

# **Viabilidad de una Nariz Electrónica para la Detección de Defectos en una muestra de Café**

# **Viabilidad de una Nariz Electrónica para la Detección de Defectos en una muestra de Café**

**Tesista:**

**Katerine Perdomo Moreno**

**Director ( Ing. Electrónica):**

**Ing. Vladimir Mosquera Cerquera, Msc**

# CONTENIDO

- **Objetivos.**
- **Conceptos Básicos.**
- **Análisis.**
- **Diseño.**
- **Implementación.**
- **Resultados.**
- **Conclusiones.**
- **Recomendaciones.**

# OBJETIVOS

## General:

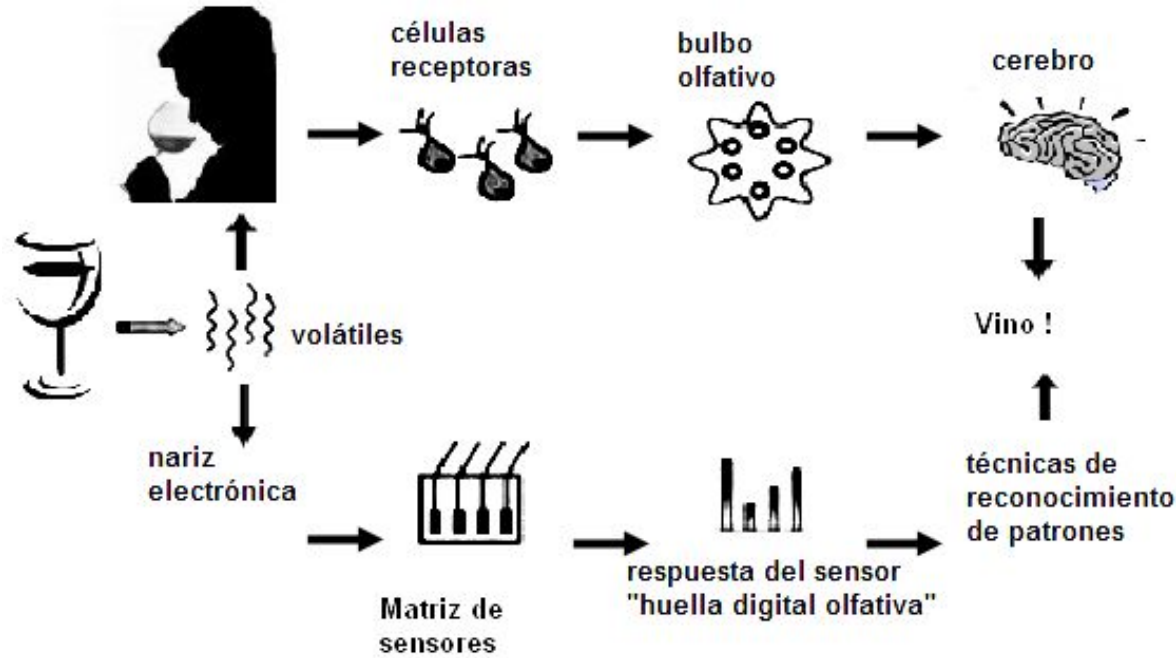
- Determinar la viabilidad de un sistema basado en sensores de gas MQ de bajo costo junto con un algoritmo de análisis de componente principal para la detección de defectos de una muestra de café.

# OBJETIVOS

## Específicos :

- Diseñar e implementar un prototipo de sistema olfativo artificial básico.
- Diseñar e implementar un módulo de adquisición y acondicionamiento de las señales de entrada (lectura de los sensores de gas) para la medición de los compuestos volátiles de una muestra de café.
- Reducir y explorar los datos de entrada por medio de la técnica estadística análisis de componente principal.
- Validar el modelo propuesto con los datos de nuevas muestras de café.

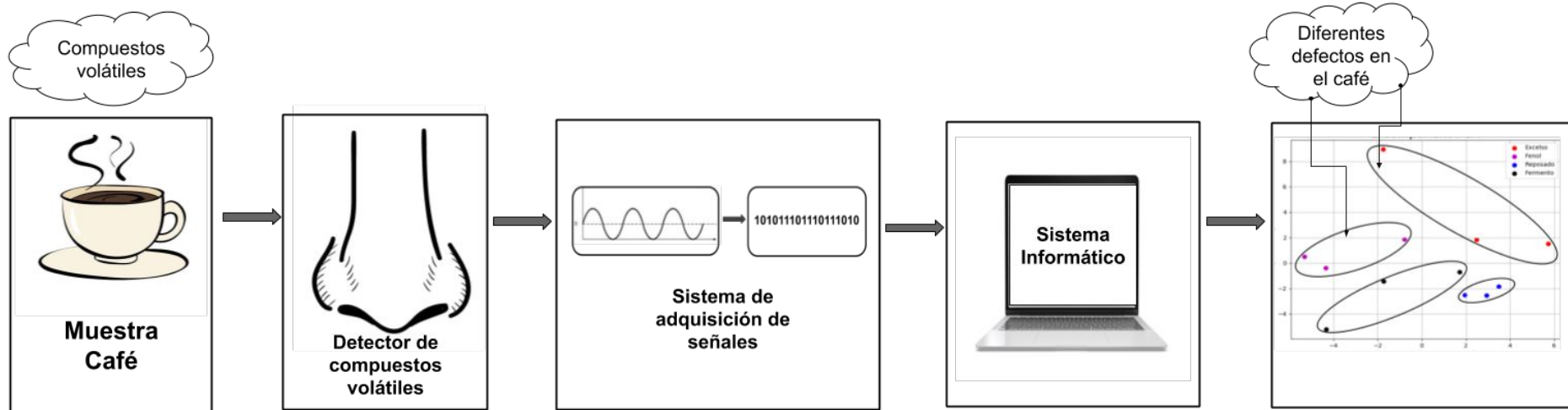
# CONCEPTOS BÁSICOS



*Esquema general de una nariz electrónica comparado con el sistema del olfato humano (Pinheiro, et al., 2002).*

# CONCEPTOS BÁSICOS

- Elementos que componen una nariz electrónica

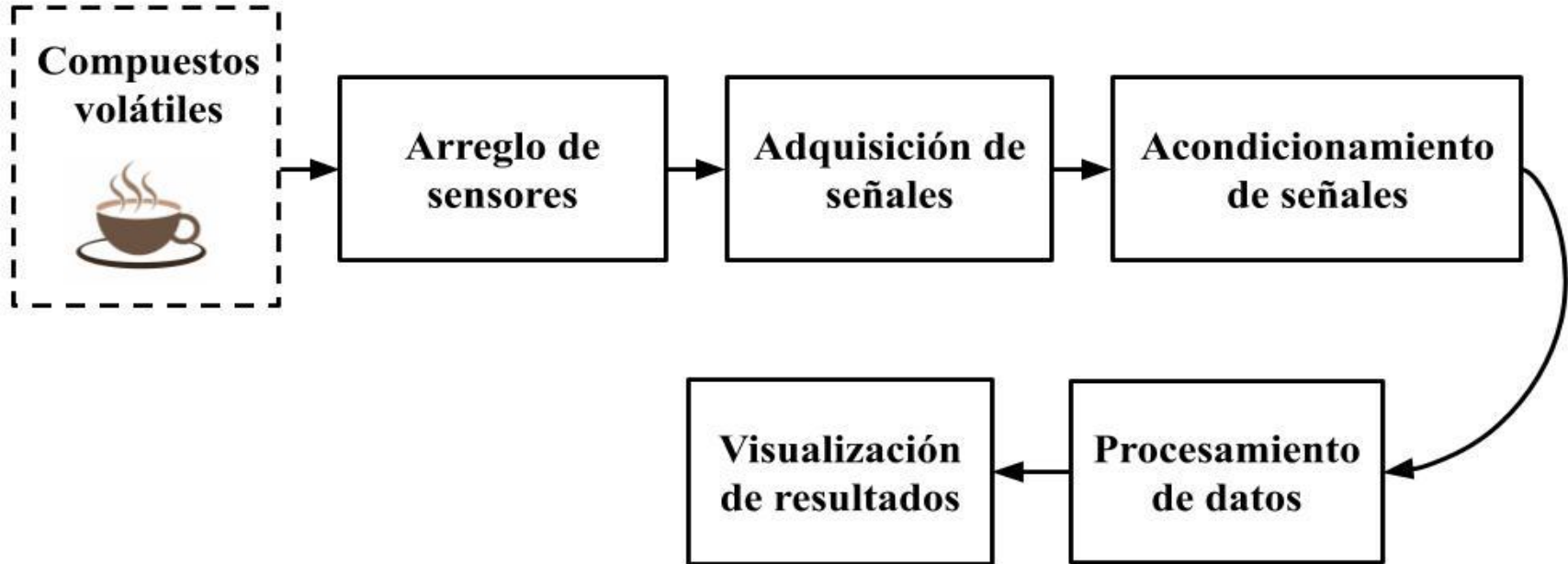


# ANÁLISIS

- Sensores.
- Infraestructura.
- Módulo de adquisición de datos.
- Tratamiento digital de las señales.



