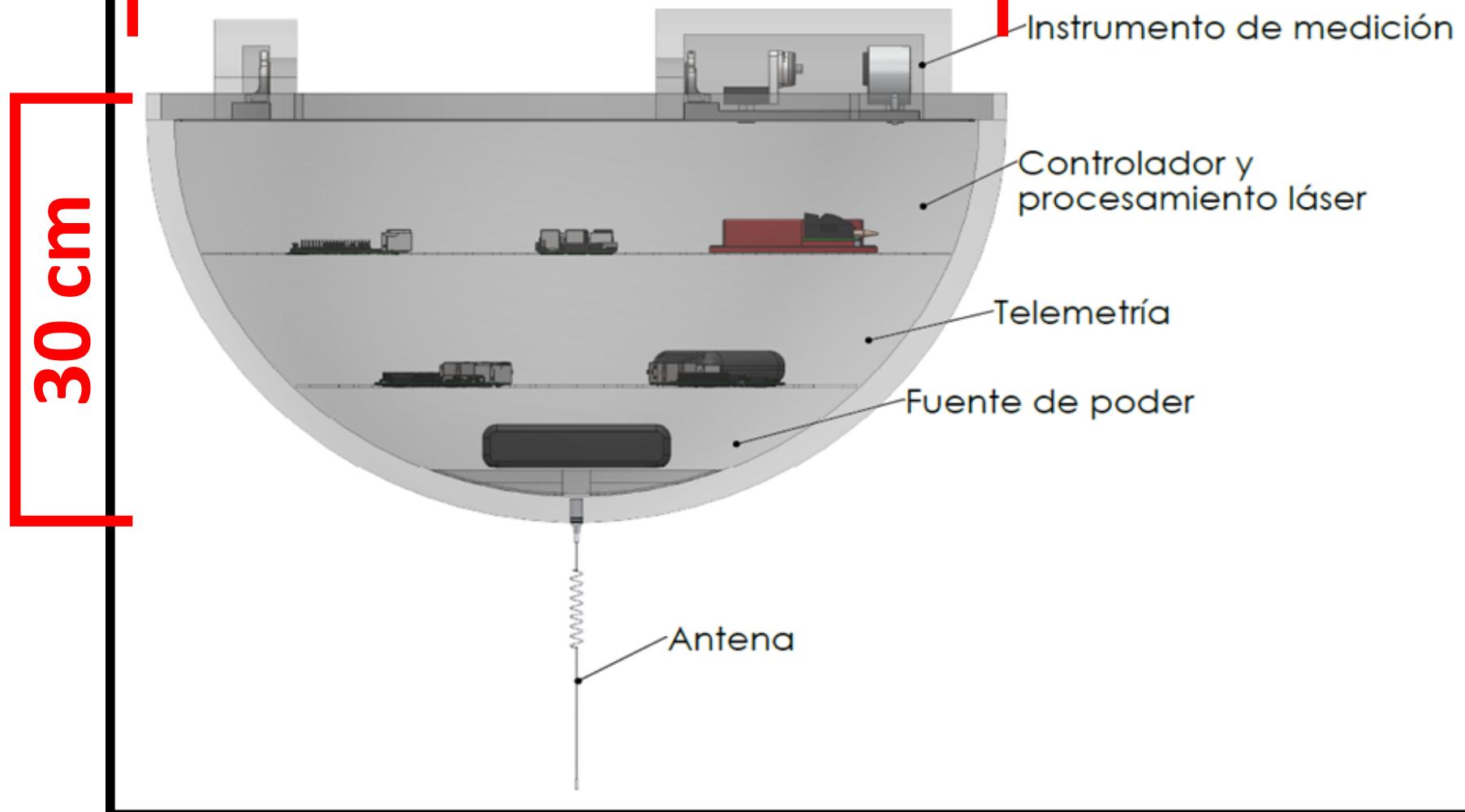
1. Grupo de Investigación en Energía y Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 and Calle 9, (680002) Bucaramanga, Colombia.

2. Grupo de Investigación en Control, Electrónica, Modelado y Simulación. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 and Calle 9, (680002) Bucaramanga, Colombia. Misión E3Tratos: [www.e3tratos.co](http://www.e3tratos.co) \*Contacto: [jgrodrif@uis.edu.co](mailto:jgrodrif@uis.edu.co)

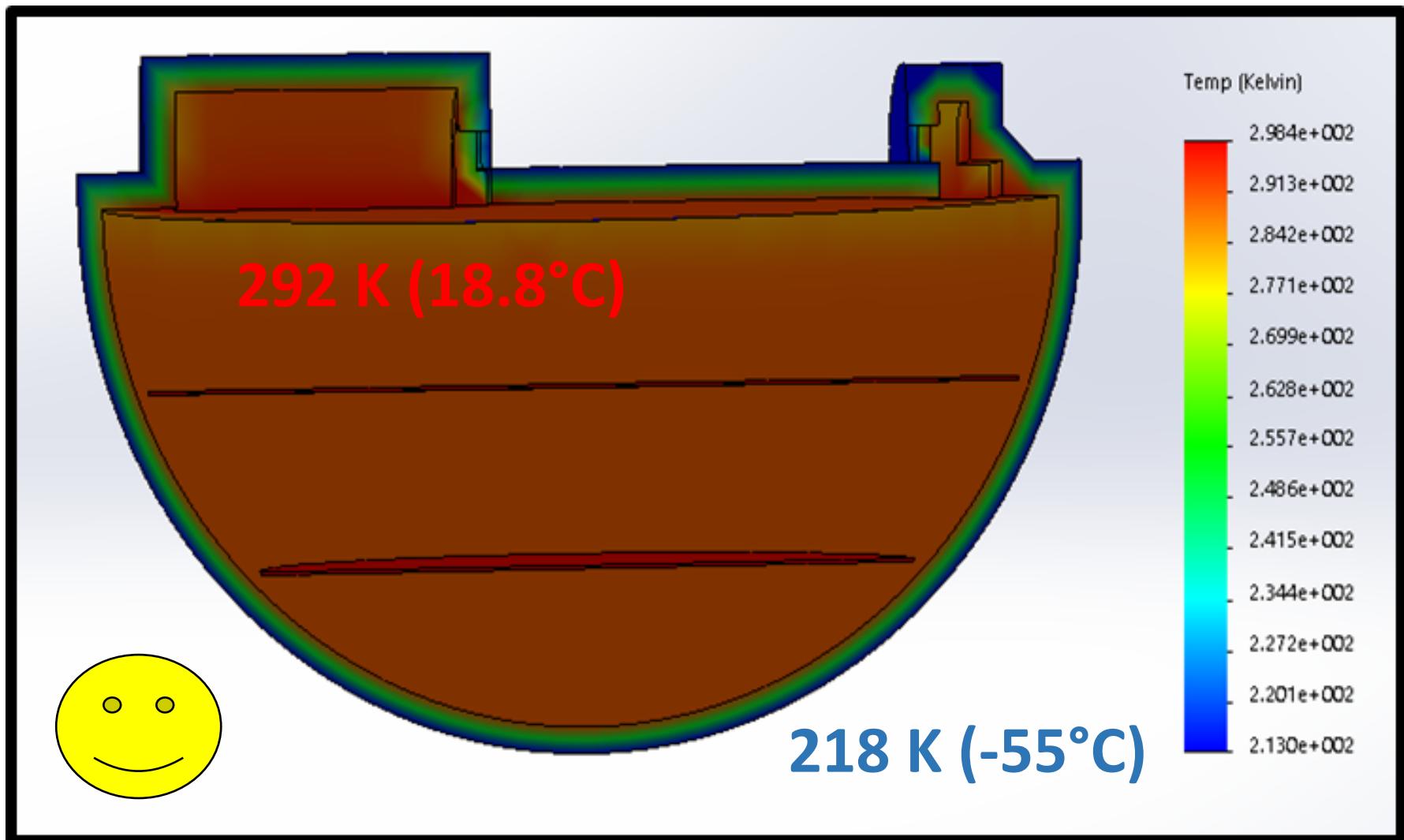
**VER Poster HOY: Pitta-Carvajal et al.**



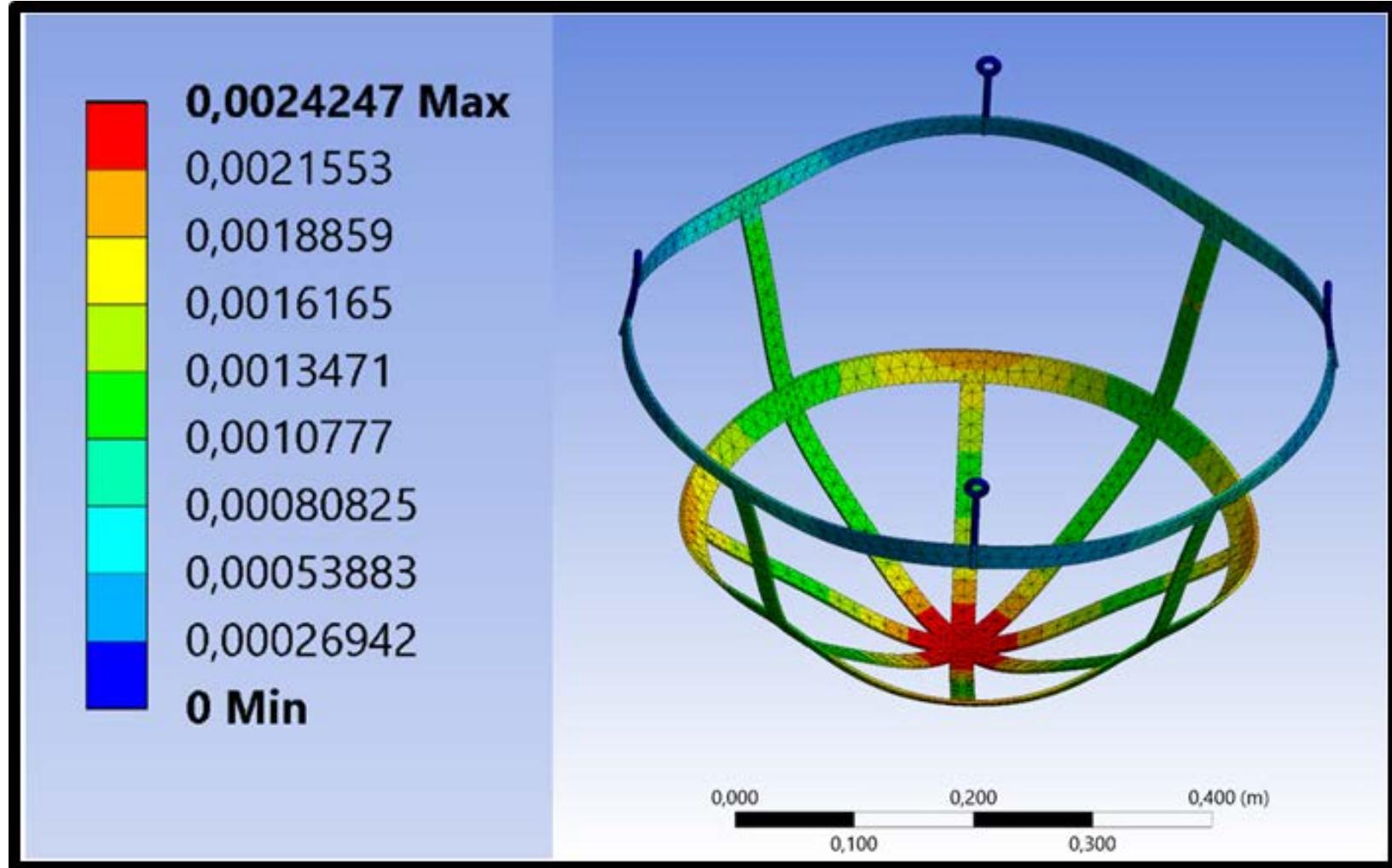
**60 cm**



# Cobertura térmica: poliestireno extruido



# Estructura: Aluminio



Deformación antes: 50mm  
Deformación después: 2.4mm

# Resumen de masa

Electrónica e instrumentos	Masa lb
Batería	2,77
Raspberry Pi3 42gr X 6	0,50
Cámaras Raspberry X 3	0,02
Camara 360°	0,44
Estación Meteorológica	
EVA	0,30
Sistema radio	0,40
<b>Masa total</b>	
<b>Instrumentación</b>	<b>4,43</b>

