

01

E. D. Fonseca

E. Paez

# Métricas, datos y calibración inteligente



Universidad  
Industrial de  
Santander

# 02

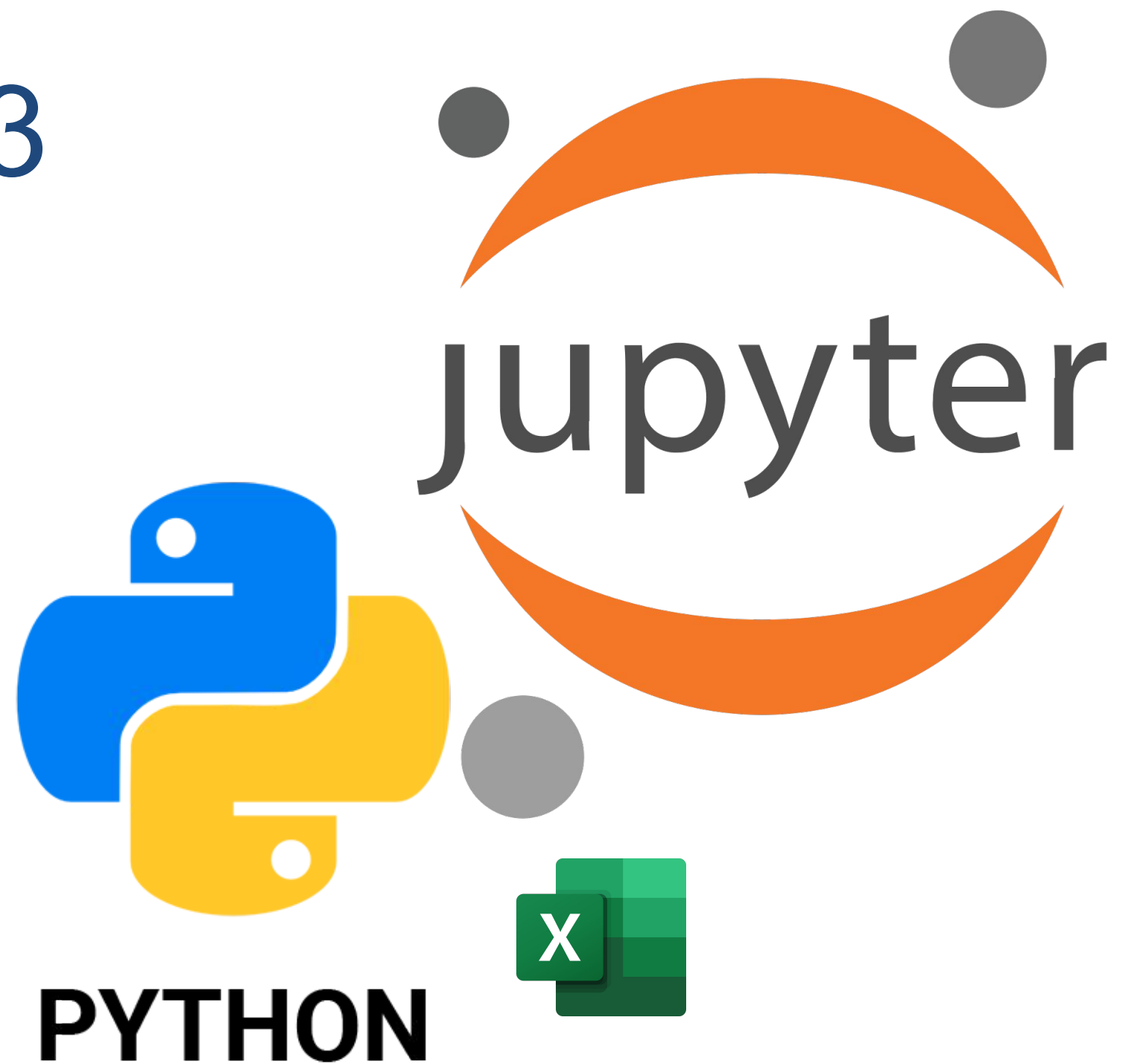
## Problema 1

¿Cuál es el error de medición del sensor de bajo costo?

## Problema 2

¿Como calibrarlo?