# DISEÑO



*Esquema general de un sistema de nariz electrónica para la detección de defectos en el café.*

# DISEÑO

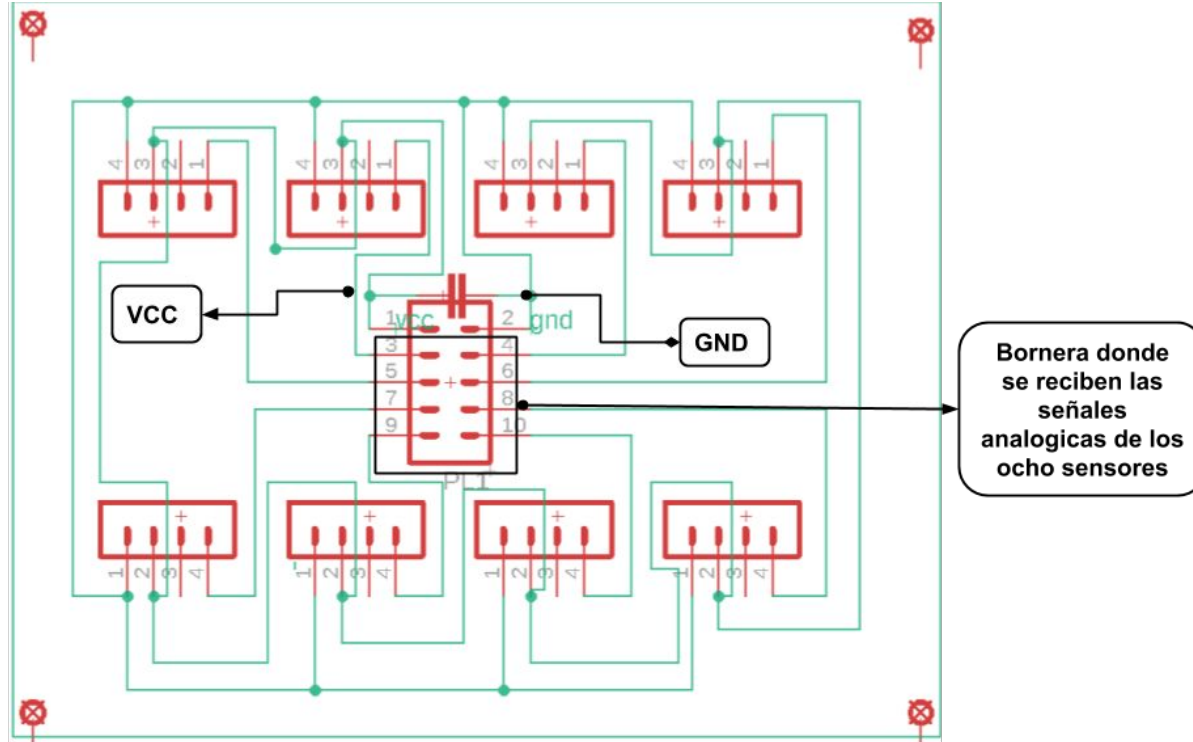
- Arreglo de sensores

Sensores MQ	Sensores FIGARO	Aplicación
MQ-2	SP-12 <sup>a</sup>	Gases inflamables.
MQ-3	SP-31	Solventes orgánicos.
MQ-6	TGS-813	Gas combustible.
MQ-8	TGS-842	Metano, gas natural.
MQ-5	SP-AQ3	Control de calidad aire.
MQ-4	TGS-813	Gas combustible.
MQ-7	ST-31	Solventes orgánicos.
MQ-135	TGS-800	Calidad de aire, humo, benceno.

*Sensores equivalentes MQ.*

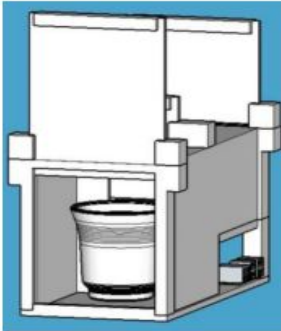
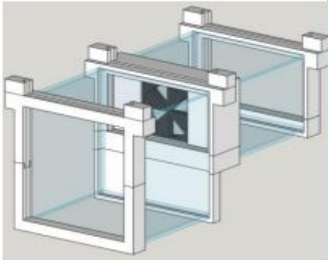
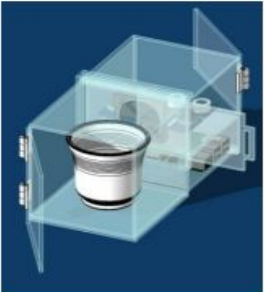
# DISEÑO

- Diseño de la distribución de sensores



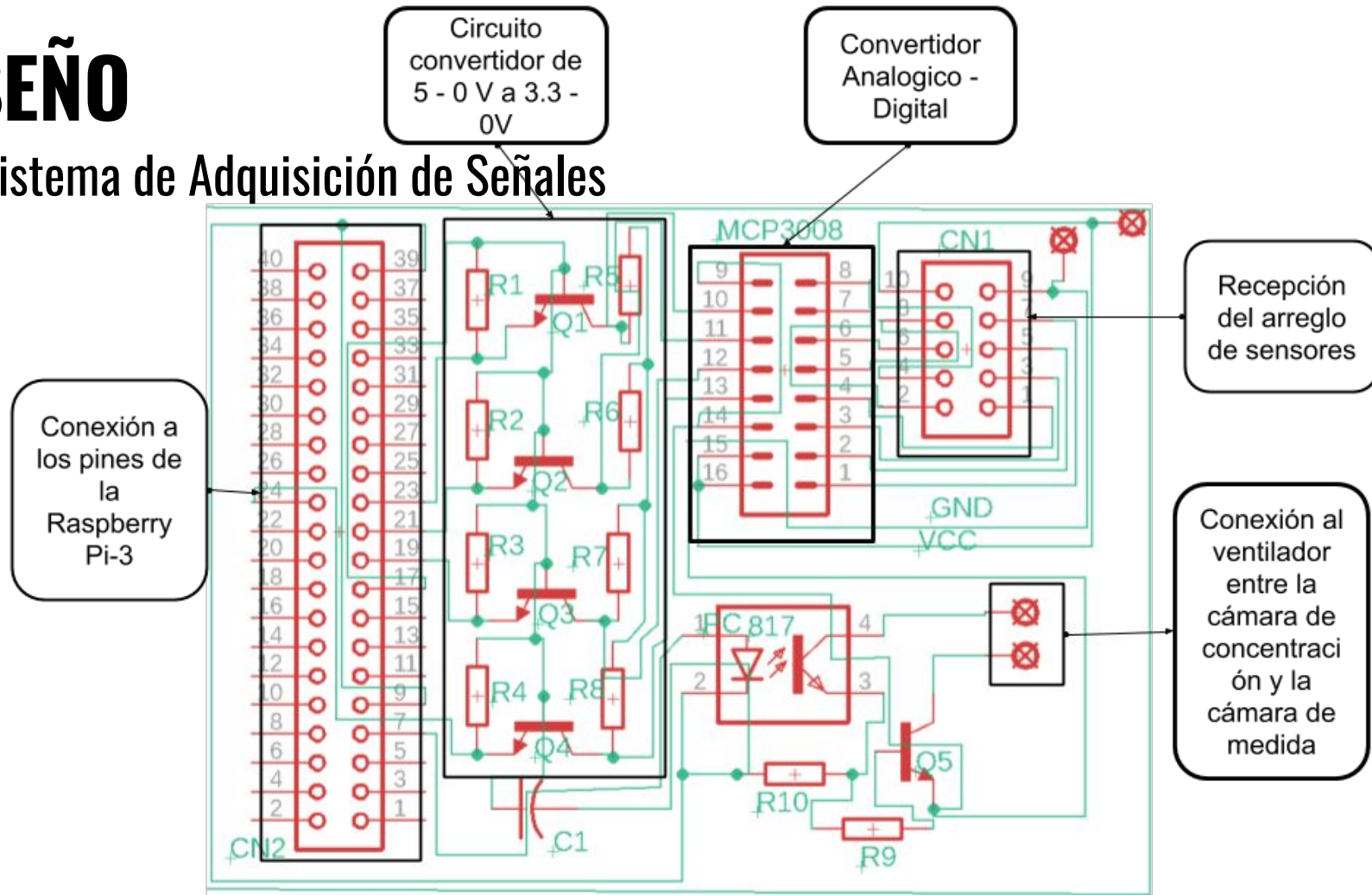
# DISEÑO

- Cámara de Concentración y Cámara de Medida

DISEÑO	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
			
MATERIAL	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construida con plástico utilizando impresora en 3D</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construida con plástico utilizando una impresora en 3D y acrílico.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construida totalmente en acrílico.</li></ul>
COSTO	1.030.000	800.000	125.000
TIEMPO	14 días	20 días	7 días
	Descartada	Descartada	Aprobada