Instrumento de CO2	Masa lb
Espejos	0,11
Fotodiodo	0,44
Láser	0,77
Soporte fibra	0,40
Soporte instrumentos acrílico	0,60
<b>Masa Total</b>	
<b>Instrumento CO2</b>	<b>2,33</b>

Góndola	Masa lb
Estructura Optimizada	1,29
Poliestireno	1,19
Niveles perforados	0,78
<b>Masa Total</b>	
<b>Góndola</b>	<b>3,27</b>
<b>Masa total 10,03</b>	

BALLOON PART NO: HAB-3000 (3000 gram)

These balloons provide the highest level of achievement for high altitude balloonists, carrying maximum payloads of up to 12 lbs and reaching burst altitudes of more than 115,000 feet, depending on weight of payload



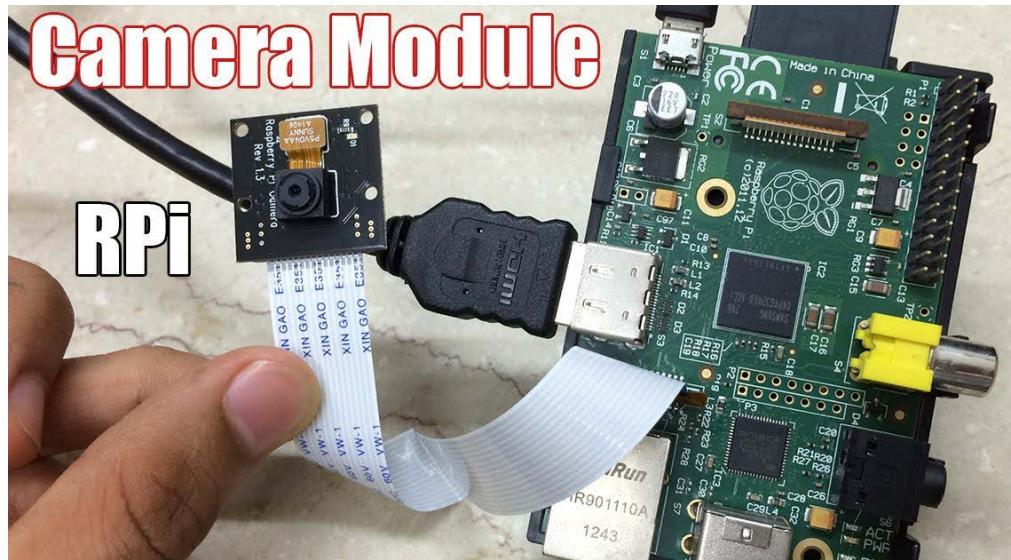
Fuente: [http://kaymontballoons.com/Near\\_Space\\_Photography.html](http://kaymontballoons.com/Near_Space_Photography.html)

# Instrumentación





# 1) CAMARAS



## 2) Estación MeTeo



**EVA:** un esfuerzo desde la Escuela de Electrónica de la UIS



### VARIABLES ATMOSFÉRICAS

- Humedad Relativa
- Temperatura
- Presión atmosférica
- Velocidad del viento
- Altitud sobre el nivel del mar
- Ubicación GPS
- Temperatura de rocío
- Radianza solar

# **Equipo EVA:**

## **Estudiantes:**

Karen Forero  
Alejandra Mantilla  
Erika Cruz

## **Profesores:**

Julián Rodríguez  
David Forero  
Homero Ortega

## **Pilotos Drone:**

Edwin Arenas  
José Jorge Oñate



## **Grupos de Investigación:**

CEMOS (A1 Colciencias) y RADIOGIS

# FOTOGRAFÍAS



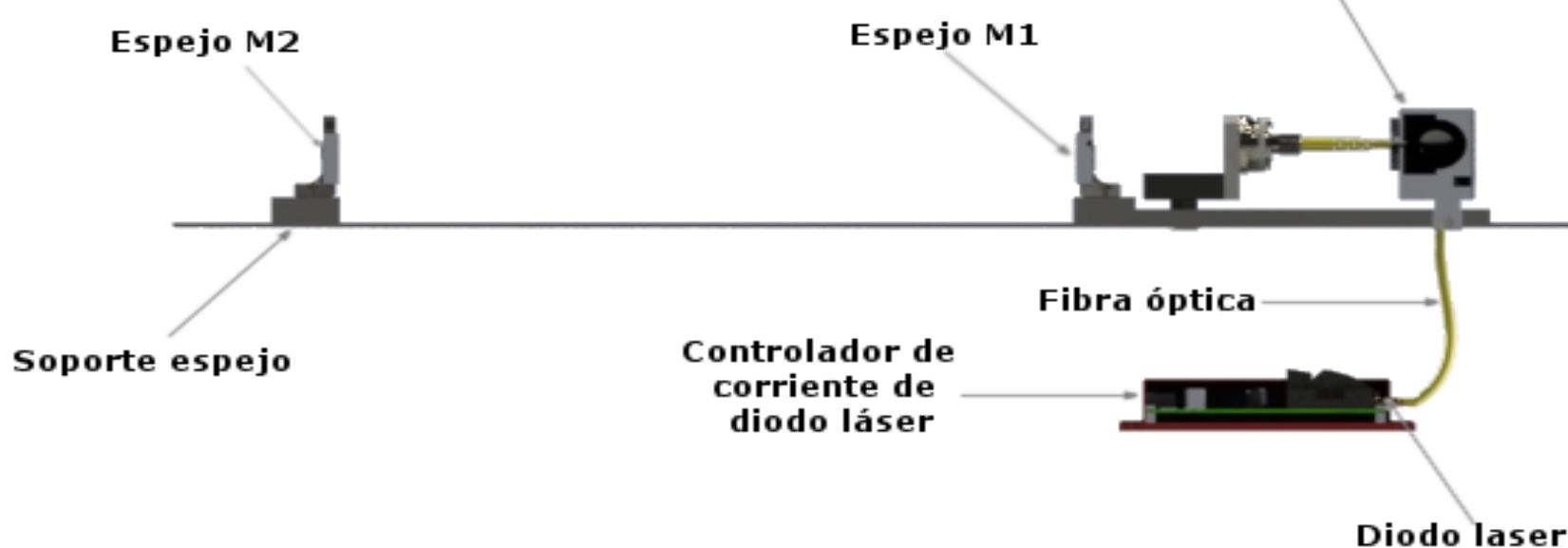
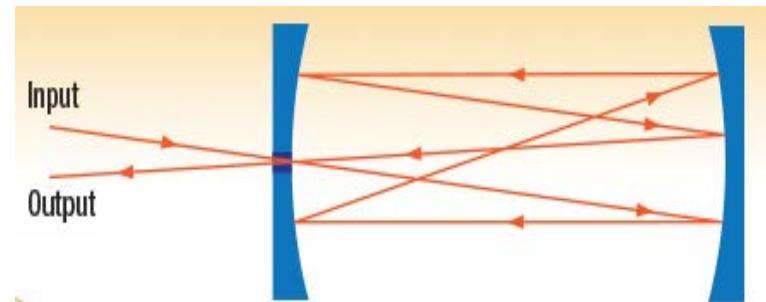
Datos obtenidos usando la estación EVA puesta sobre un dron que sobrevoló la ciudad de Bucaramanga

# SENSOR DE CONCENTRACION DE CO<sub>2</sub>

Sistema de instrumentación capaz de medir **concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico** utilizando la técnica:  
**Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (TDLAS) con Modulación de la longitud de onda (WMS)**

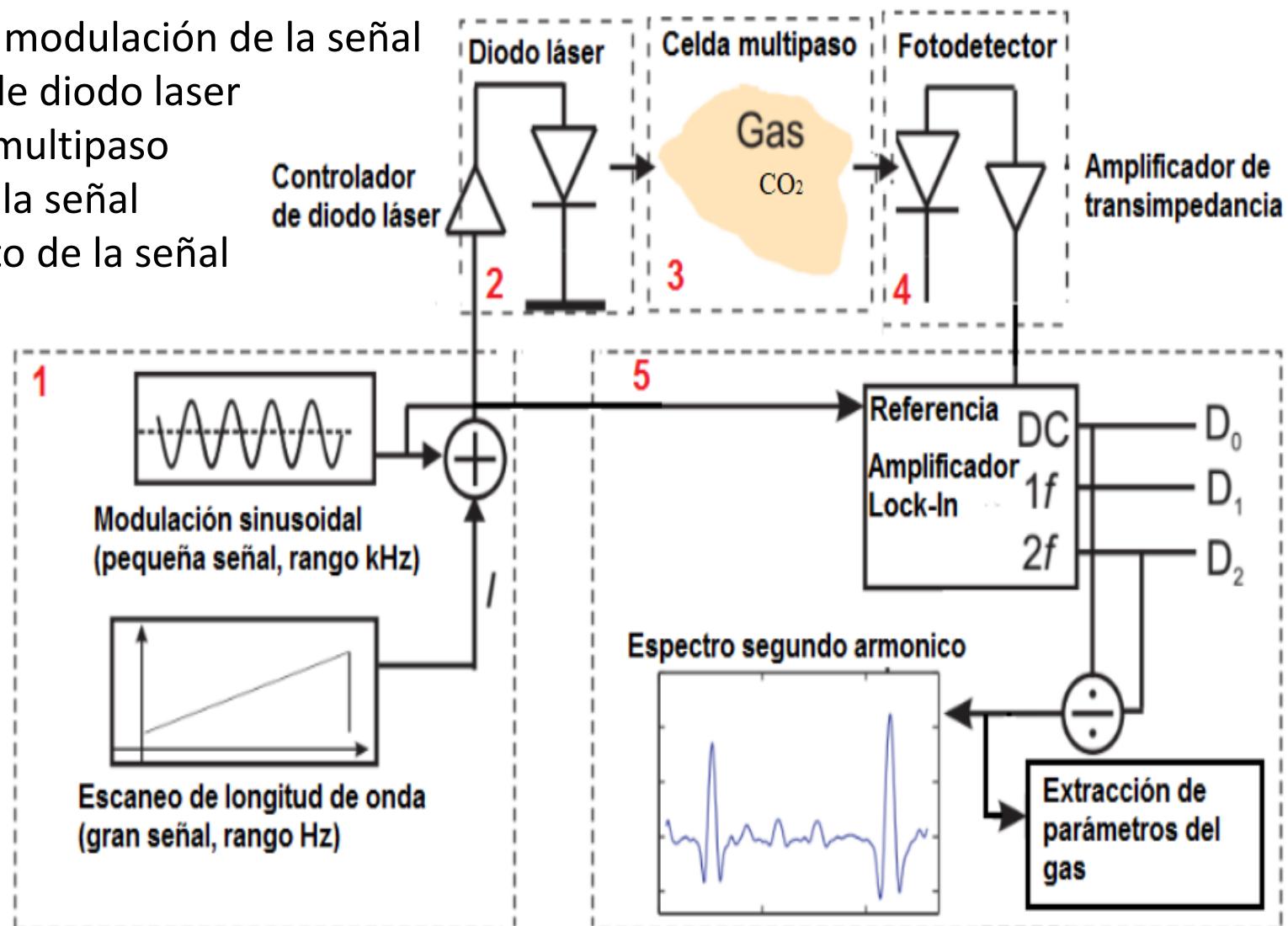
Referencia: J. Chen, Compact laser-spectroscopic gas sensors using vertical-cavity surface-emitting lasers, München, Technische Universität München, Diss., 2011, 2011.