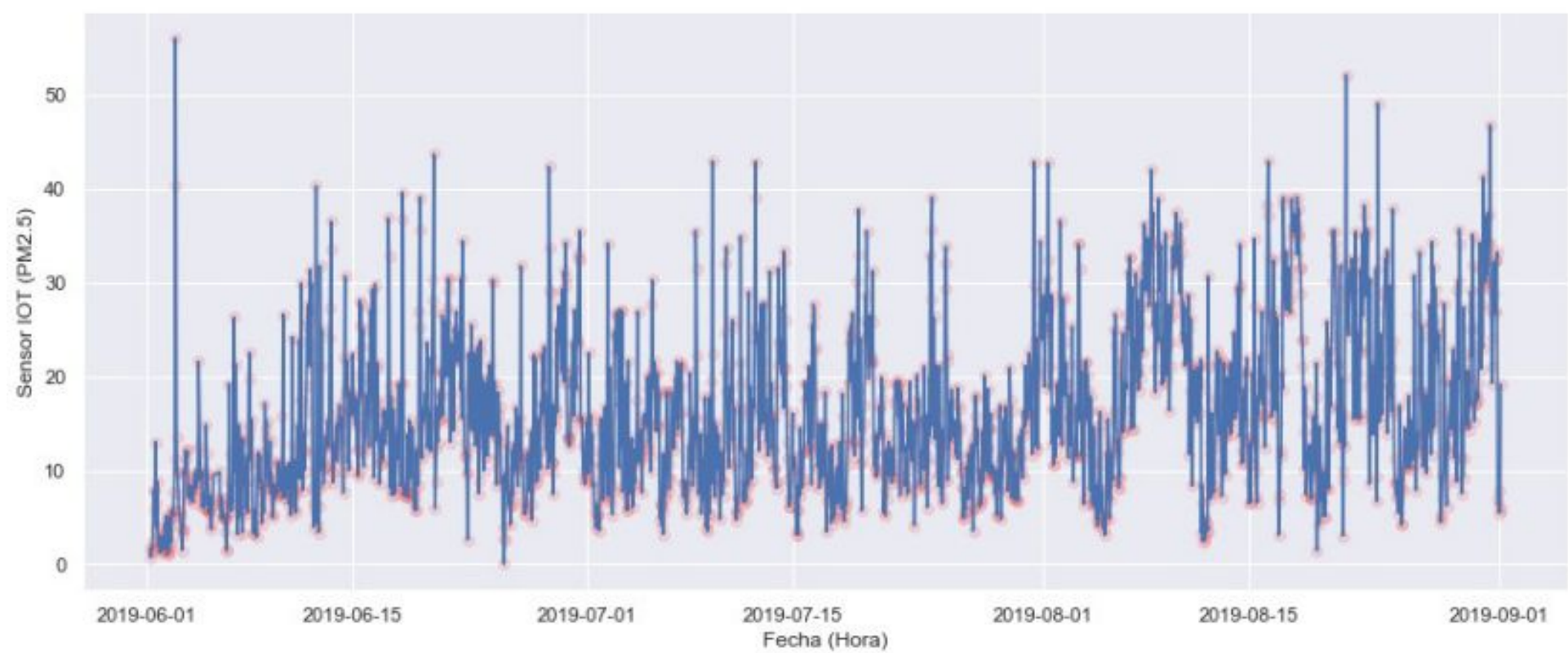
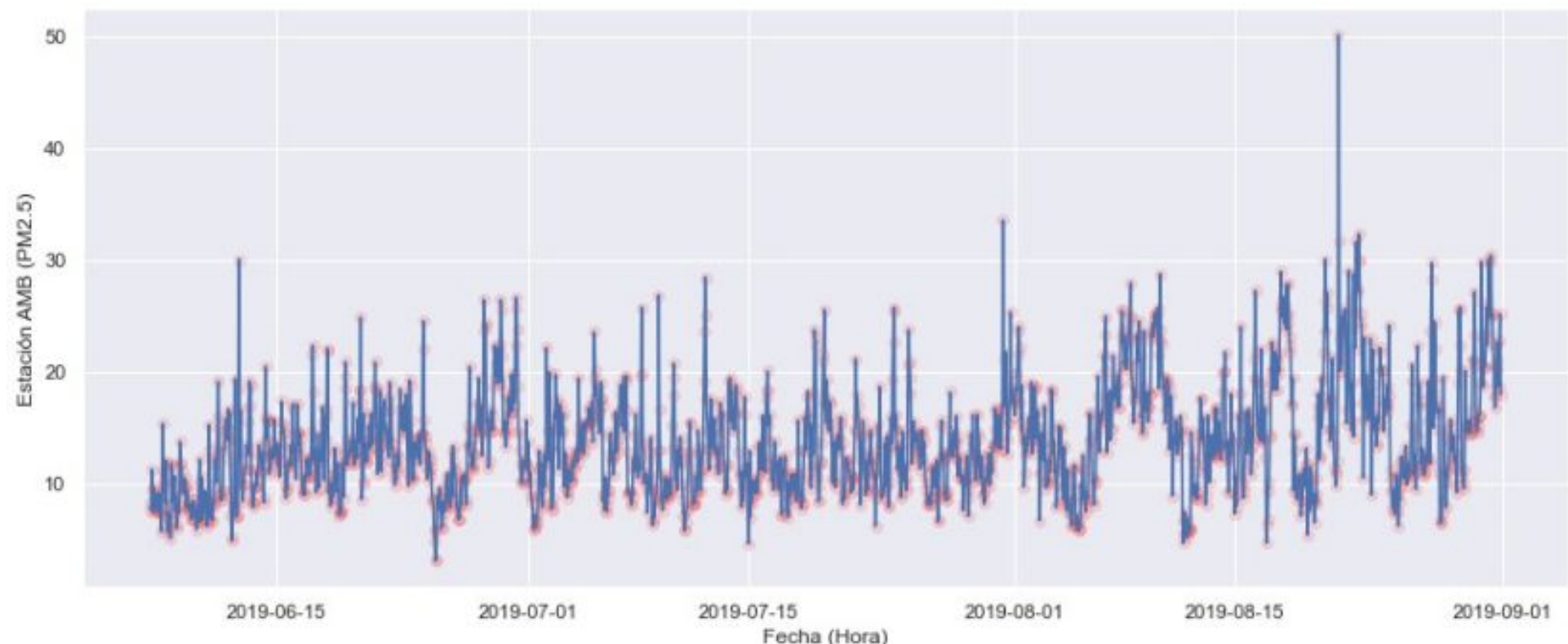
03