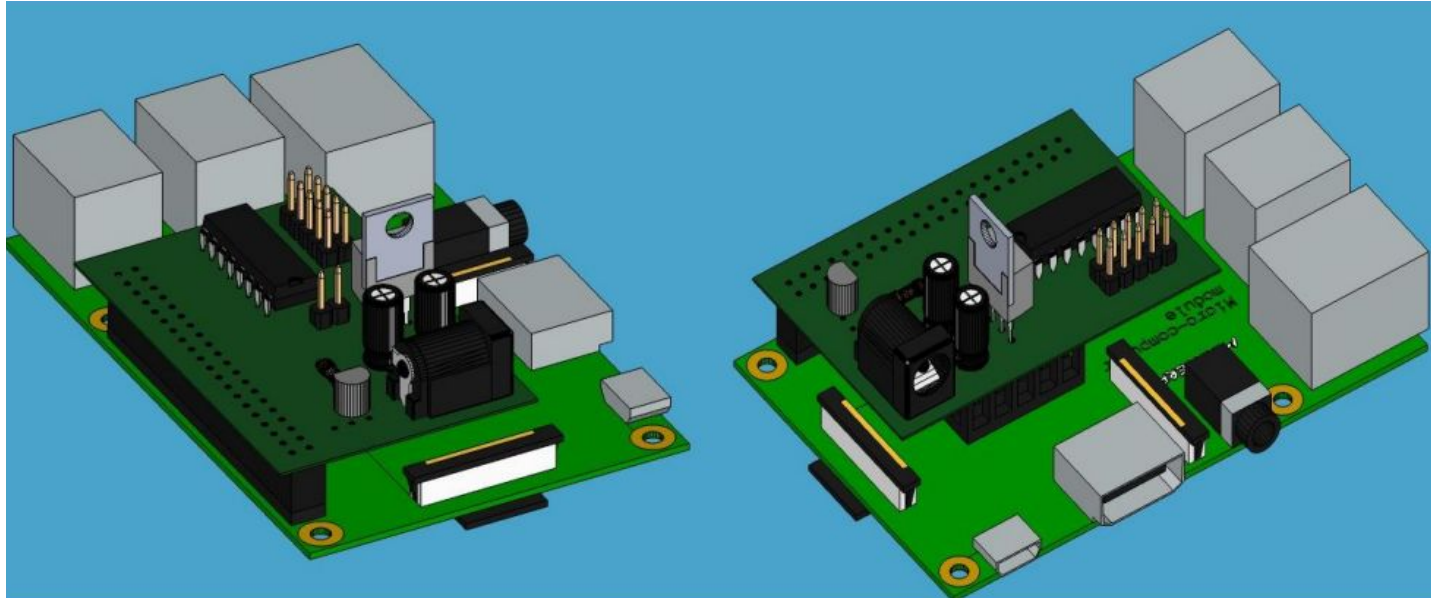
# DISEÑO

- Sistema de Adquisición de Señales



# DISEÑO

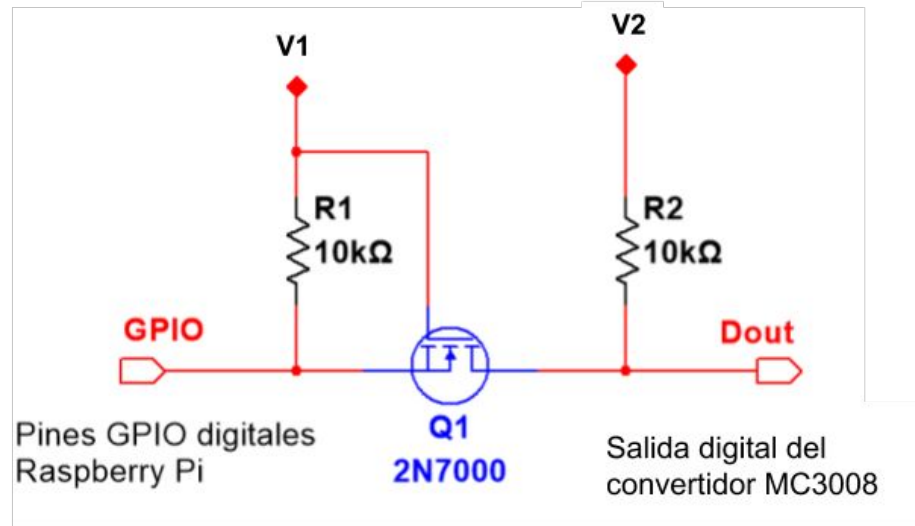
- Sistema de Adquisición de Señales



*Diseño en 3D del circuito de adquisición de señales solapado a la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi-3.*

# DISEÑO

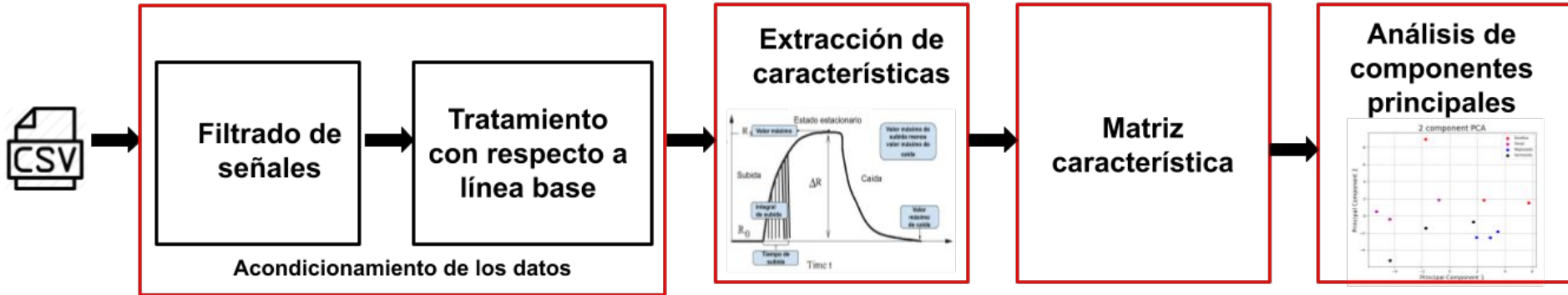
- Sistema de Adquisición de Señales



*Módulo convertidor utilizado.*

# DISEÑO

- Procesamiento digital de datos

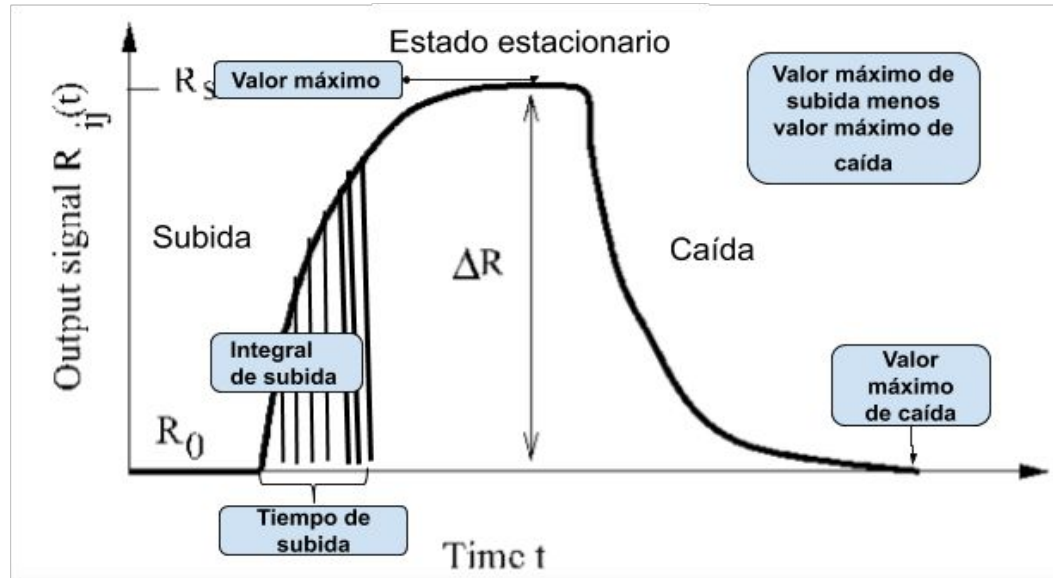


*Esquema general del procesamiento digital de los datos.*



# DISEÑO

- Tratamiento con respecto a la línea base



# DISEÑO

- Método diferencial

$$R^B_{mn}(k) = R_{mn}(k) - R_{mn}(1) \text{ Ecuación 1}$$

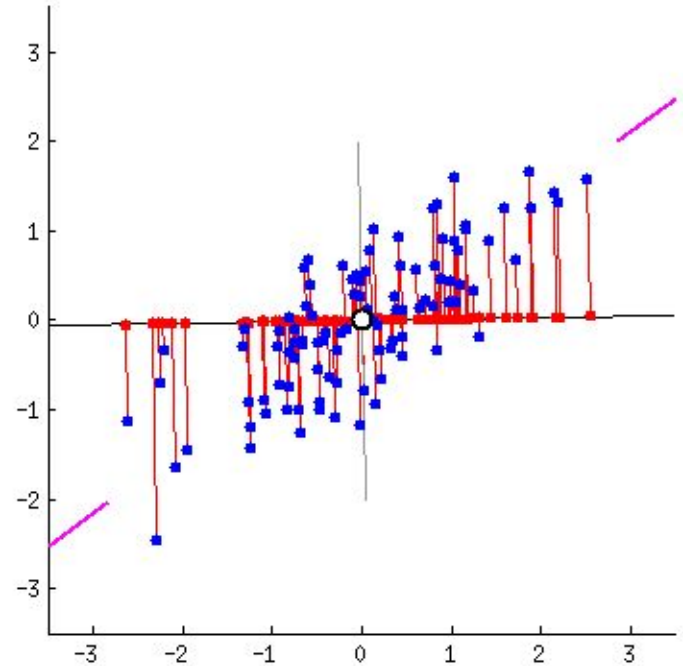
$R^B_{mn}(k)$  = Respuesta del sensor sin la línea base en el instante k