Características Instrumento	Valor
Distancia focal de los espejos	100 mm
Diámetro espejos	1 pulgada
Diámetro del agujero	3 mm
Distancia entre los espejos	200 mm
Angulo de entrada haz del LASER	4,858 °
Numero de reflexiones	10
Longitud del recorrido óptico total	2 m



# Diagrama de bloques

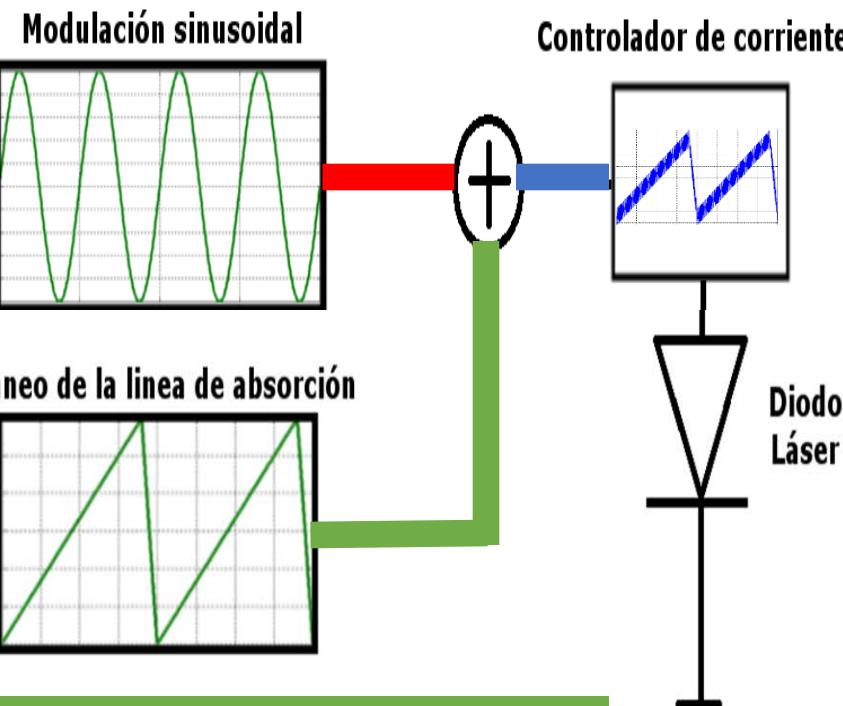
1. Generación y modulación de la señal
2. Controlador de diodo laser
3. Celda óptica multipaso
4. Detección de la señal
5. Procesamiento de la señal



# ESPECTROSCOPIA CON MODULACION DE LONGITUD DE ONDA (WMS)

Amplitud: -3.5 a 3.5 mA

Frecuencia: 10 KHz

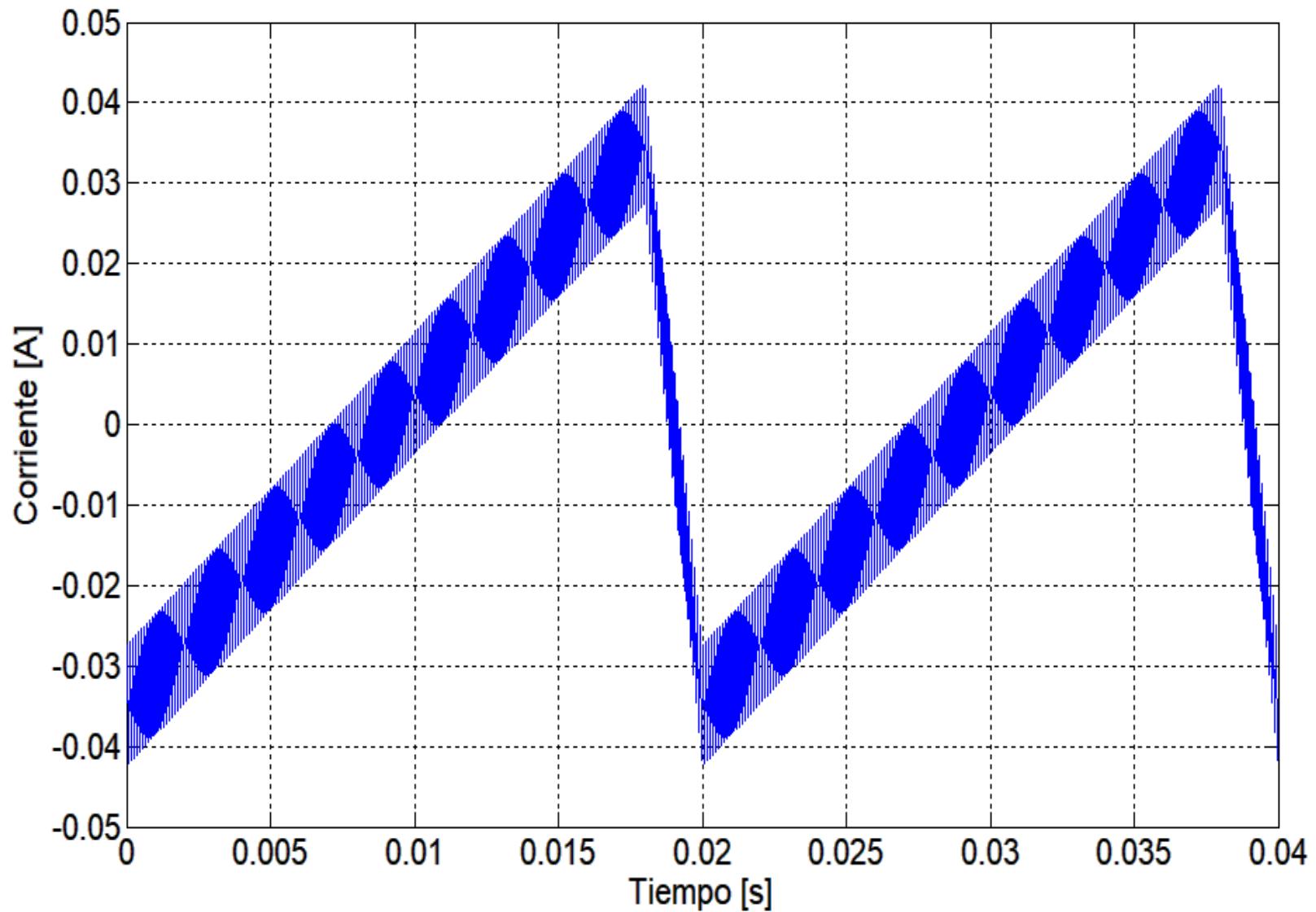


Amplitud: -40 a 40 mA

Frecuencia: 50Hz

La rampa se encarga de escanear la línea de absorción del gas variando lentamente la corriente que atraviesa el diodo láser, a su vez la señal sinusoidal de manera más rápida interactúa con la línea de absorción creando a través de la absorción una señal con armónicos múltiples de la frecuencia de modulación.

## SEÑAL MODULADA



# Diagrama de bloques

1. Generación y modulación  
de la señal

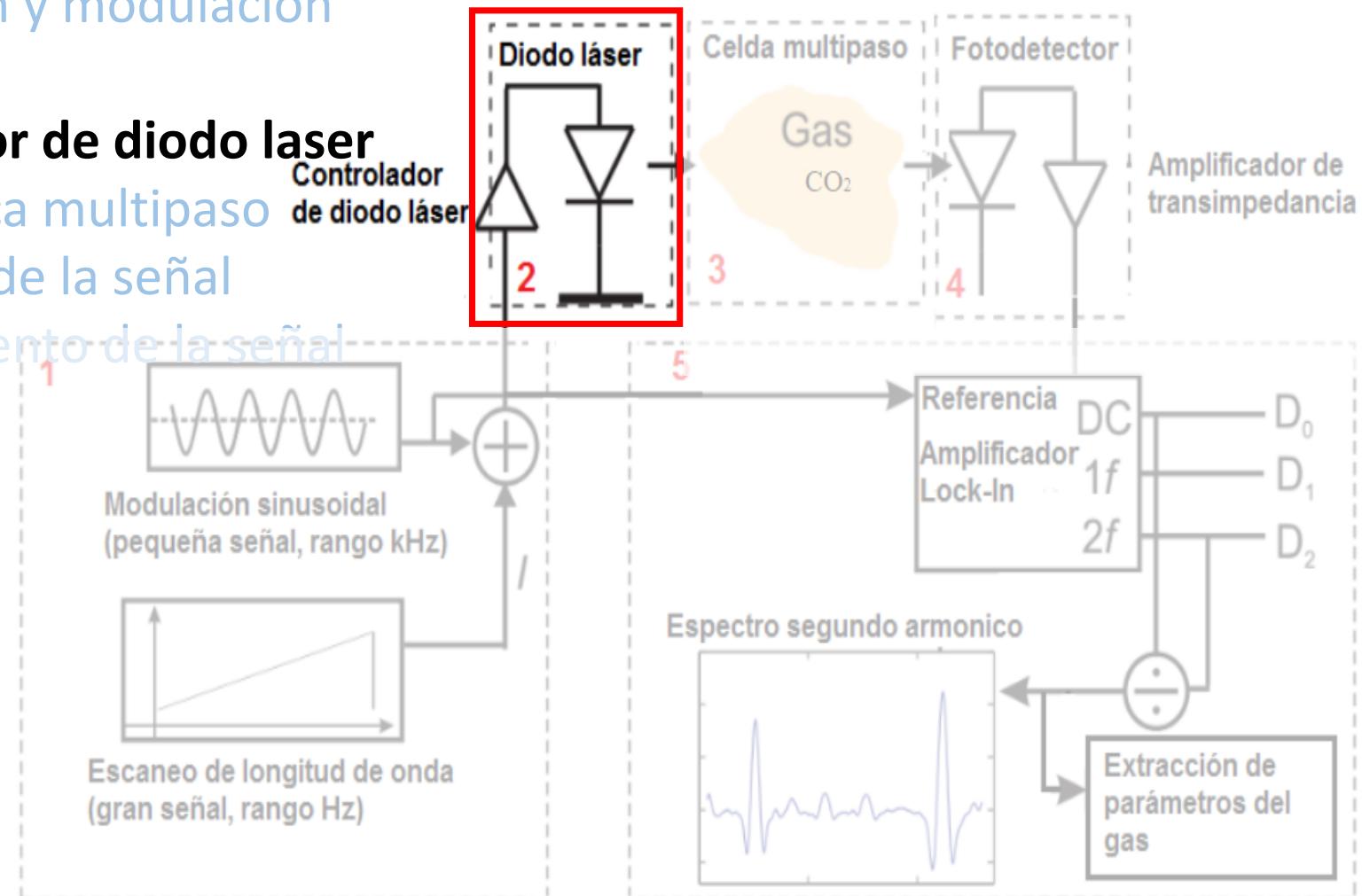
2. Controlador de diodo laser

Controlador  
de diodo láser

3. Celda óptica multipaso

4. Detección de la señal

5. Procesamiento de la señal



Referencia: J. Chen, Compact laser-spectroscopic gas sensors using vertical-cavity surface-emitting lasers, München, Technische Universität München, Diss., 2011, 2011.