## Librerias

```
pandas as pd  
matplotlib.pyplot as mpl  
matplotlib.ticker as tk  
seaborn as sns  
pylab as pl  
numpy as np  
from scipy.special import legendre  
math  
xlrd
```





Representación Gráfica, datos obtenidos por la estación y el sensor IoT por hora desde el 7/06/2019 hasta el 31/08/2019



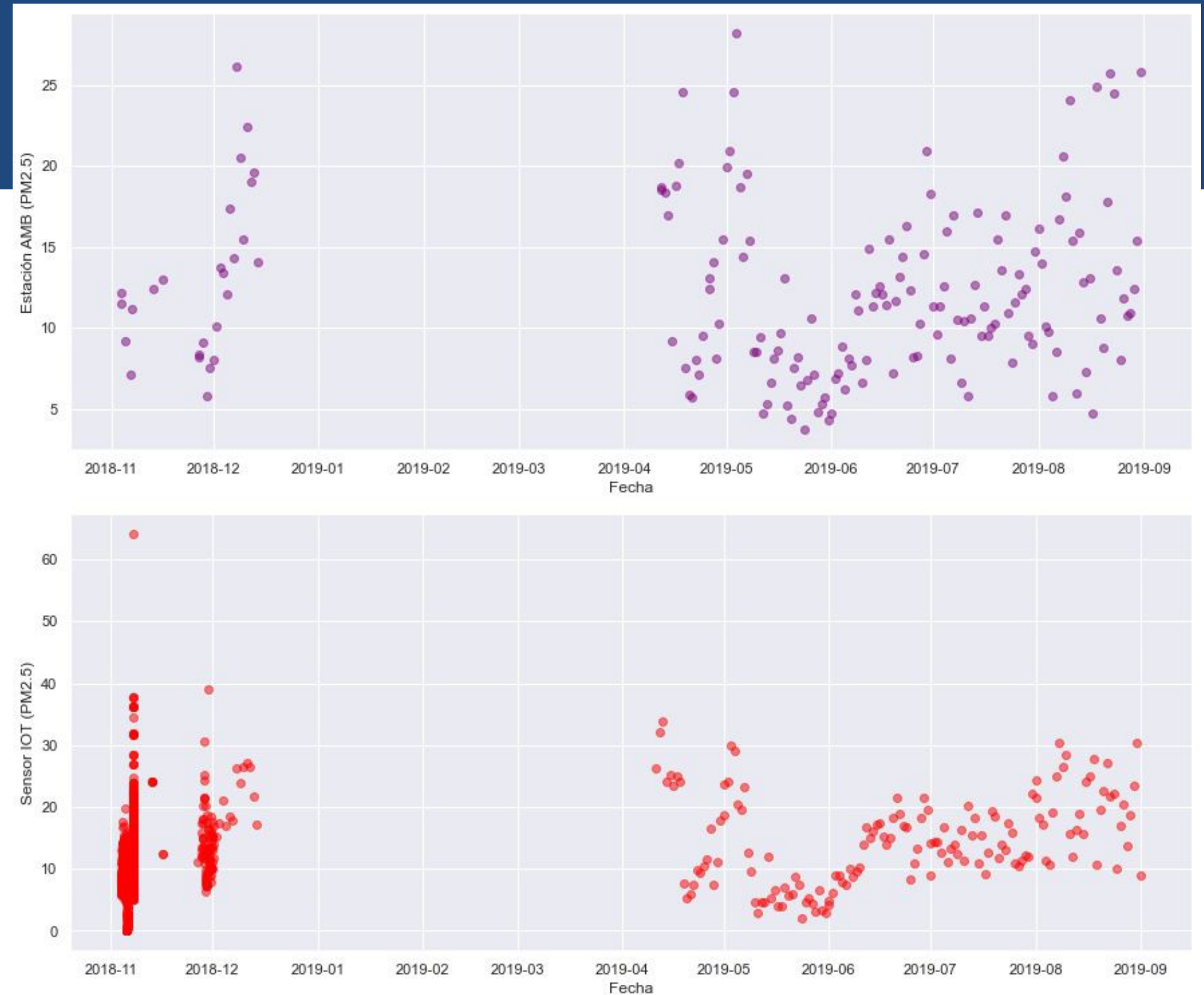
# Análisis de Datos

Fecha	AMB		IoT	
	Hora	Valor	Hora	Valor
7/06/2019	0:00:00	7.7	0:02:49	9.916666
	2:00:00	8.2	1:03:00	10.99999
	3:00:00	11.3	2:02:50	21.25
31/08/2019	21:00:00	22.8	21:02:49	32.41667
	22:00:00	25.2	21:02:49	33.25
	23:00:00	18	21:03:00	6.91666

Comparación de datos de la Estación AMB - Normal y Sensores IoT, ordenados en orden cronológico desde el 7 de junio del 2019 hasta el 31 de agosto del 2019

# 05

- Espacios de tiempos donde no se cuentan con registros para la estación AMB, el sensor IoT o para ambos simultáneamente
- 24 Registros Diarios
- Continuidad en las fechas para Sensor IoT y Estación AMB-NORMAL



Diagramas de dispersión - Estación AMB Normal y Sensor IoT

Valores		
Fecha	AMB	IOT
7/06/2019	9.029	10.13
8/06/2019	8.71	8.78
9/06/2019	8.28	9.58
29/08/2019	15.13	18.61
30/08/2019	19.65	23.57
31/08/2019	22.87	30.35

Comparación de datos de la Estación AMB - Normal y Sensores IoT, ordenados en orden cronológico desde el 7 de junio hasta el 31 de agosto