$R_{mn}(k)$  = Vector de respuesta de cada sensor en el instante k (muestra digital)

$R_{mn}(1)$  = Respuesta del sensor en línea base

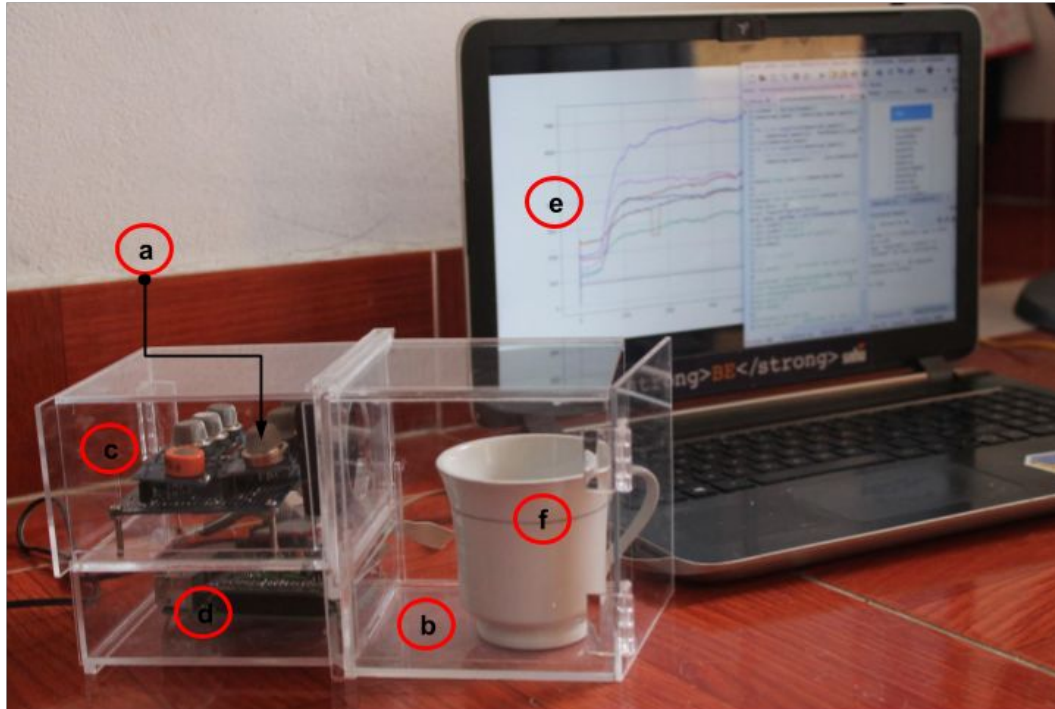
# DISEÑO

- Análisis de Componentes Principales



# IMPLEMENTACIÓN

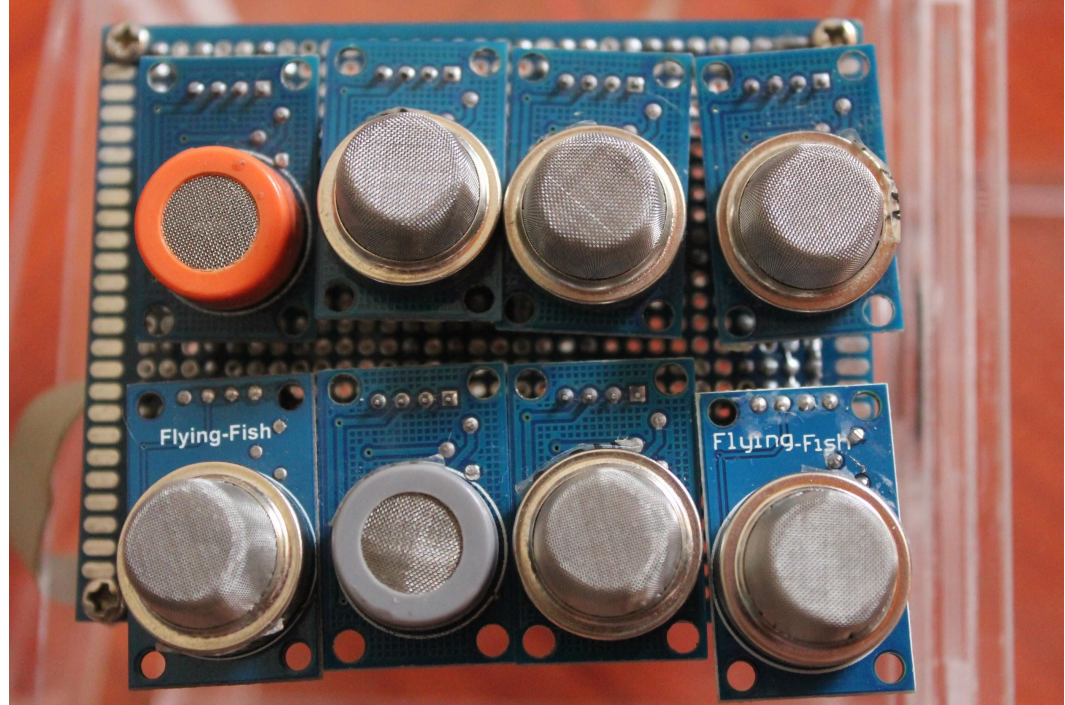
- Esquema general del sistema de Nariz Electrónica



- a. Arreglo de sensores.
- b. Cámara de concentración.
- c. Cámara de medición.
- d. Sistema de adquisición de datos.
- e. Sistema de procesamiento de datos.
- f. Recipiente para la muestra

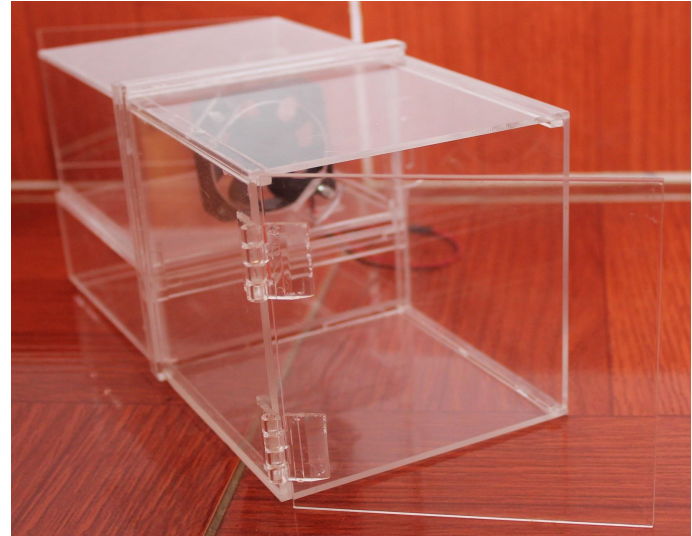
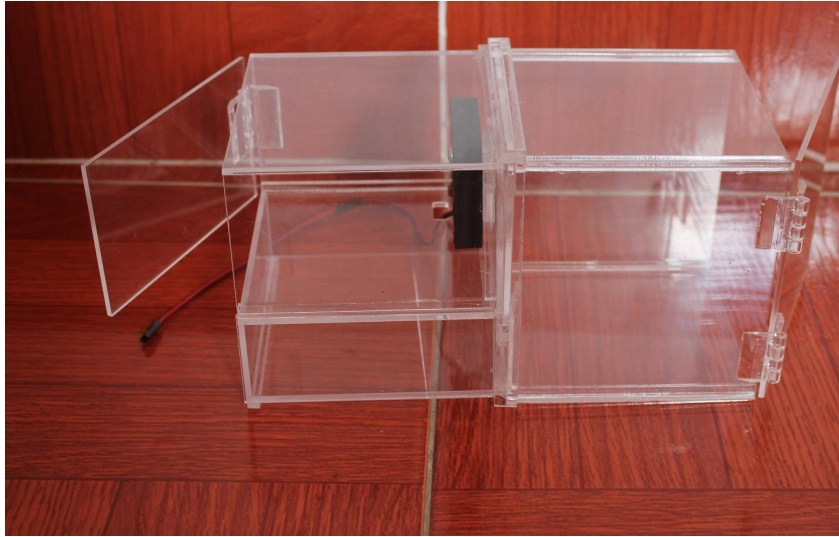
# IMPLEMENTACIÓN