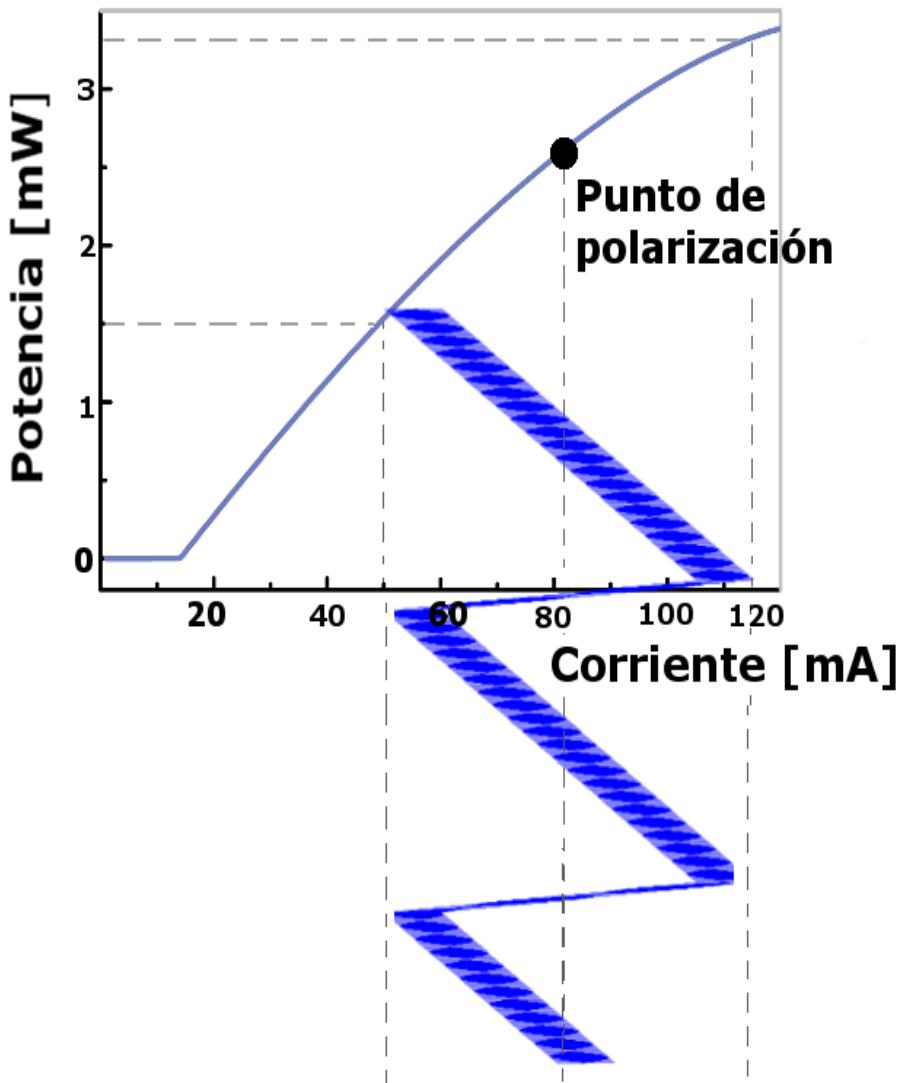


# 2004nm DM LASER

## ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS\* ( $T_{SUB} = 25^\circ C$ )

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNIT
Available Wavelength Range	$\lambda$	1970	2004	2051	nm
Wavelength Tolerance	$\lambda_{spec}$	$\lambda - 1$	$\lambda$	$\lambda + 1$	nm
Side Mode Supression Ratio	SMSR	30	40	-	dB
Threshold Current	$I_{th}$	-	20	40	mA
Output Power in fiber	$P_f$	-	3	-	mW
Optical linewidth	$\Delta f$	-	-	2	MHz
Temperature Tuning Coefficient	$T_\lambda$	-	0.1	-	nm/ $^\circ C$
Current Tuning Coefficient	$I_\lambda$	3	7	-	pm/mA
Slope Efficiency	SE	0.02	0.03	-	mW/mA
Thermistor Resistance	$R_T$	9.5	10	10.5	k $\Omega$
Thermistor Temp. Coefficient	C	-	-4.4	-	%/ $^\circ C$

# PROCESO DE MODULACIÓN

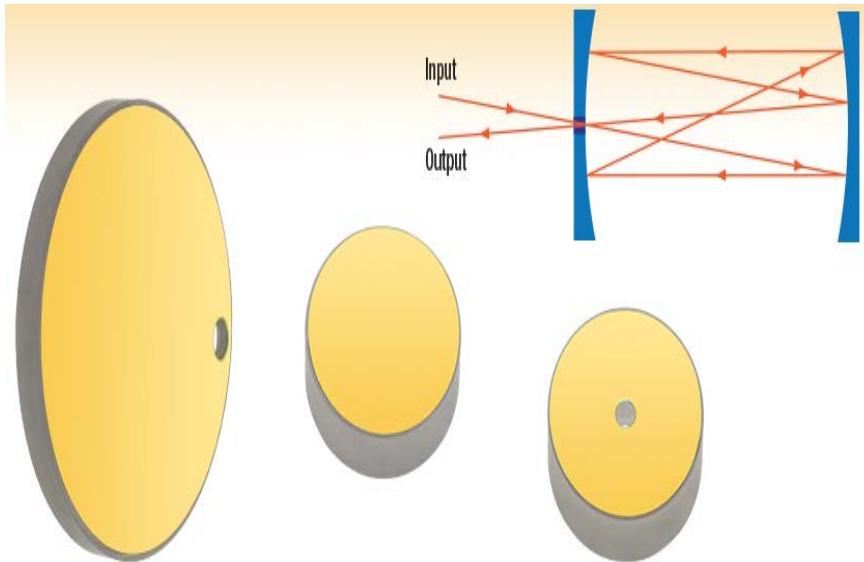
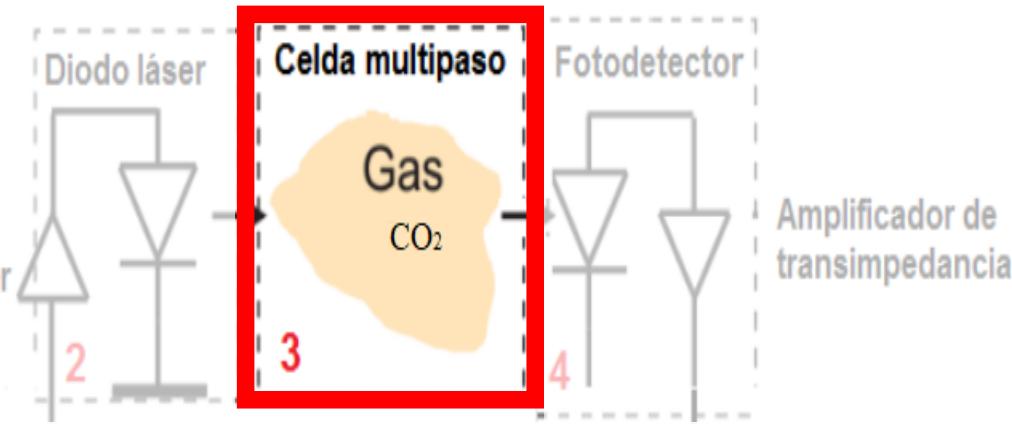


Se polariza el diodo laser y se varia la longitud de onda alrededor del punto de polarización.

La modulación de longitud de onda produce a su vez una modulación de la potencia emitida.

# Diagrama de bloques

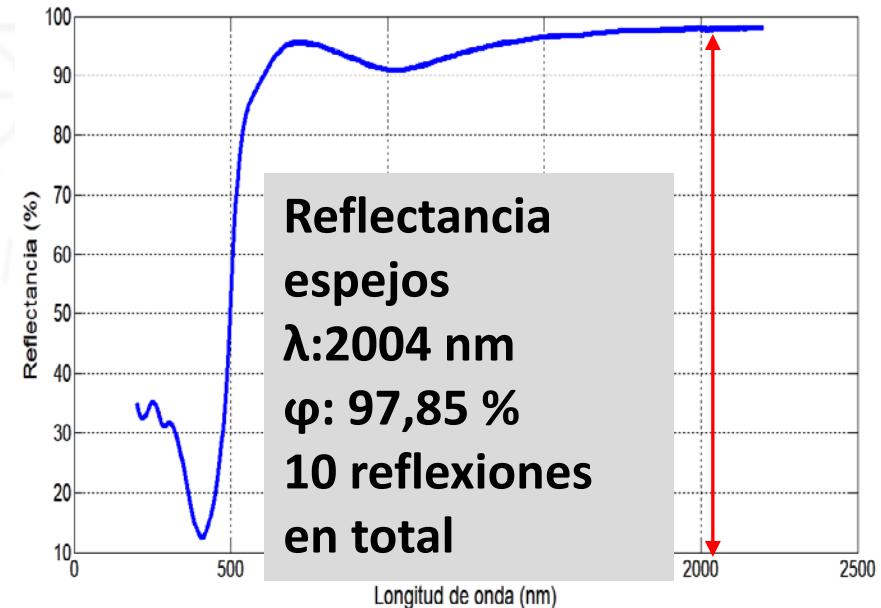
1. Generación y modulación de la señal
2. Controlador de diodo laser
3. Celda óptica multipaso
4. Detección de la señal
5. Procesamiento de la señal