Promedios de datos diarios desde el 7/06/2019 hasta el 31/08/2019 para estacion AMB y Sensor IoT



# 08

```
# Para el calculo de las nuevas X
X = []
for i in np.arange(-1, 1+float(2/85), float(2/85)):
    X.append(round(i, 6))
#print(len(X))
# Para el cálculo de los coeficientes para hallar los polinomios con las nuevas X
P = []
for i in np.arange(0, len(Comparar['Sensor IOT'])):
    fila = []
    for j in np.arange(0, 3):
        pol = legendre(j)
        fila.append(round(pol(X[i]), 6))
    P.append(fila)
```

- Nuevas X
- Coeficientes

```

# Resuelve el sistema de ecuaciones para hallara C0, C1 y C2
def coeficientes(P, columna_1):
    inicio = 0
    final = 7
    resultado = []
    for i in range(0, 100):
        A = np.matrix([P[inicio],P[inicio+1],P[inicio+2]])
        B = np.matrix([[Comparar[columna_1][inicio]], [Comparar[columna_1][inicio+1]], [Comparar[columna_1][inicio+2]]])
        C = (A**-1)*B
        inicio = inicio + 1
        if inicio > 83:
            inicio = 83
            A = np.matrix([P[inicio],P[inicio+1],P[inicio+2]])
            B = np.matrix([[Comparar[columna_1][inicio]], [Comparar[columna_1][inicio+1]], [Comparar[columna_1][inicio+2]]])
            C = (A**-1)*B
            resultado.append(C)
            return resultado
            break
        else:
            resultado.append(C)
    return resultado