- Arreglo de sensores



# IMPLEMENTACIÓN

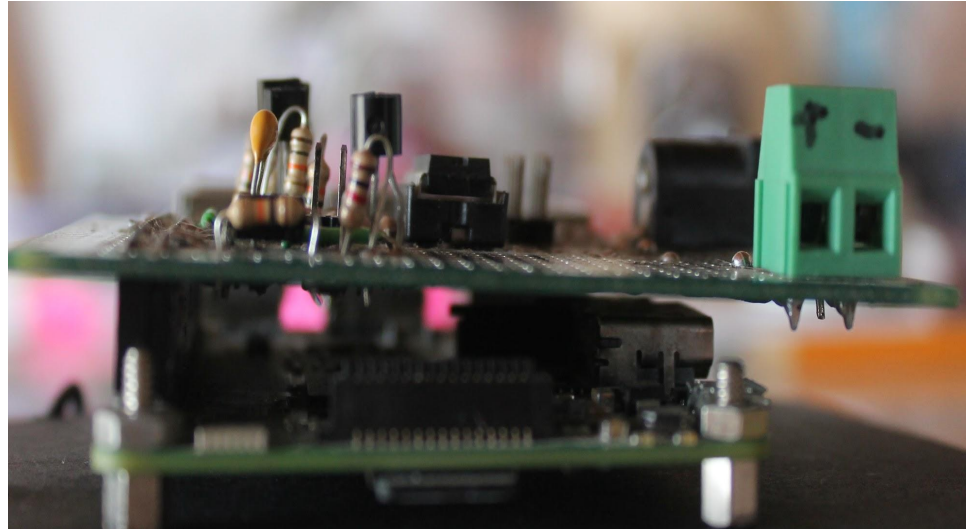
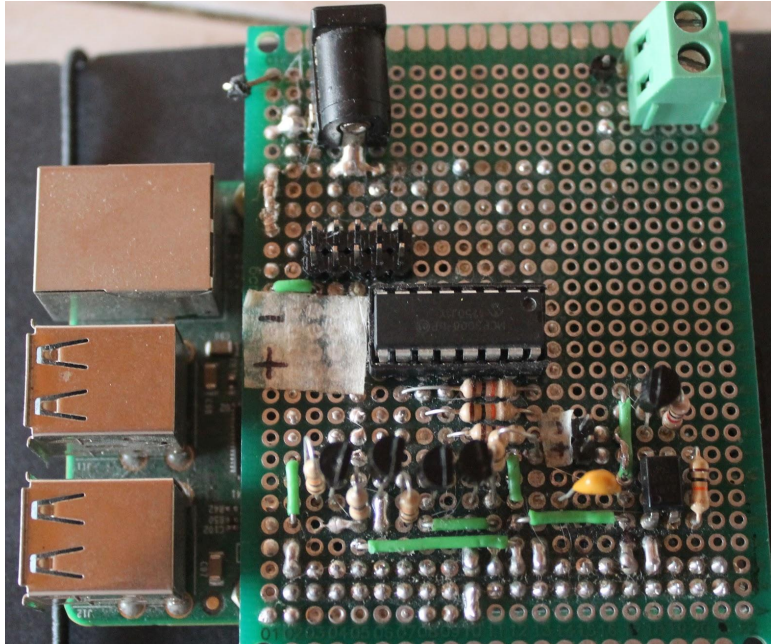
- Cámara de concentración y cámara de medida





# IMPLEMENTACIÓN

Sistema de adquisición de datos



# IMPLEMENTACIÓN

- Procesamiento de datos:
  - Acondicionamiento de las señales
  - Extracción de características
    - Valor máximo de subida menos el valor máximo de caída
    - Tiempo de subida.
    - Integral de subida de la respuesta.
    - Valor máximo de subida de la respuesta.
    - Valor máximo de caída de la respuesta



# IMPLEMENTACIÓN

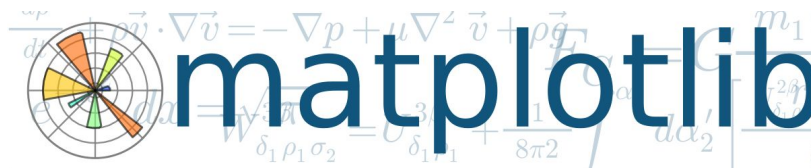
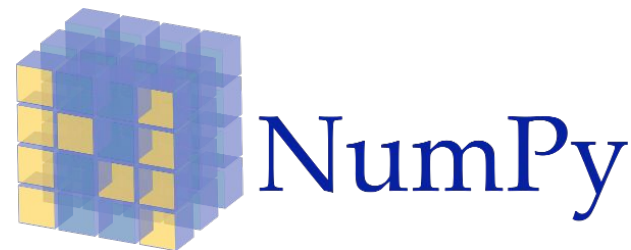
- Procesamiento de datos:

- Matriz característica

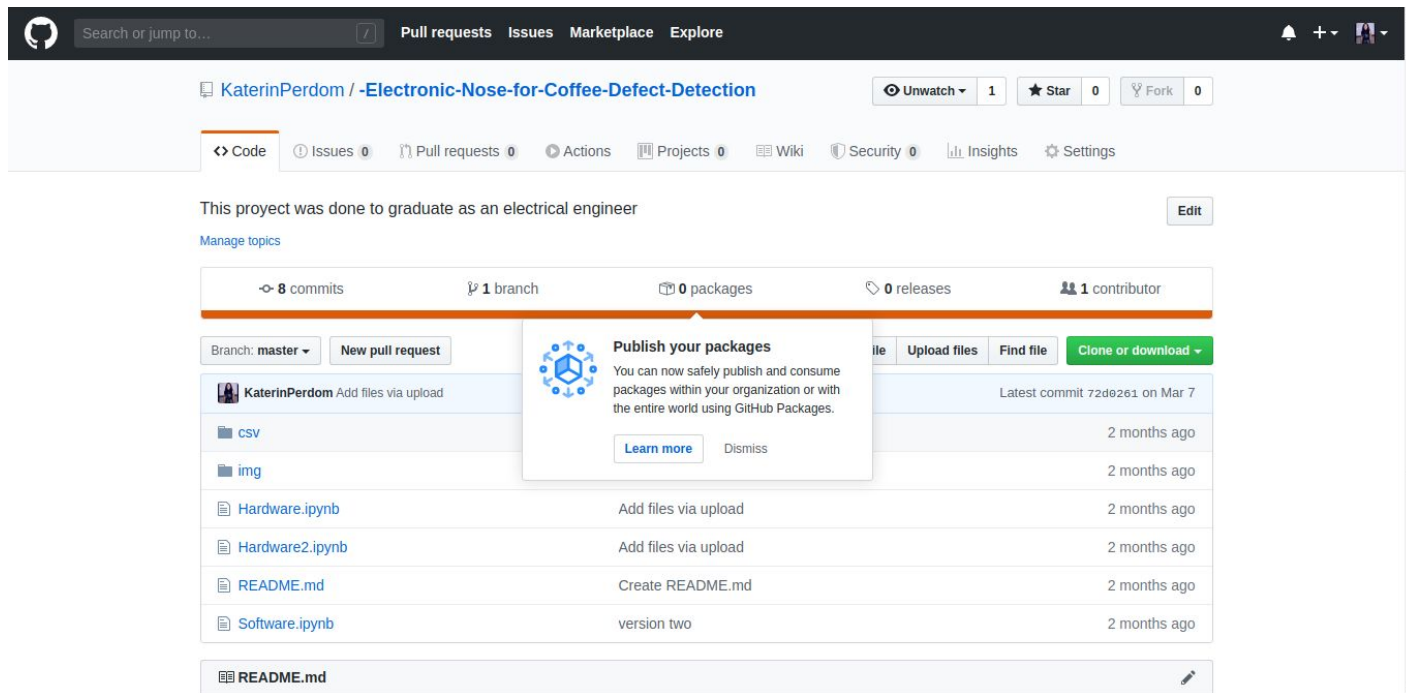
Sensores		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Muestras	m1								
	m2								
	m3								
	.								
	mn								

# IMPLEMENTACIÓN

- Procesamiento de datos:
  - Análisis de componentes Principales PCA



# IMPLEMENTACIÓN



The screenshot shows a GitHub repository page for the user KaterinPerdom. The repository is named "-Electronic-Nose-for-Coffee-Defect-Detection". The page includes a search bar, navigation links for Pull requests, Issues, Marketplace, and Explore, and a header with repository statistics: 1 star, 0 forks, and 0 watchers. The repository description states: "This project was done to graduate as an electrical engineer". The repository has 8 commits, 1 branch, 0 packages, 0 releases, and 1 contributor. A modal window titled "Publish your packages" is displayed, explaining that users can now safely publish and consume packages within their organization or with the entire world using GitHub Packages. The modal includes a "Learn more" link and a "Dismiss" button. The repository files list includes: csv, img, Hardware.ipynb, Hardware2.ipynb, README.md, and Software.ipynb. The README.md file is currently selected and shows the text "version two".

KaterinPerdom / -Electronic-Nose-for-Coffee-Defect-Detection

Unwatch 1 Star 0 Fork 0

Code Issues 0 Pull requests 0 Actions Projects 0 Wiki Security 0 Insights Settings

This project was done to graduate as an electrical engineer

Manage topics

8 commits 1 branch 0 packages 0 releases 1 contributor

Branch: master New pull request

KaterinPerdom Add files via upload

csv

img

Hardware.ipynb Add files via upload 2 months ago

Hardware2.ipynb Add files via upload 2 months ago

README.md Create README.md 2 months ago

Software.ipynb version two 2 months ago

README.md

**Publish your packages**

You can now safely publish and consume packages within your organization or with the entire world using GitHub Packages.