Espejos recubiertos de oro

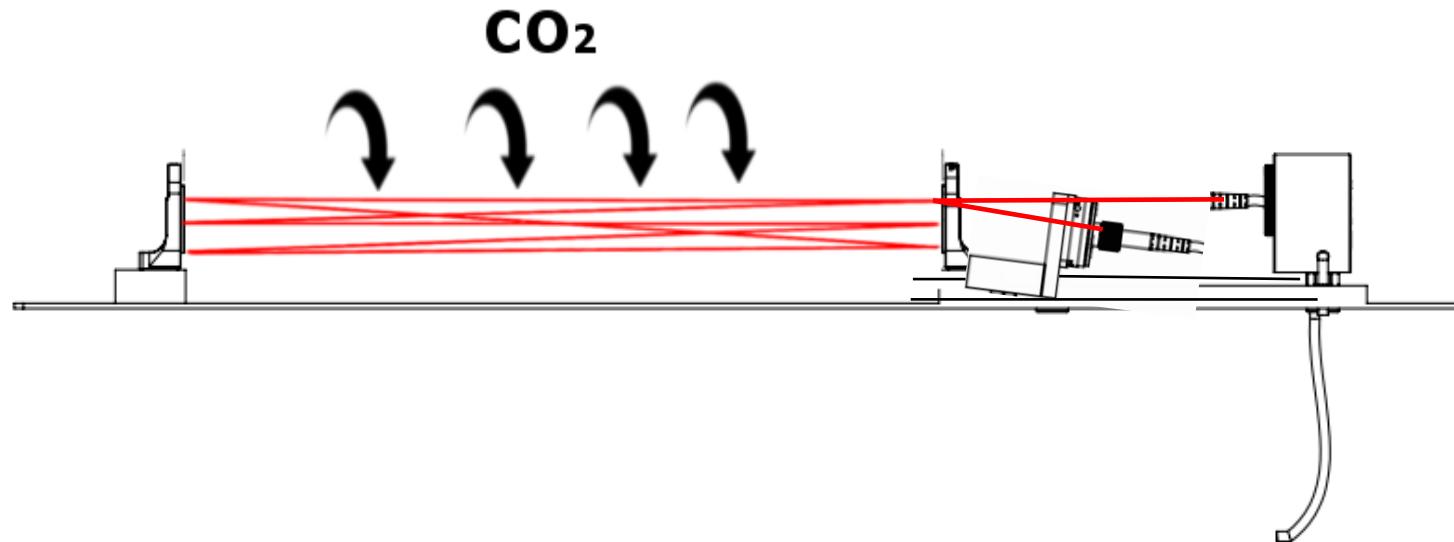
Diámetro: 1" f:100mm

Diámetro agujero entrada: 3mm



2.004 μm

# INTERACCIÓN DEL HAZ DE LUZ CON EL GAS EN LA CELDA OPTICA

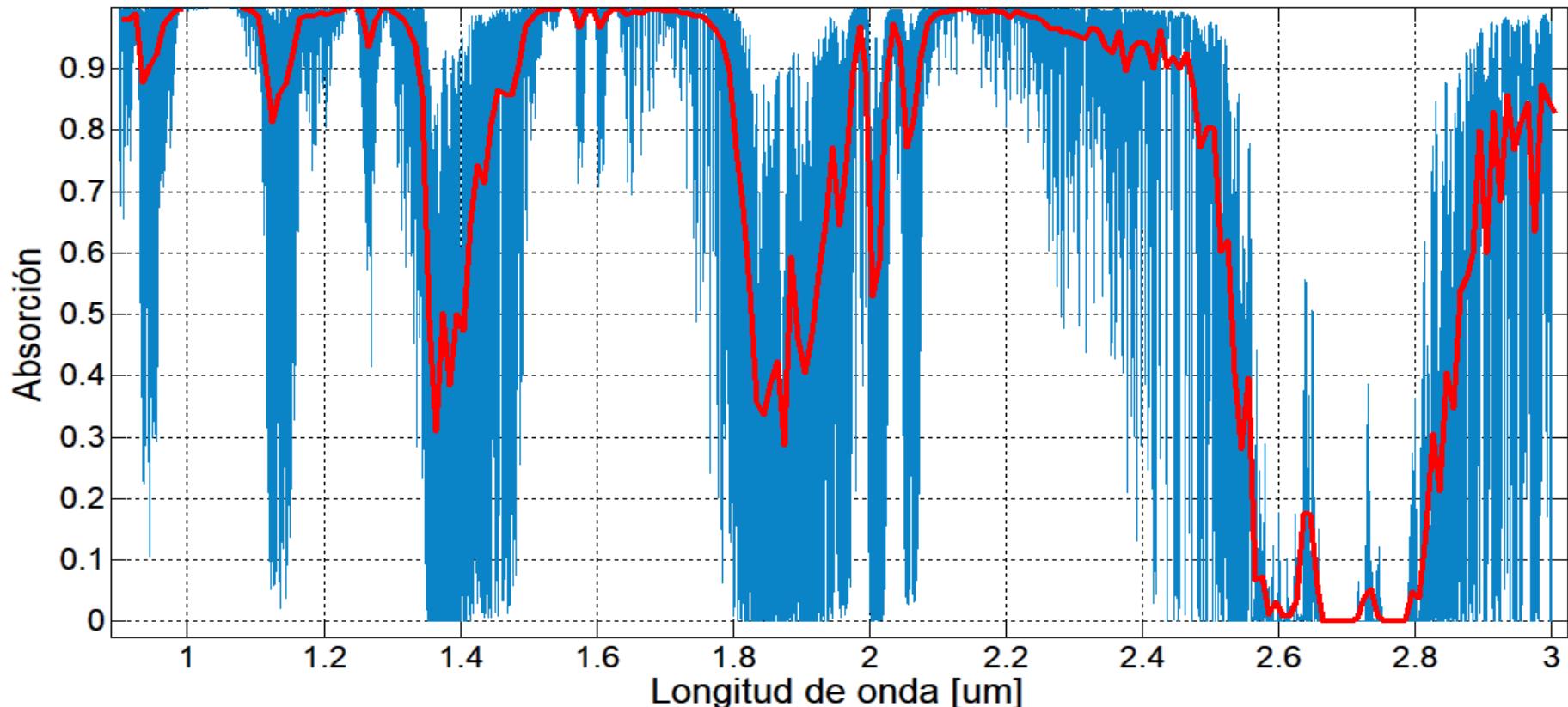


Las moléculas presentes de dióxido de carbono, interactúan con el haz de luz en una celda multipaso, la intensidad de la luz disminuye durante su recorrido debido a que el gas la absorbe.

La celda se caracteriza por tener una longitud de recorrido alta debido a la distancia entre sus espejos y el numero de reflexiones.

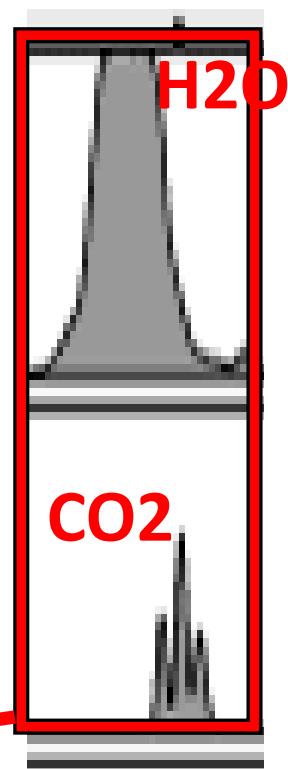
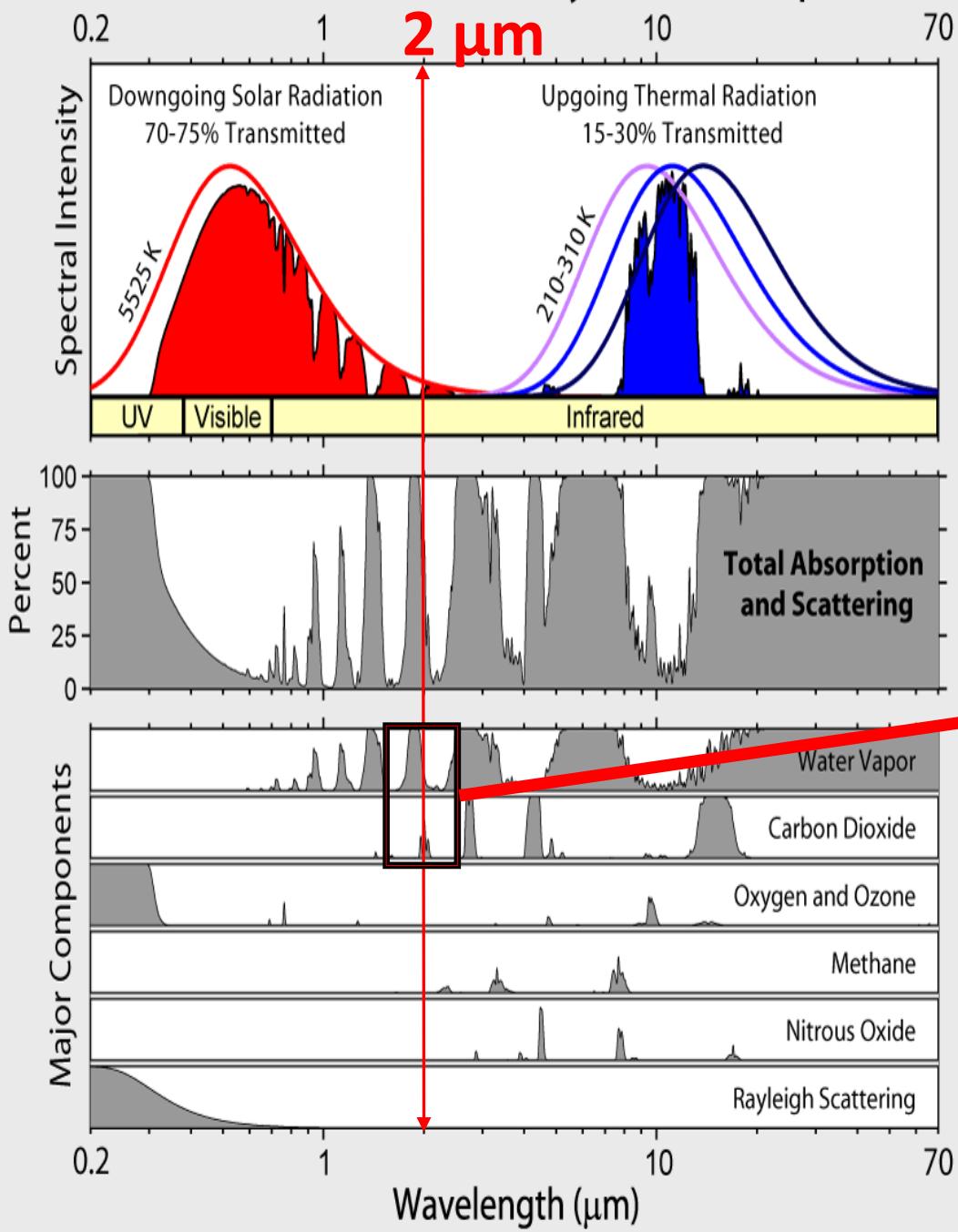
# EL ESPECTRO DE ABSORCIÓN DE LA ATMÓSFERA

ESPECTRO DE ABSORCIÓN

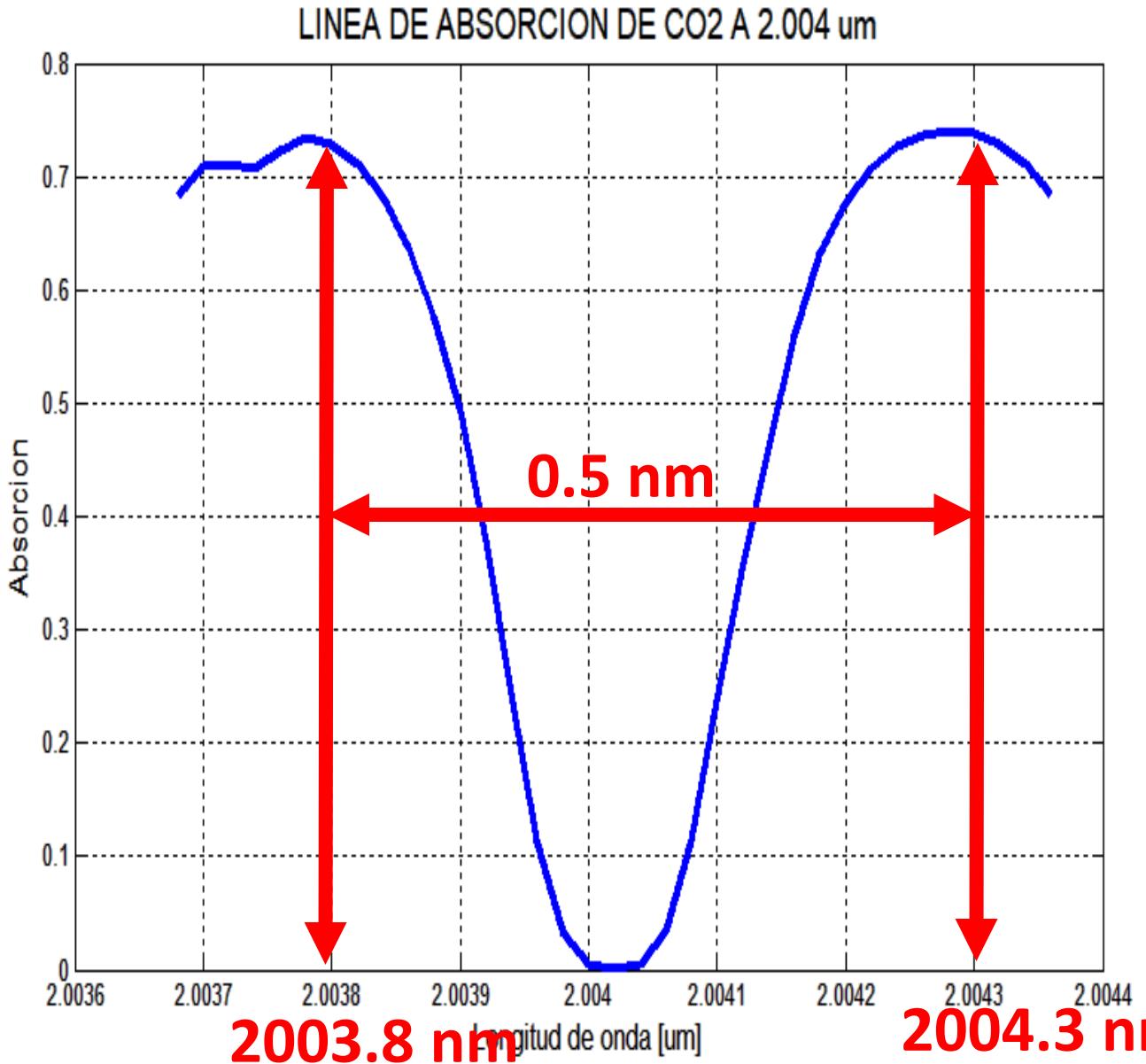


Datos calculados con el software ATRAN de la NASA (Lord, 1992). Disponibles en el sitio del telescopio GEMINI