```

# Solución del sistema de ecuaciones

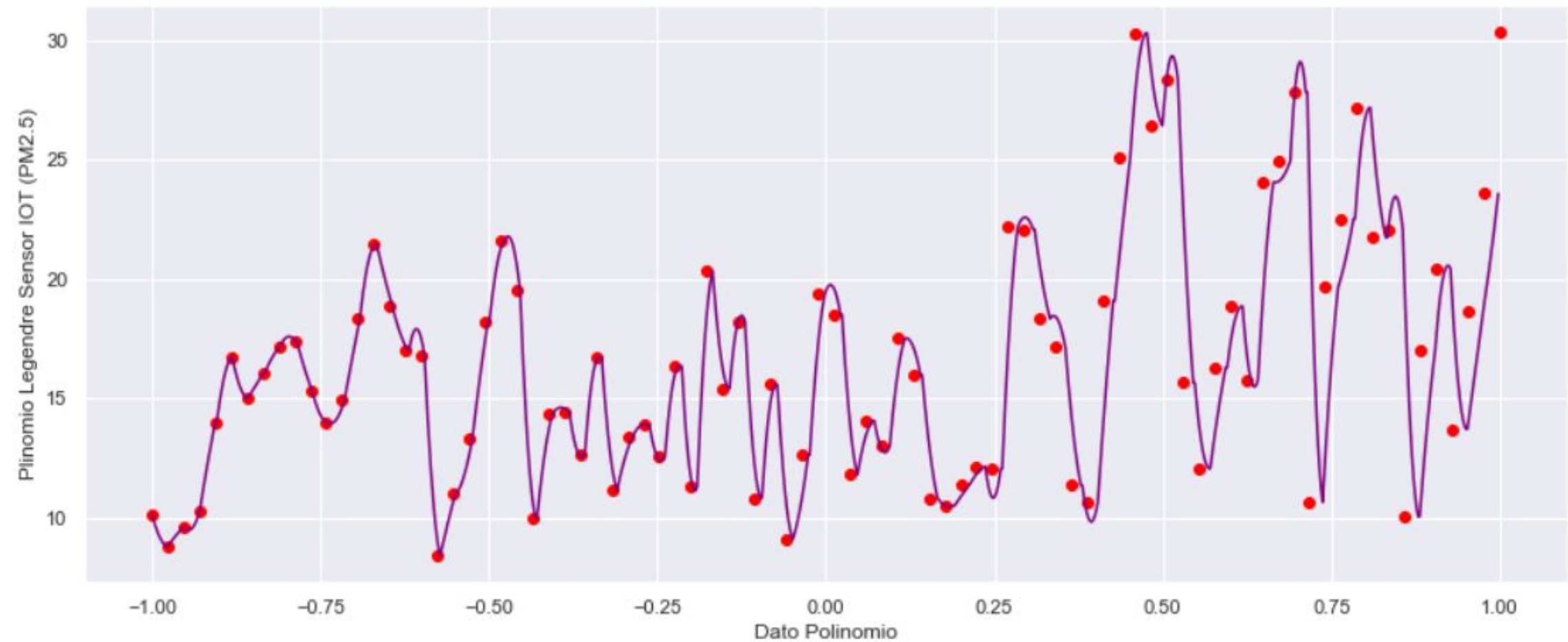
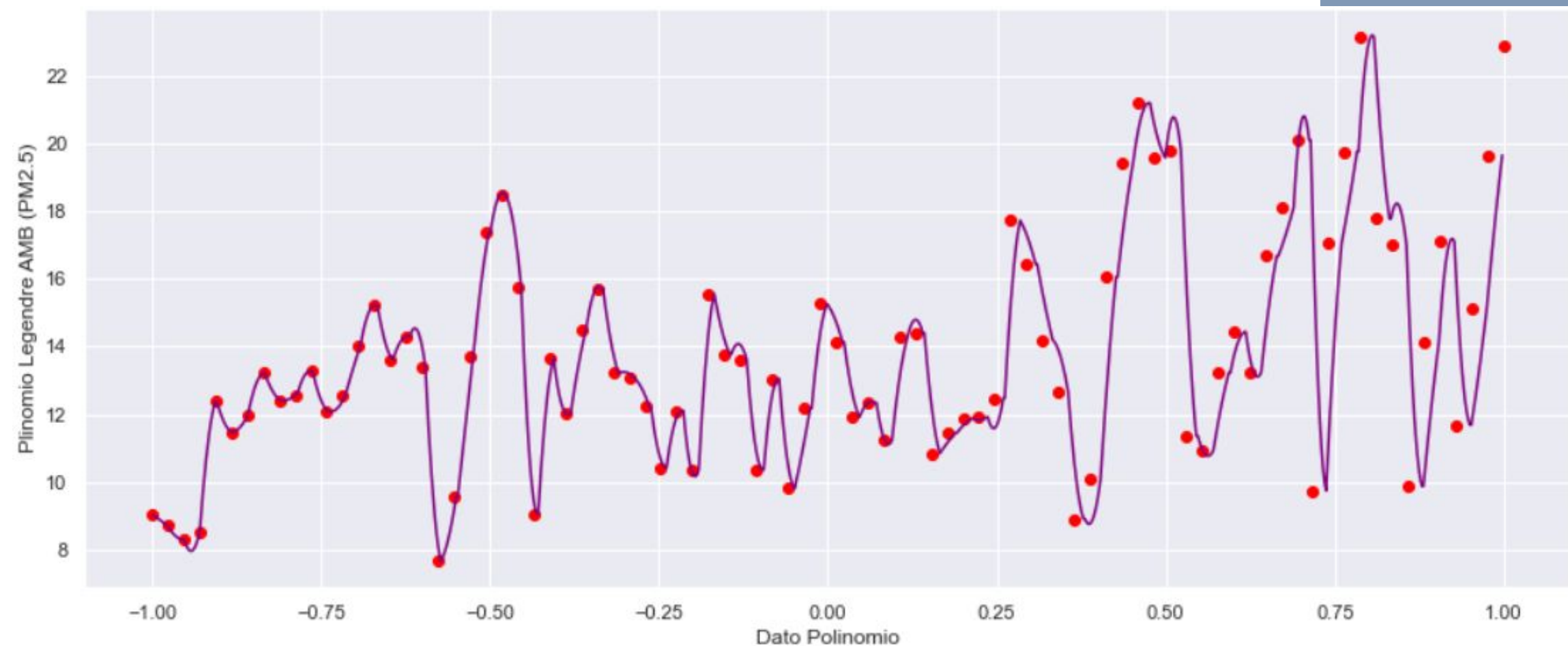
	P1	FECHA	AMB	Sensor IoT
P2		7/06/2019	9.03	10.13
P3		8/06/2019	8.71	8.78
		9/06/2019	8.28	9.59
		10/06/2019	8.54	10.26
		11/06/2019	12.37	13.95