Learn more Dismiss

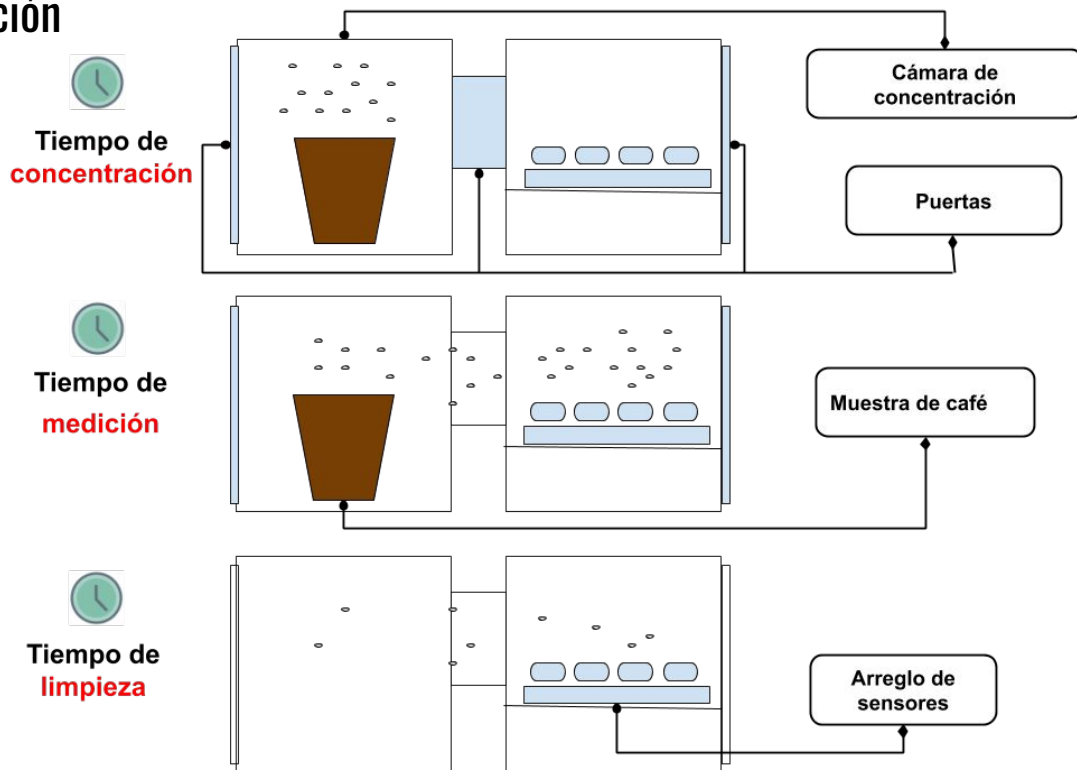
# RESULTADOS

- Condiciones de operación



# RESULTADOS

- Condiciones de operación



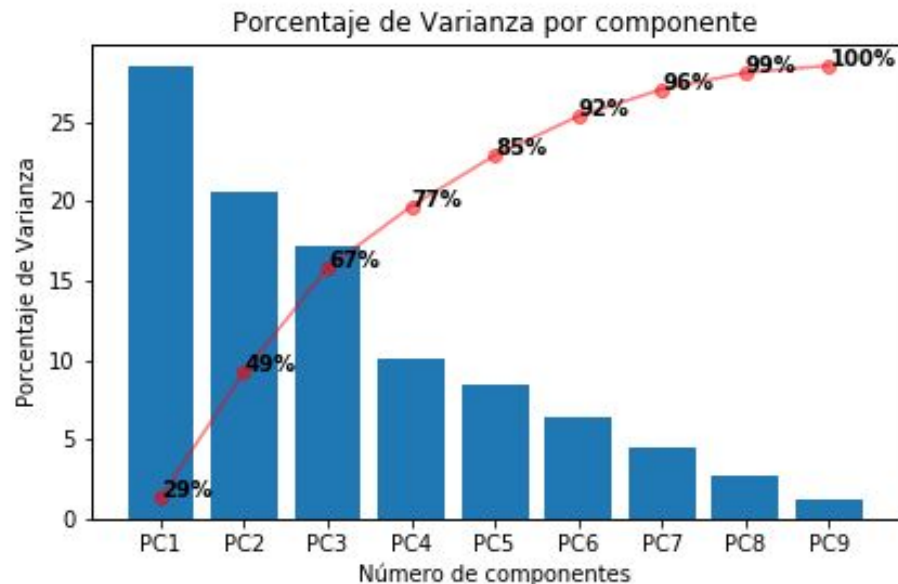
# RESULTADOS

- **Condiciones de operación**

	Parámetros de la muestra	Tiempos de operación
Experimento 1	<ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Cantidad de muestra:</b> 7 gr.</li><li>● <b>Diluido en:</b> 11 ml de agua.</li><li>● <b>Temperatura del agua:</b> aproximadamente 70°C</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Tiempo concentración</b> de 1 min.</li><li>● <b>Tiempo de medición</b> de 5 min.</li><li>● <b>Tiempo de limpieza</b> de 3 min.</li></ul>
Experimento 2	<ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Cantidad de muestra:</b> 8 gr.</li><li>● <b>Diluido en:</b> 11 ml de agua.</li><li>● <b>Temperatura del agua:</b> aproximadamente 70°C</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Tiempo concentración</b> 1 min.</li><li>● <b>Tiempo de medición</b> de 4 min.</li><li>● <b>Tiempo de limpieza</b> de 4 min.</li></ul>

# RESULTADOS

- Experimento 1
  - Porcentaje de varianza por cada componente



# RESULTADOS

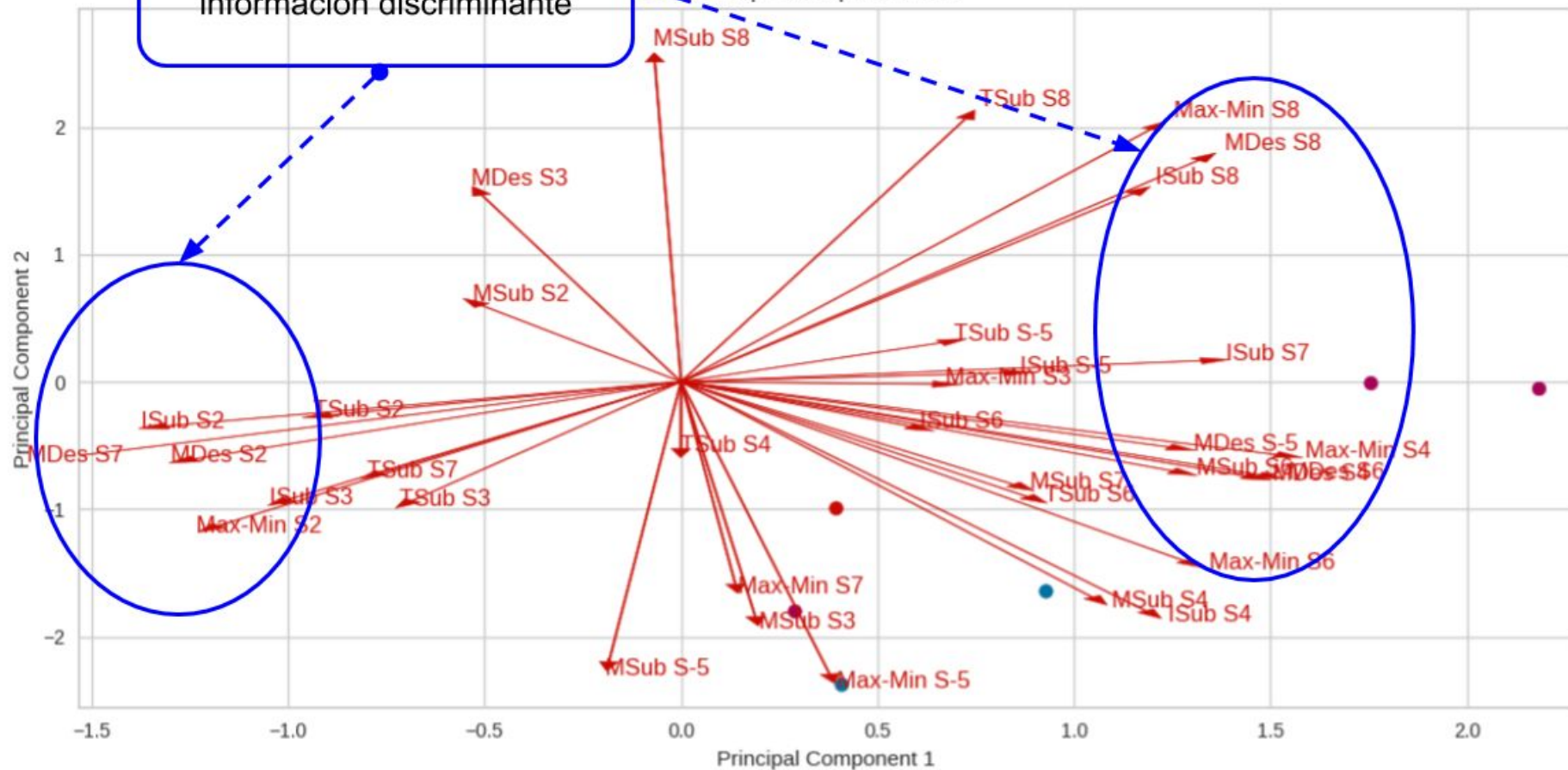
- Experimento 1

Análisis de Gráfico Biplot de las características extraídas de los sensores de la respuesta de los sensores.