# Radiation Transmitted by the Atmosphere



# LINEA DE ABSORCION DEL CO<sub>2</sub> A 2004 nm

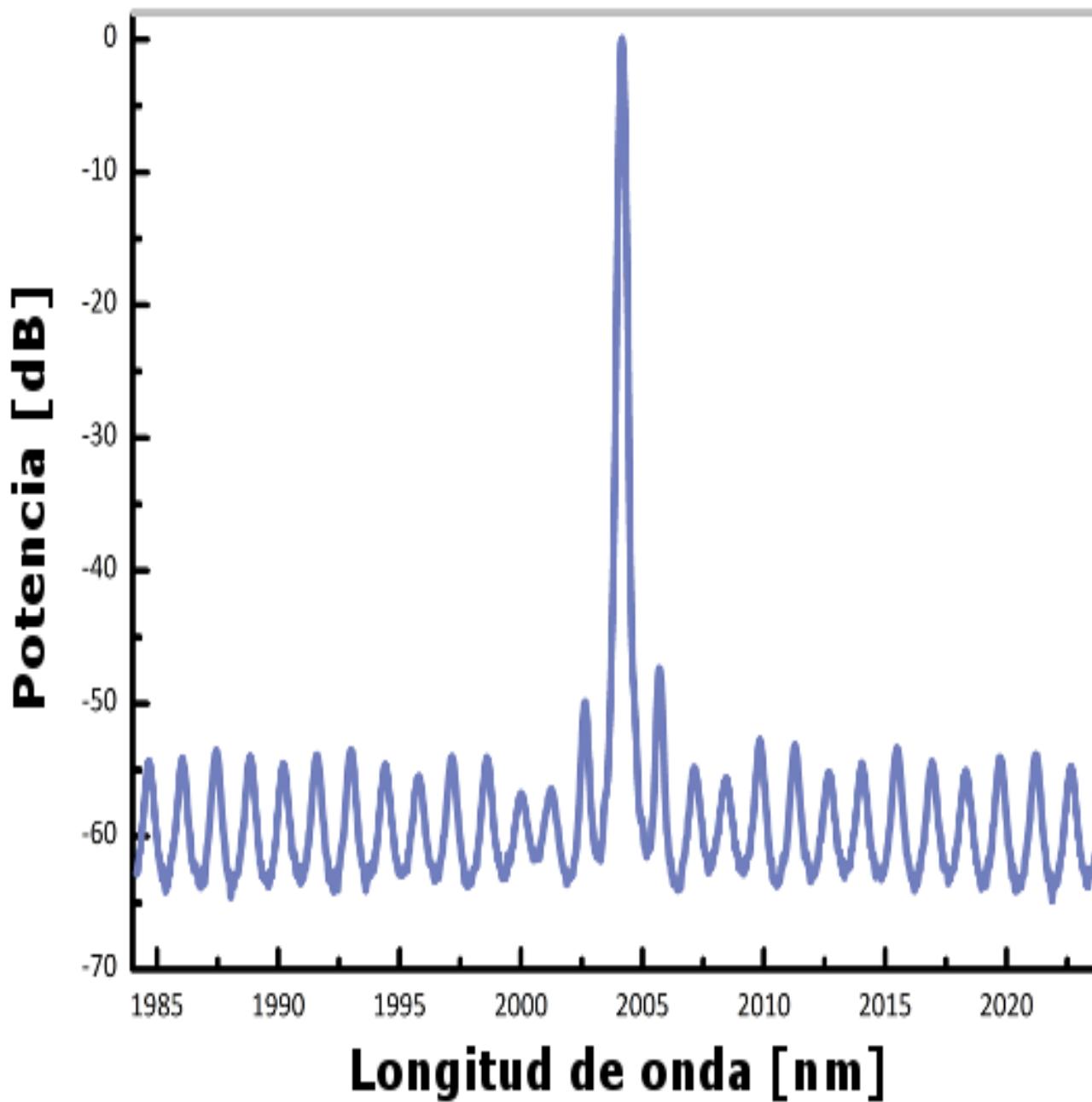


poca interferencia  
con las líneas de  
absorción de otros  
compuestos.

Diodos Laser tienen  
en el mercado

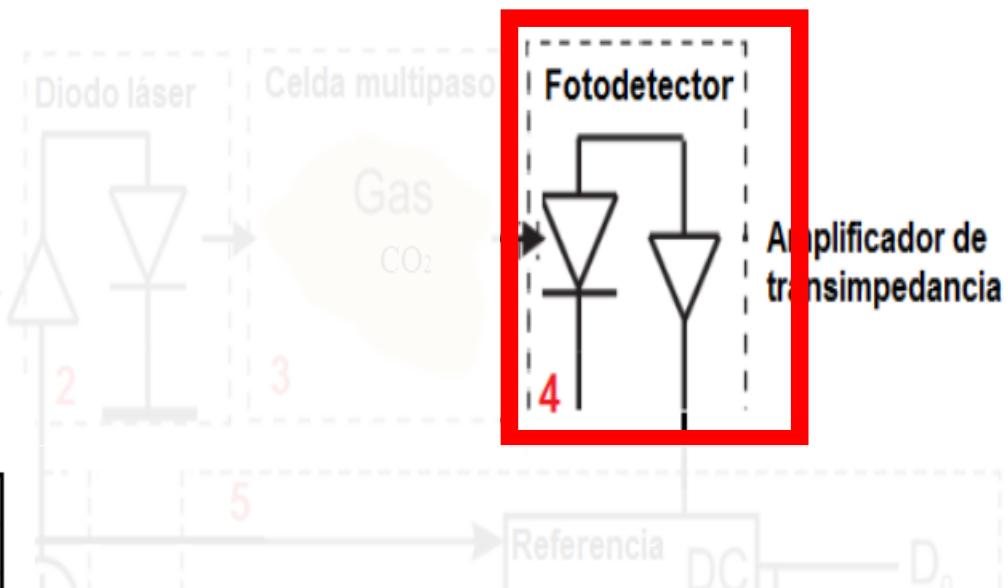
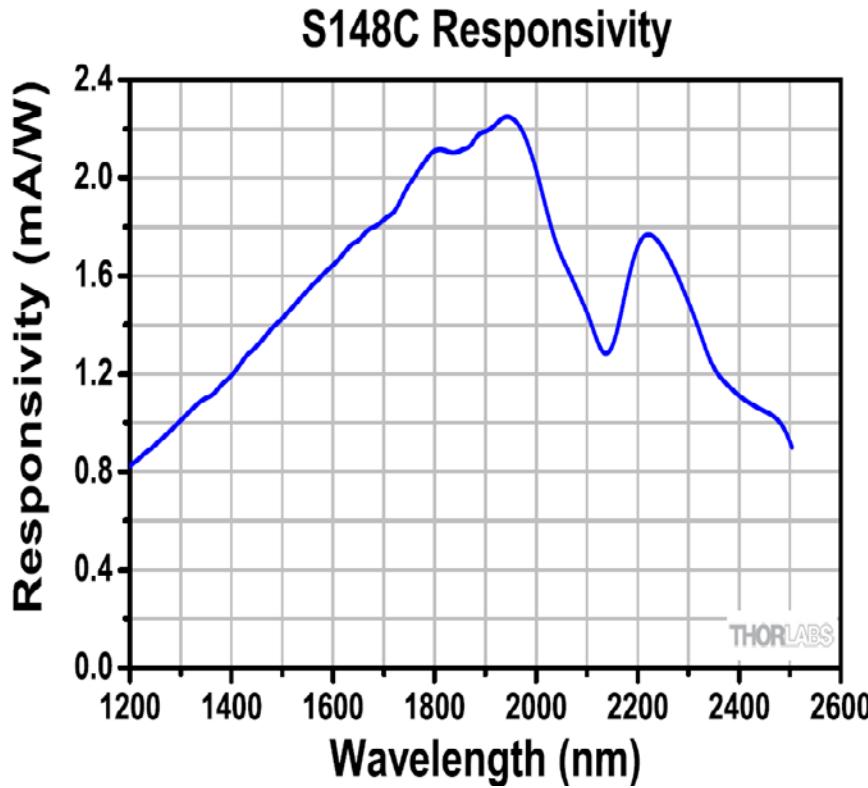
Datos calculados con el  
software **ATRAN** de la **NASA**  
(Lord, 1992). Disponibles en  
el sitio del telescopio **GEMINI**

# Espectro de Emisión del diodo laser



# Diagrama de bloques

1. Generación y modulación de la señal
2. Controlador de diodo laser
3. Celda óptica multipaso
4. Detección de la señal
- 5.



Absorción espejos \* absorción gas  
 $0.1 * 0.3 = \sim 100 X$   
(reducción señal de entrada)  
1-3mW (potencia laser)  
: 10-30 $\mu$ W

OK para el  
fotodiodo !!!

Extracción de  
parámetros del  
gas

# Diagrama de bloques

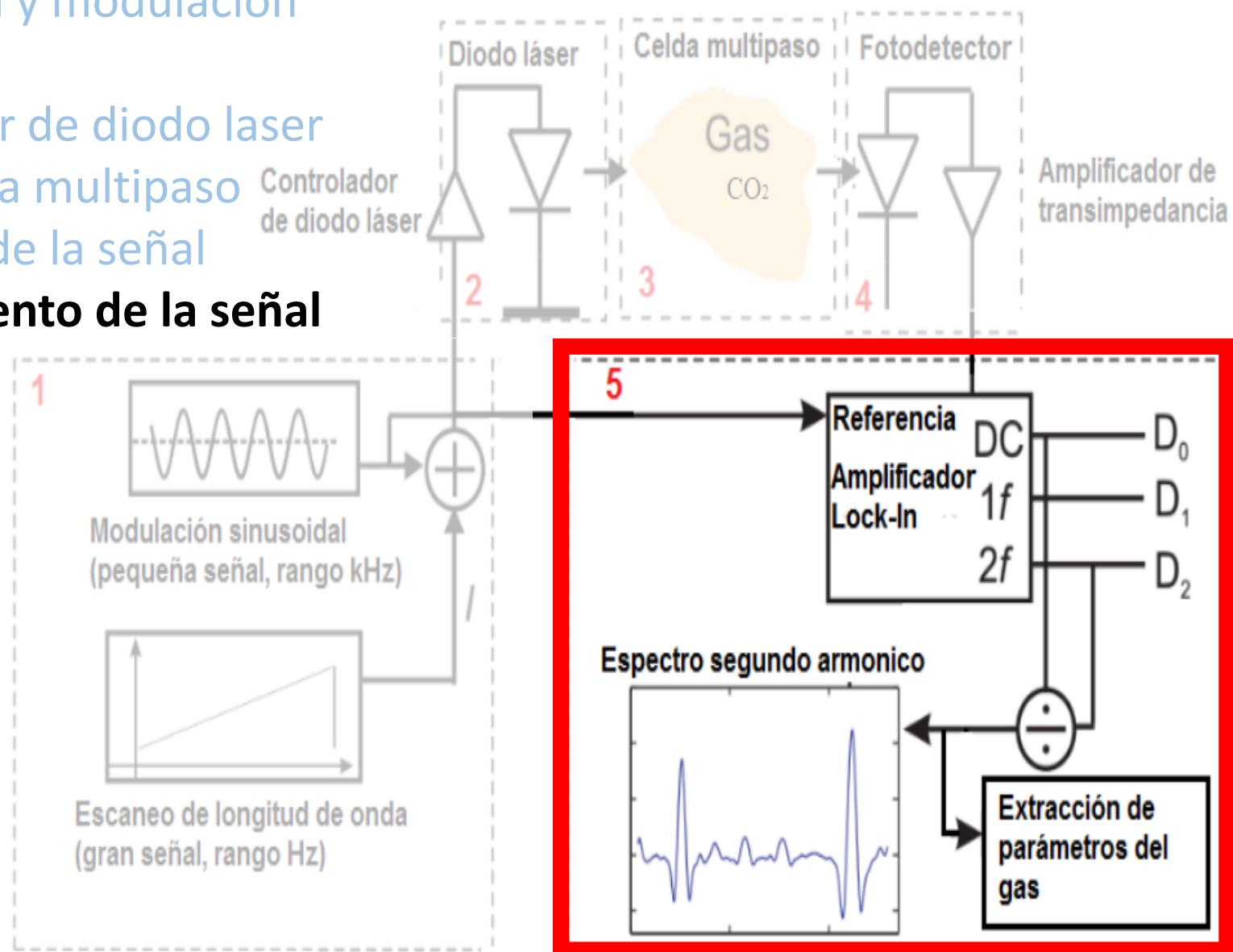
1. Generación y modulación  
de la señal