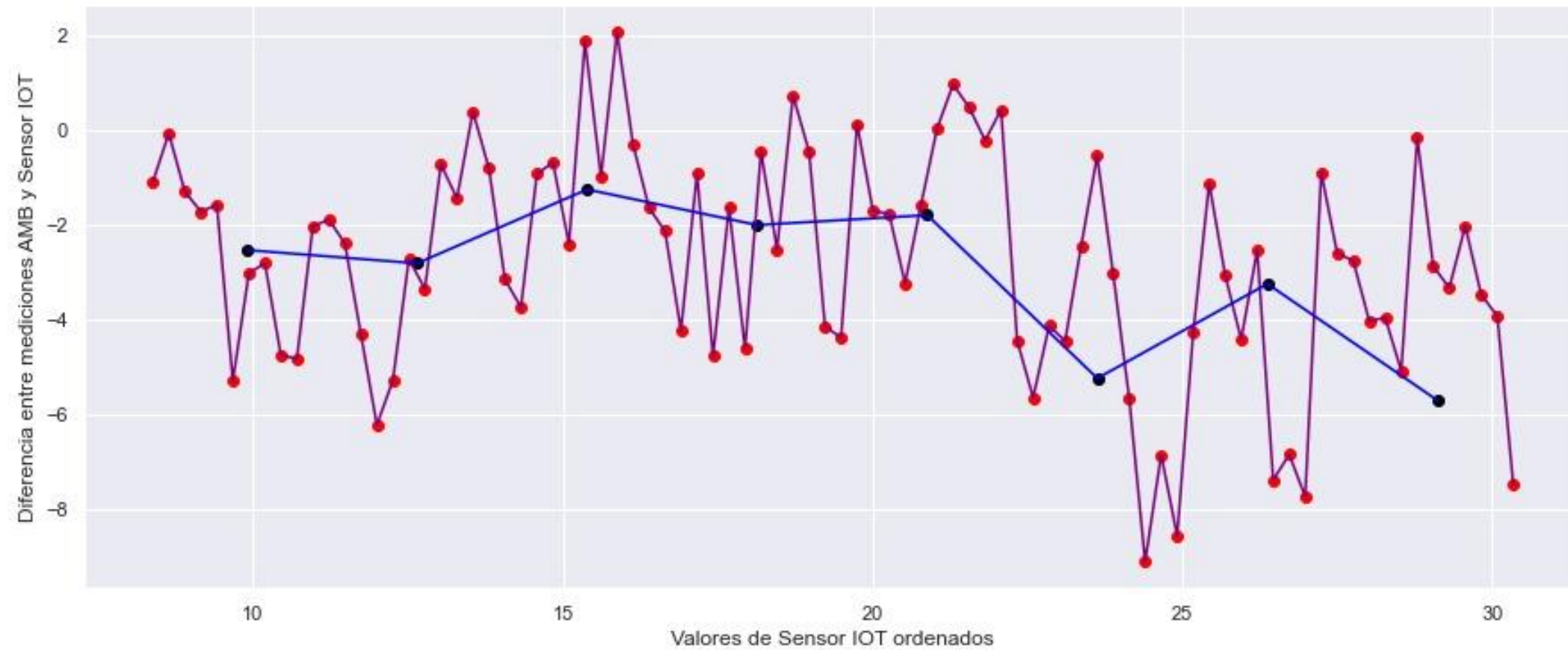
Ventana movil





# Graficas polinomios de Legendre





Diferencia punto a punto entre los valores del sensor IoT y la estación AMB, con valores promedio para 8 ventanas de datos

```
Polinomios = {}
px_0 = []
P0 = lagrange(prom_X, prom_D)
print(P0)
for i in np.arange(prom_X[0], prom_X[5], 0.20110347263812983):
    px_0.append(P0(i))

# Para la gráfica
fig, ax = plt.subplots(figsize=(15,6))
pl.xlabel('Valores de Sensor IOT ordenados')
pl.ylabel('Diferencia entre mediciones AMB y Sensor IOT')
mpl.scatter(np.arange(X[0], X[len(X)-1], 0.2584150279), D, color = 'red', alpha = 1)
pl.plot(np.arange(X[0], X[len(X)-1], 0.2584150279), D, color = 'purple')
mpl.scatter(np.arange(9.902870346539533, 30.321180393298434, 2.745659672), prom_D, color = 'black', alpha = 1)
pl.plot(np.arange(9.902870346539533, 30.321180393298434, 2.745659672), prom_D, color = 'blue')
pl.plot(np.arange(prom_X[0], prom_X[5], 0.20110347263812983), px_0, color = 'green')
pl.show()
```

Línea de python para la obtención del polinomio y su respectiva graficación

# Algoritmo Calibración

El algoritmo de calibración se  
calculó con un polinomio de grado 7  
de lagrange.