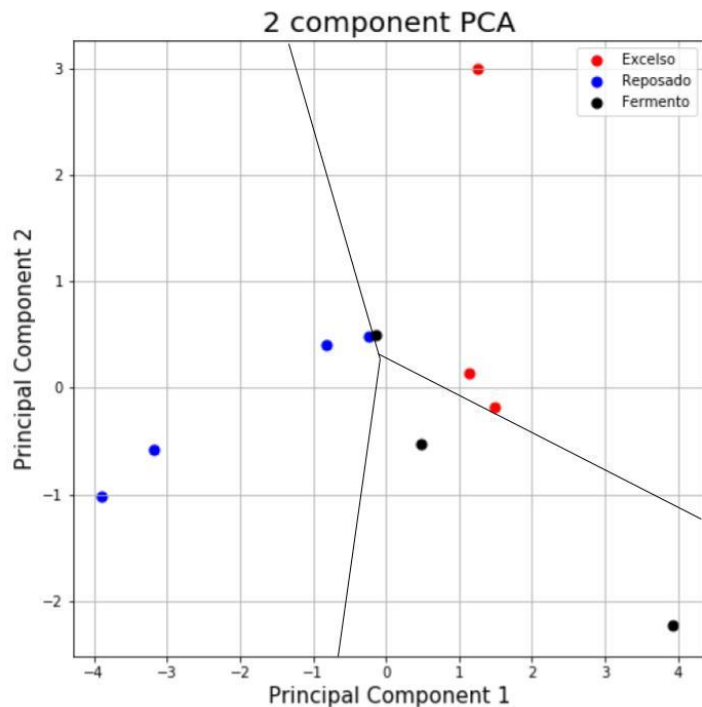
Características que aportan información discriminante

Principal Component Plot



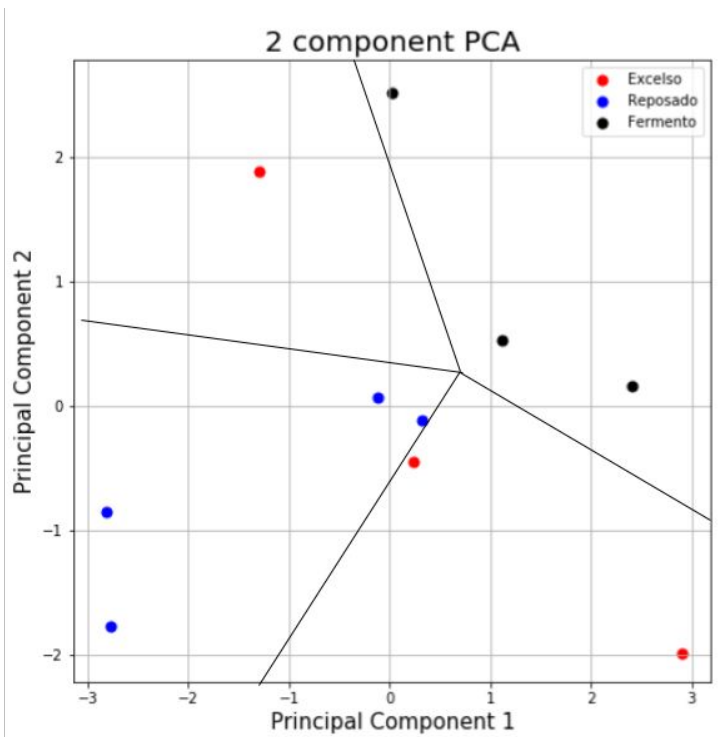
# RESULTADOS

- Análisis de Componente Principales del experimento 1 con los máximos de caída de la respuesta de los sensores.



# RESULTADOS

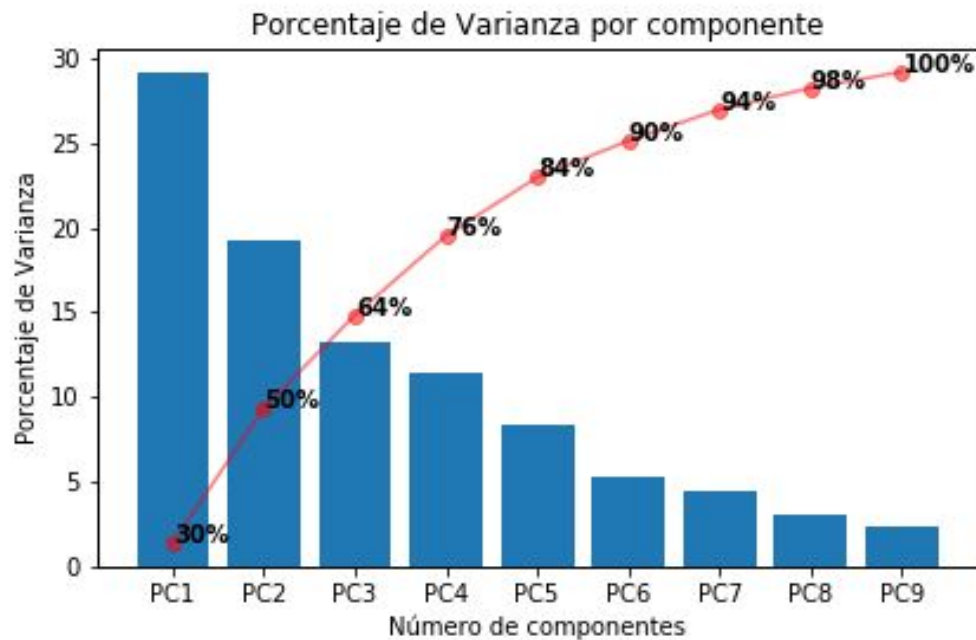
- Análisis de Componente Principales del experimento 1 con los máximos de subida de la respuesta de los sensores.



# RESULTADOS

## Experimento 2

- Porcentaje de varianza acumulada

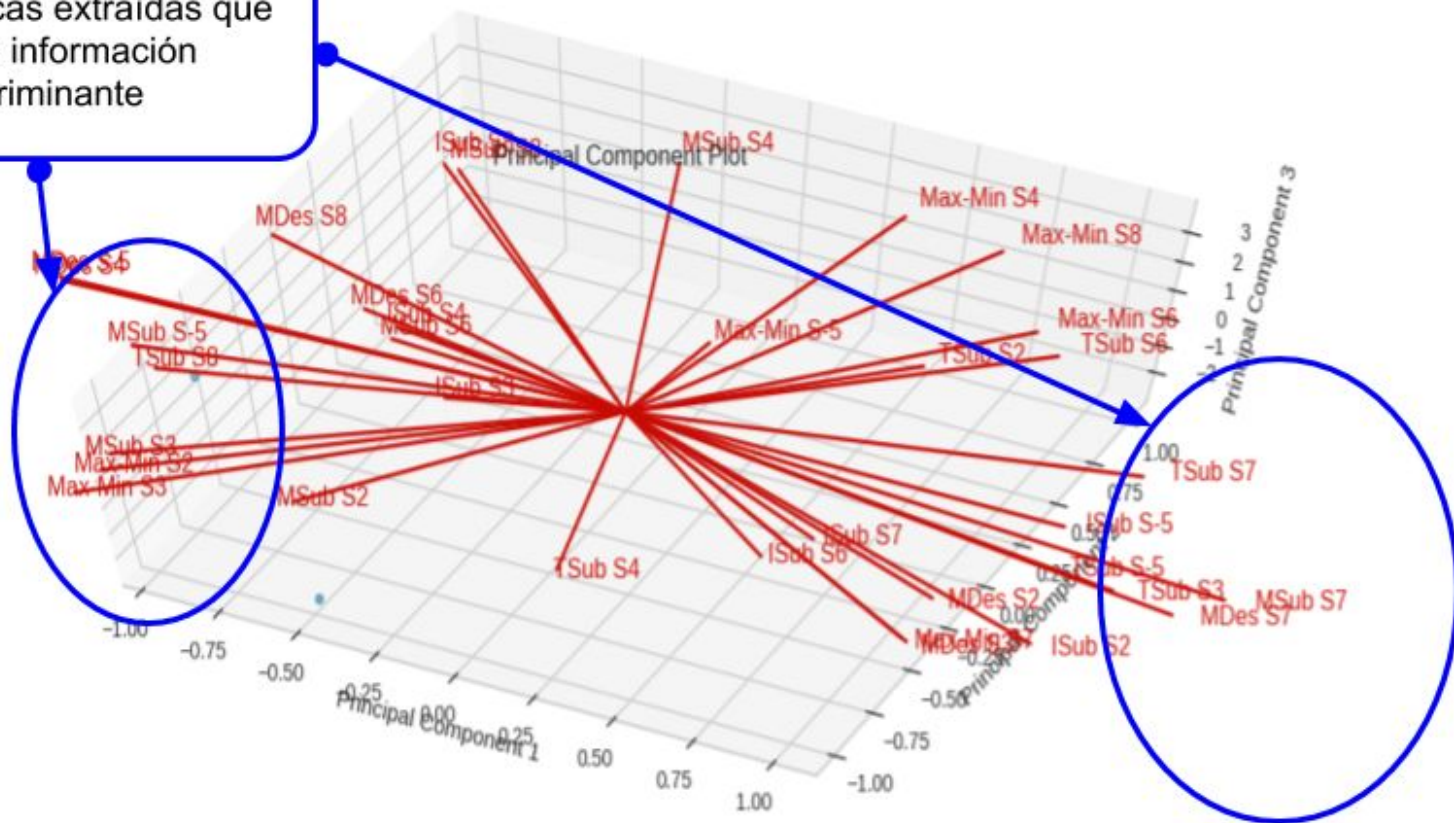


# RESULTADOS

- Experimento 1

Análisis de Gráfico Biplot de las características extraídas de los sensores de la respuesta de los sensores.