2. Controlador de diodo laser

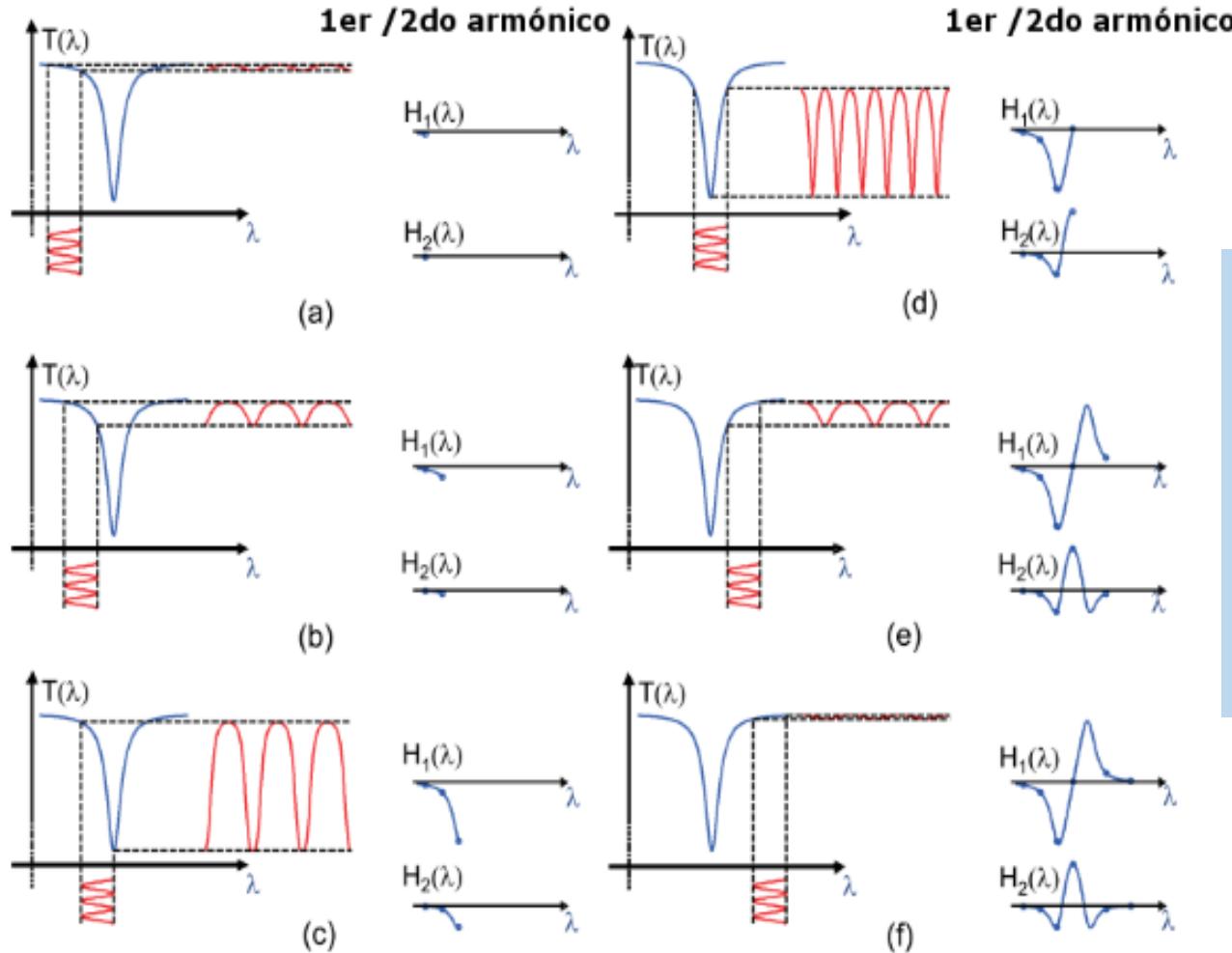
3. Celda óptica multipaso

4. Detección de la señal

5. Procesamiento de la señal



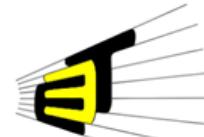
# INTERACCION CON LA LINEA DE ABSORCION Y CREACION DE LOS ARMONICOS



La **información útil** de las características del gas se encuentra en el **primer y segundo armónico** de la línea de absorción.

# Sistema de radiocomunicaciones

Universidad  
Industrial de  
Santander



Escuela de Ingenierías  
Eléctrica, Electrónica y de  
Telecomunicaciones



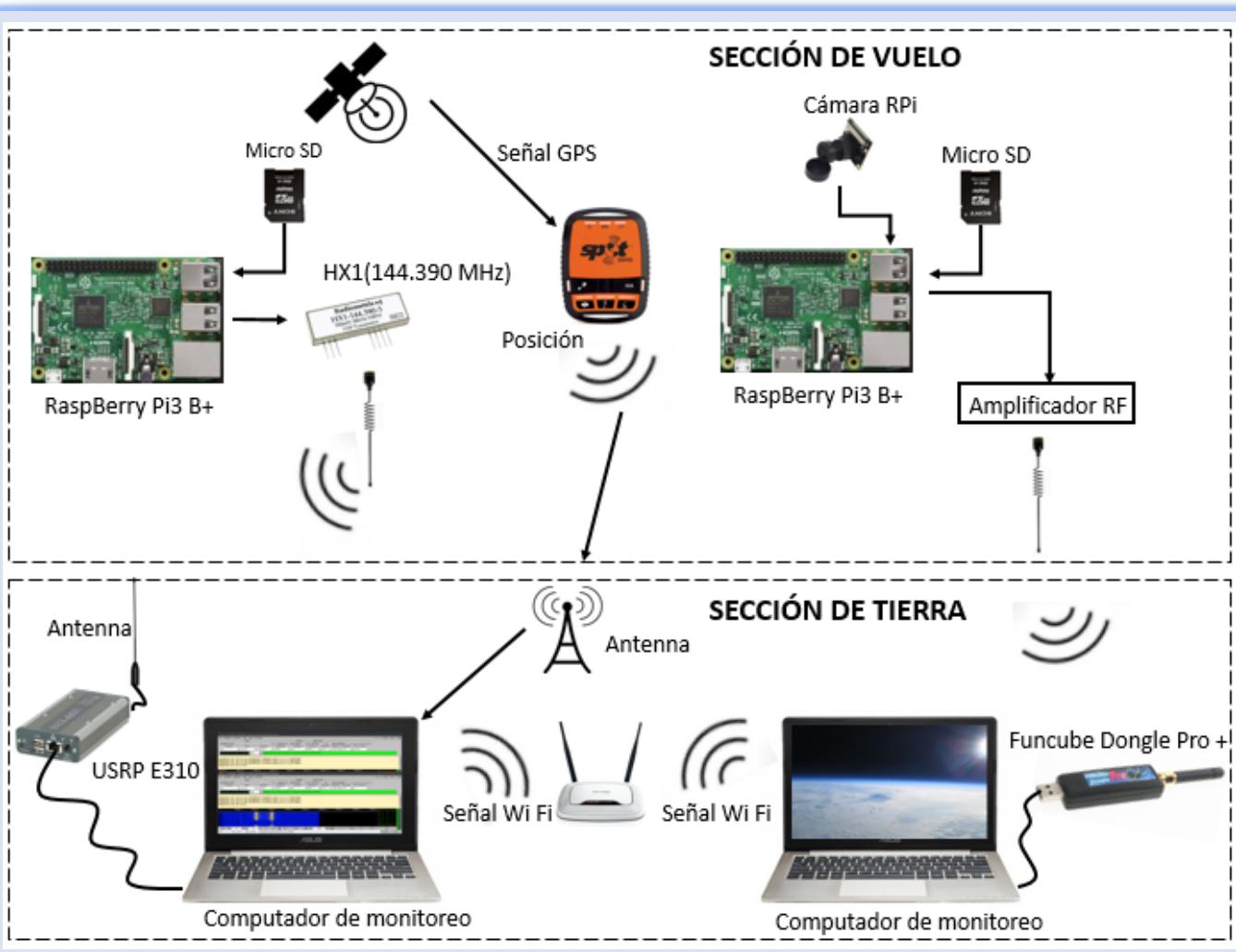
## Sistema de radiocomunicaciones de la misión E3Tratos

**H. Navarro-Moya<sup>2</sup>, S. Carrillo-Gómez<sup>2</sup>, D. Amaranto<sup>1</sup>, J. Rodríguez-Ferreira<sup>1</sup>, D. Forero-Martínez<sup>2</sup>, H. Ortega<sup>2</sup>**

1. Grupo de Investigación en Control, Electrónica, Modelado y Simulación. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 Calle 9, (680002) Bucaramanga, Colombia.
2. Grupo Radiogis Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 Calle 9, (680002) Bucaramanga, Colombia.  
Misión E3Tratos: [www.e3tratos.co](http://www.e3tratos.co) \*Contacto: [jgrodrif@uis.edu.co](mailto:jgrodrif@uis.edu.co)

**VER Poster HOY: Navarro-Moya et al.**

# DESCRIPCIÓN TÉCNICA



## Componentes

Raspberry Pi 3 B+

Transmisor HX1

Rastreador SPOT Gen3

Cámara RPi

Amplificador RF

Tarjetas micro SD

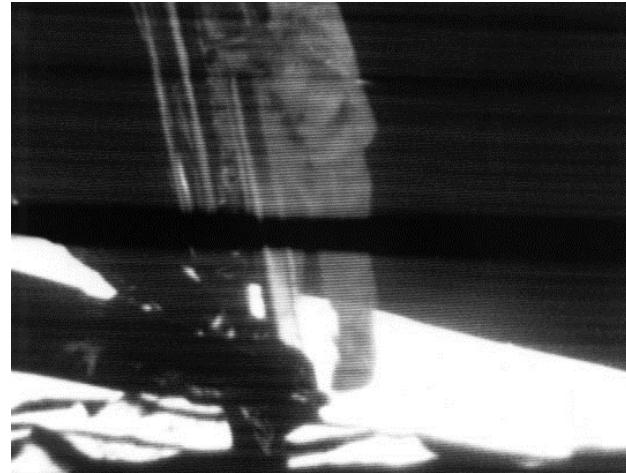
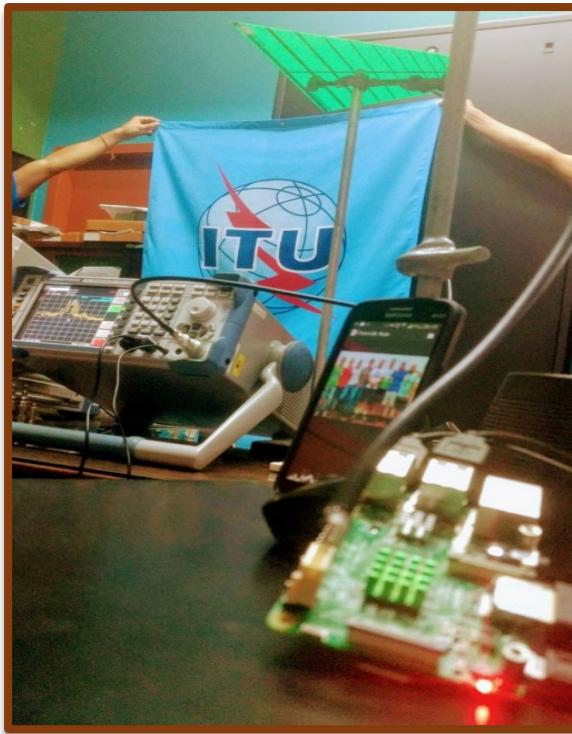
Antenas