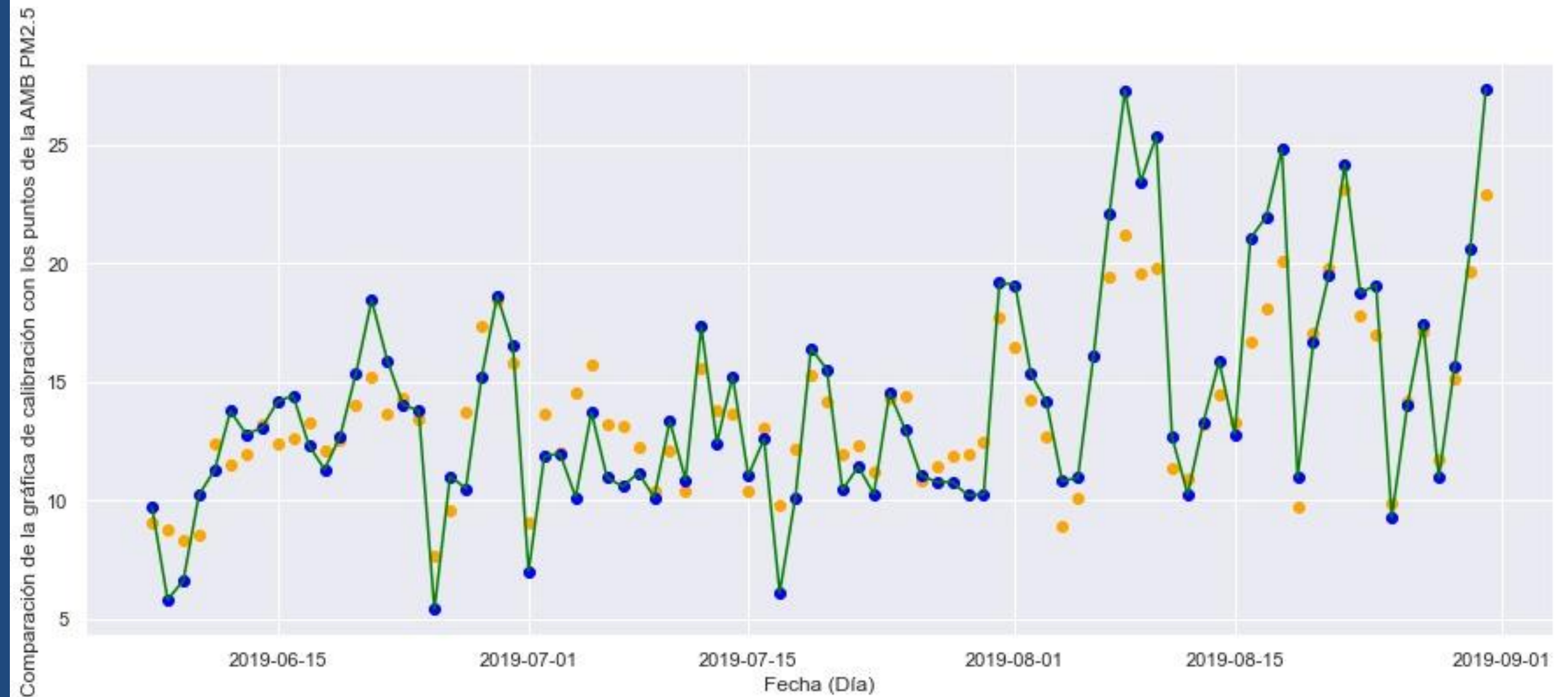


12

# Algoritmo Calibración



$$-3,052e^{-5}x^7 + 0,003883x^6 - 0,2071x^5 + 6,005x^4 - 102,3x^3 + 1023x^2 - 5573x + 1,274e^4$$





% de error  
PROMEDIO

antes  
32.23

MAX: 153.83 %  
MIN: 0.877 %

% de error  
PROMEDIO

después  
10.61

MAX: 30.29 %  
MIN: 0.38%

El algoritmo de calibración otorga una disminución del error aproximadamente del 21.6% si bien los valores contribuyen al mejoramiento en la toma y medición de datos, es posible ajustar aún más la curva de calibración iterando diferentes ventanas de tiempo y aumentando el grado del polinomio.

- Borrego, C., Costa, A., Ginja, J., Amorim, M., Coutinho, M., Karatzas, K., Sioumis, T., Katsifarakis, N., Konstantinidis, K., De Vito, S., Esposito, E., Smith, P., André, N., Gérard, P., Francis, L., Castell, N., Schneider, P., Viana, M., Minguillón, M., Reimringer, W., Otjes, R., von Sicard, O., Pohle, R., Elen, B., Suriano, D., Pfister, V., Prato, M., Dipinto, S. and Penza, M., 2016. *Assessment of air quality microsensors versus reference methods: The EuNetAir joint exercise*. *Atmospheric Environment*, 147, pp.246-263.
- Buehler, C., Xiong, F., Zamora, M., Skog, K., Kohrman-Glaser, J., Colton, S., McNamara, M., Ryan, K., Redlich, C., Bartos, M., Wong, B., Kerkez, B., Koehler, K. and Gentner, D., 2020. *Stationary and Portable Multipollutant Monitors for High Spatiotemporal Resolution Air Quality Studies including Online Calibration*.
- Cross, E., Williams, L., Lewis, D., Magoon, G., Onasch, T., Kaminsky, M., Worsnop, D. and Jayne, J., 2017. *Use of electrochemical sensors for measurement of air pollution: correcting interference response and validating measurements*. *Atmospheric Measurement Techniques* 10(9), pp.3575-3588
- Hernández. H, Núñez. L.A, (2021) *Matemáticas avanzadas: De los espacios vectoriales al análisis vectorial*. Universidad Industrial de Santander Bucaramanga-Colombia (Borrador Preliminar en construcción)
- Spinelle, L., Gerboles, M., Villani, M., Aleixandre, M. and Bonavitacola, F., 2017. Field calibration of a cluster of low-cost commercially available sensors for air quality monitoring. Part B: NO, CO and CO<sub>2</sub>. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 238, pp.706-715.