Características extraídas que aportan información discriminante

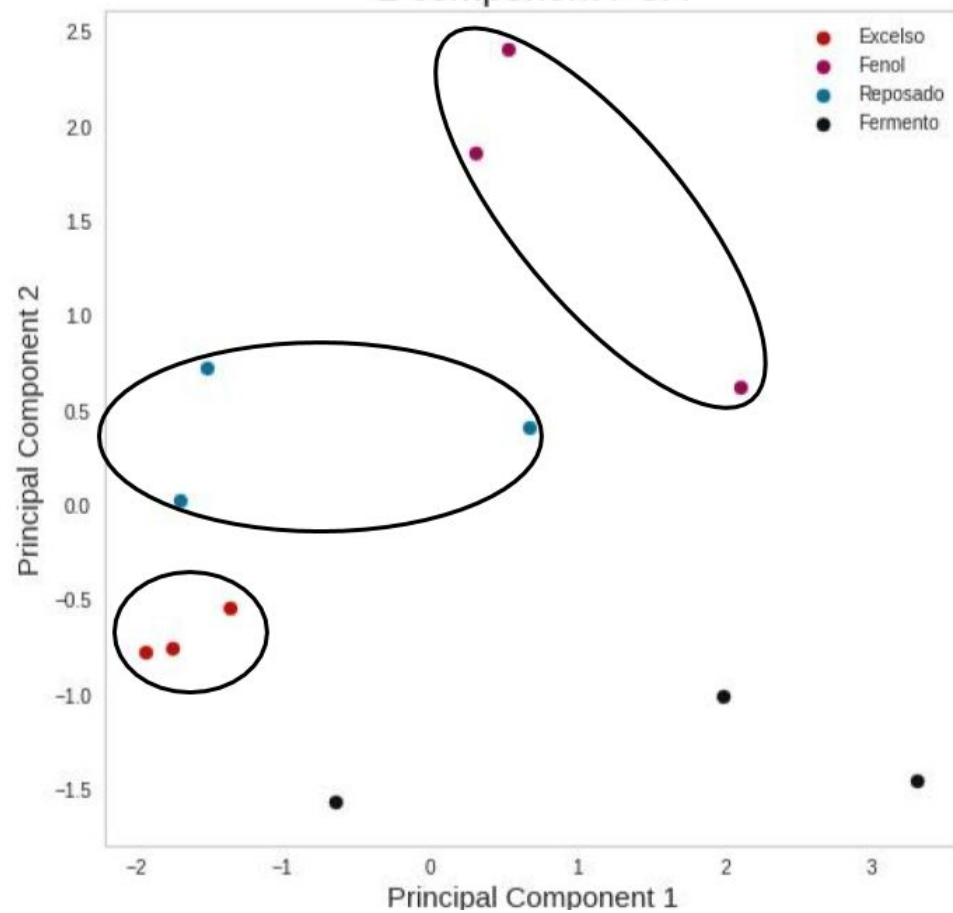


# RESULTADOS

- Experimento 1

PCA del experimento dos con los máximos de caída de la respuesta de los sensores

2 component PCA

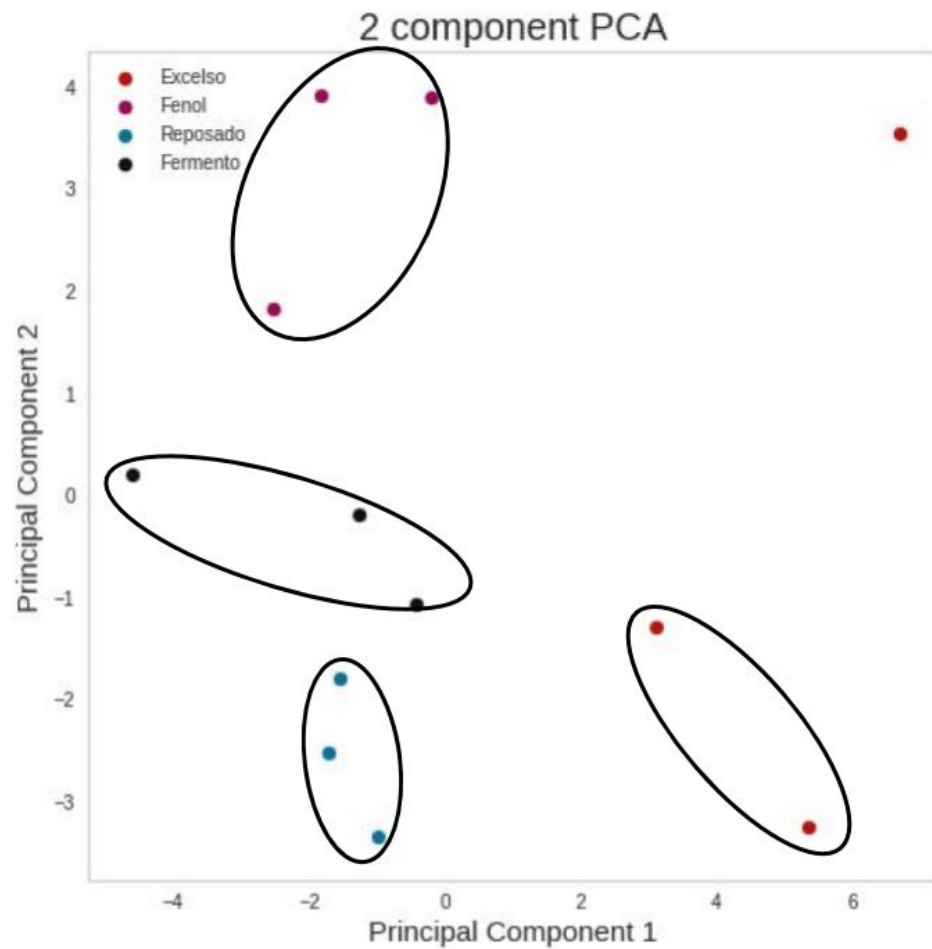




# RESULTADOS

- Experimento 1

PCA del experimento dos con los máximos de subida de la respuesta de los sensores



# CONCLUSIONES

- Se determinó que el sistema basado en sensores electroquímicos MQ junto con un análisis de componentes principales es viable para identificar patrones asociados a defectos en el café. Este análisis exploratorio permite la reducción del volumen de datos que posteriormente pueden ingresar a un algoritmo de clasificación o reconocimiento de patrones.
- De acuerdo a los experimentos realizados en el diseño del prototipo del sistema basado en sensores electroquímicos MQ, este debe contener una cámara de concentración que es un espacio encargado de alojar la muestra, que además permite la concentración de los compuestos volátiles de la muestra.

# CONCLUSIONES

- Seguidamente, el prototipo del sistema basado en sensores electroquímicos MQ debe contener una cámara de medición que es un espacio para el alojamiento de los sensores. Este debe estar comunicado con la cámara de concentración que permita el flujo de los compuestos volátiles entre las dos cámaras.
- El material acrílico ofreció una alternativa ideal para el desarrollo del prototipo, fácil de manejar y permite la visualización del proceso de operación.

# CONCLUSIONES

- Según los experimentos realizados los sensores electroquímicos MQ responden a una muestra de café diluida en agua, no reaccionaron a muestras de café en pergamino, molido y tostado.
- A partir de los resultados del experimento uno y dos se puede determinar que los parámetros de operación del experimento dos favorecen el agrupamiento de las diferentes muestras de café analizados. En este se utilizaron ocho gramos de café diluido en 11 mililitros de agua aproximadamente a 70 °C, un tiempo de concentración de 1 minuto, un tiempo de medición de 4 minutos y un tiempo de limpieza de 4 minutos.

# CONCLUSIONES

- De la respuesta de los sensores se extrajeron cinco características tiempo de subida, integral de subida, valor máximo, valor máximo de caída y el valor máximo menos el mínimo de la respuesta de los sensores. Las características que aportan mayor información discriminante son valor máximo de caída, integral de subida y valor máximo de subida según los dos experimentos realizados.
- Según los experimentos uno y dos se tiene que las características que aportaron menor información discriminante son el valor máximo menos el mínimo y tiempo de subida. Se puede omitir esas características para futuras investigaciones.

# CONCLUSIONES

- El proceso de diseño, construcción e implementación de un sistema basado en sensores electroquímicos MQ, conlleva una inversión considerable en tiempo y dinero. La calidad de los resultados dependerá de la calidad y robustez de los sensores.

# RECOMENDACIONES

- Como recomendación principal, se debe seguir investigando en el uso de otros tipos de sensores. Los sensores electroquímicos MOS ofrecen una posibilidad pero el problema presentado con la temperatura y humedad plantea dificultades que pueden ser mitigados con otros sensores ya sean piezoeléctricos, sensores ópticos, sensores térmicos o calorímetros, entre otros.
- Para preparación de las condiciones de operación se recomienda el ajuste con respecto a la temperatura, humedad de arrastre, tiempos de medición, tiempo de limpieza de los sensores e influencia de la calidad de aire.



# RECOMENDACIONES

- Realizar un sistema de válvulas controladas para el proceso de medición y el proceso de limpieza de los sensores.
- Diseñar e implementar una interfaz gráfica amigable con el operador, que permita variar tiempos de muestreo, tiempos de medición y tiempo de limpieza.
- Aumentar el número de muestras con diferentes defectos en café. Extraer otros tipos de características como coeficientes de Fourier- Bessel y coeficientes de Wavelet. Para determinar qué características son más eficientes para identificar los defectos en el café.

# **PREGUNTAS**