USRP E310

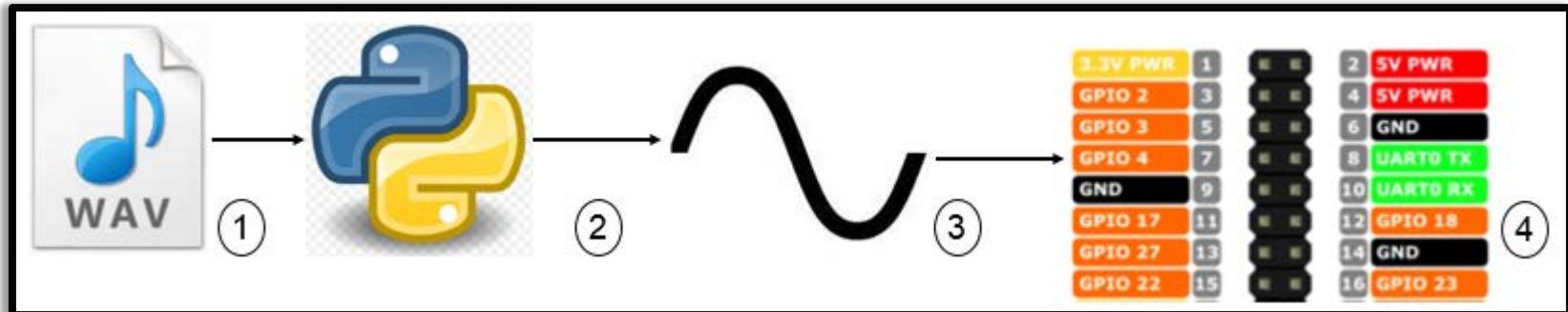
Funcube Dongle Pro+

Guardamos en disco interno TODO, una parte la enviamos

# RESULTADOS DE PRUEBAS REALIZADAS



## MODULACIÓN FM / Slow Scan TV



# MODULACIÓN FM / SSTV

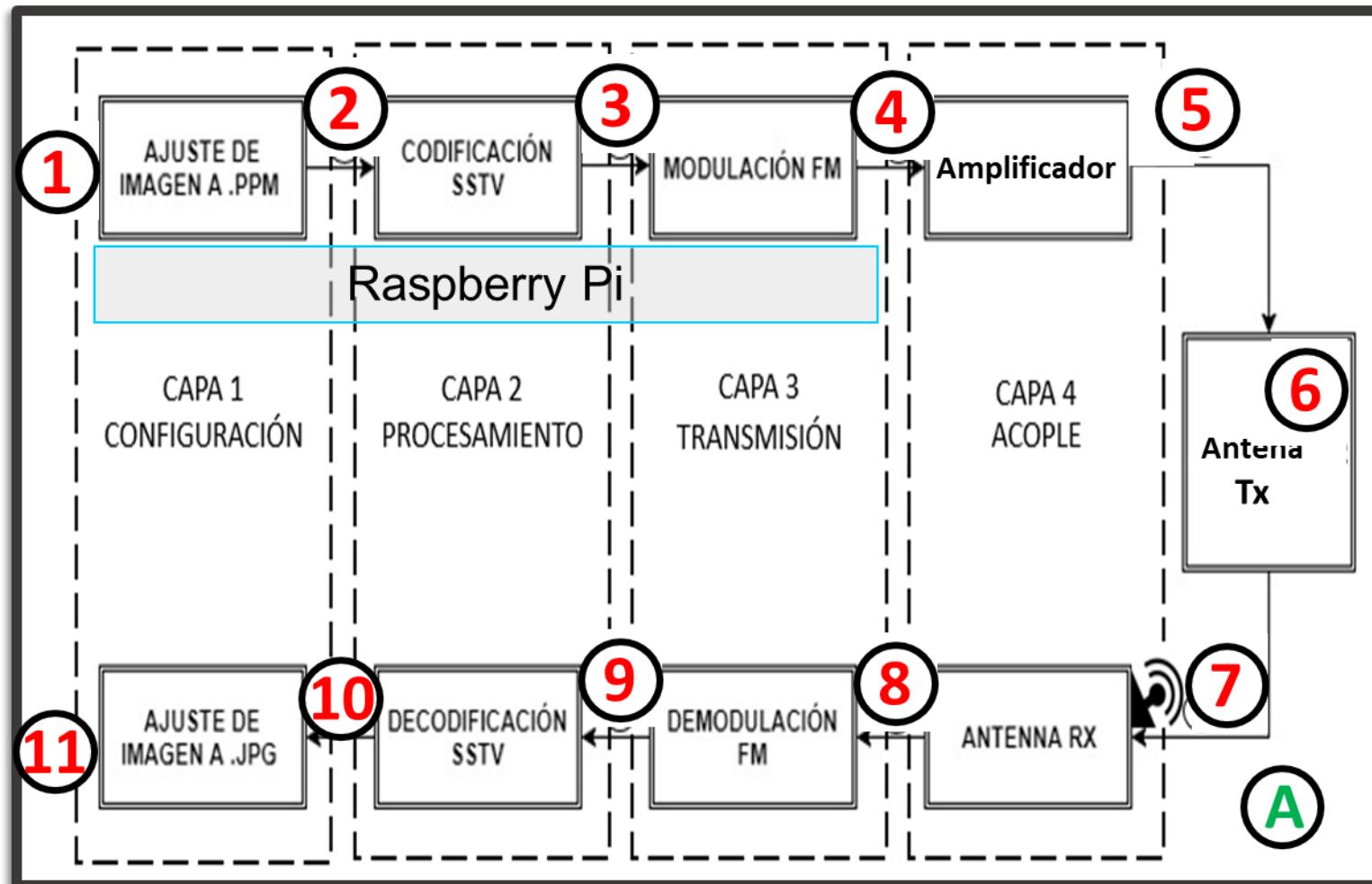
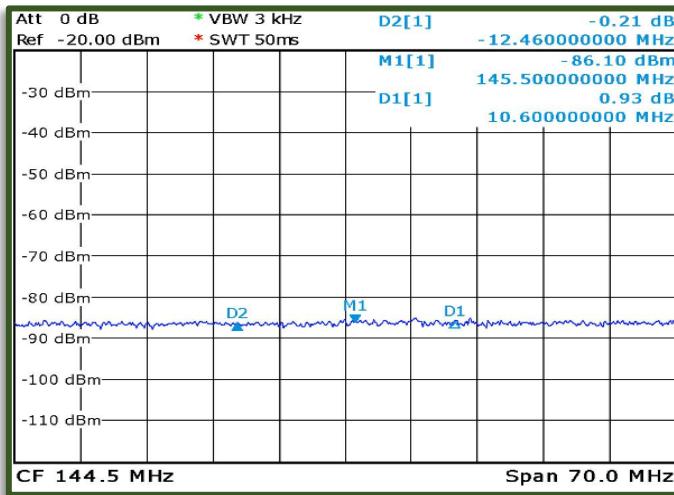


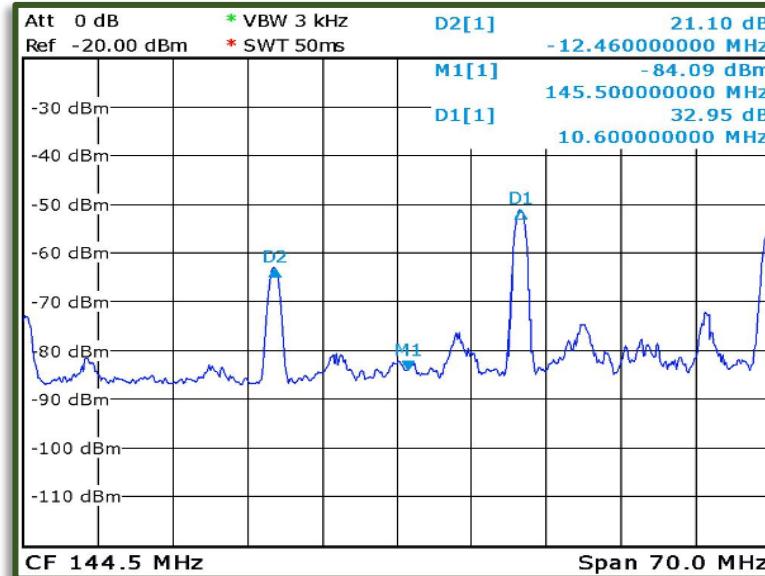
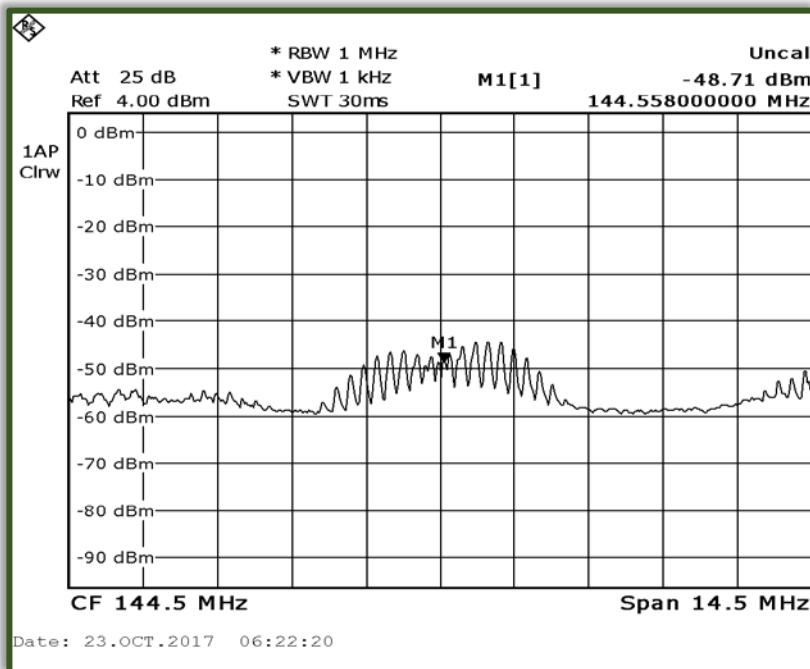
Imagen resolución 320x240

Salida FM del transmisor Rpi con  $P \approx -65 \text{ dBm}$

Amplificar !!! ...Ampli de 3W



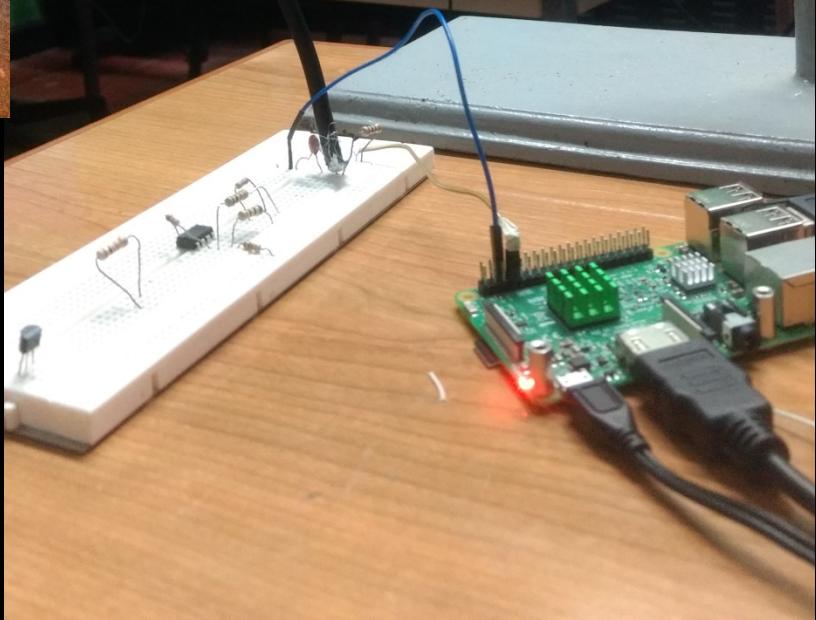
*Espectro recibido con una transmisión apagada.*



*Espectro recibido luego de ejecutar la transmisión de un tono.*

La transmisión fue realizada desde la **Raspberry Pi3** a una frecuencia de **144,5 [MHz]** y su recepción se pudo observar con el analizador de red vectorial

*Espectro recibido de la transmisión de una imagen.*





**Saquen sus celulares  
por favor...**

# GRACIAS

## Mención Especial UTP !!!

Contacto:

Julián RODRIGUEZ FERREIRA

**jgrodrif@uis.edu.co**

**Twitter: @cosmojules**

