

Universidad Nacional Experimental del Táchira  
Vicerrectorado Académico  
Decanato de Docencia  
Departamento de Ingeniería Electrónica  
Trabajo de Aplicación Profesional  
Pasantías Profesionales



# **Sistema de simulación y reconocimiento de patrones de falla en el método de extracción de crudo por bombeo Electrosumergible (BES) con maquinas de aprendizaje**

Presentado por:  
Angel Leonardo Duarte Montes

Noviembre 2017

# OBJETIVO GENERAL

Realizar un Sistema computacional para simulación y reconocimiento de Patrones de Fallas en el proceso de Levantamiento artificial de crudo por Bombeo Electrosumergible (BES) usando herramientas de máquinas de aprendizaje (Machine Learning)

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Conocer en qué consiste el Proceso de Levantamiento de Crudo por Bombeo Electrosumergible.
2. Conocer Técnicas de Maquinas de Aprendizaje.
3. Desarrollar el sistema para simulación y reconocimiento de Patrones de fallas en un sistema BES.
4. Realizar pruebas del Sistema computacional para reconocimiento de fallas
5. Desarrollar escenarios de prueba para la evaluación y análisis estadístico del sistema
6. Elaborar la documentación relacionada con la instalación y uso del sistema



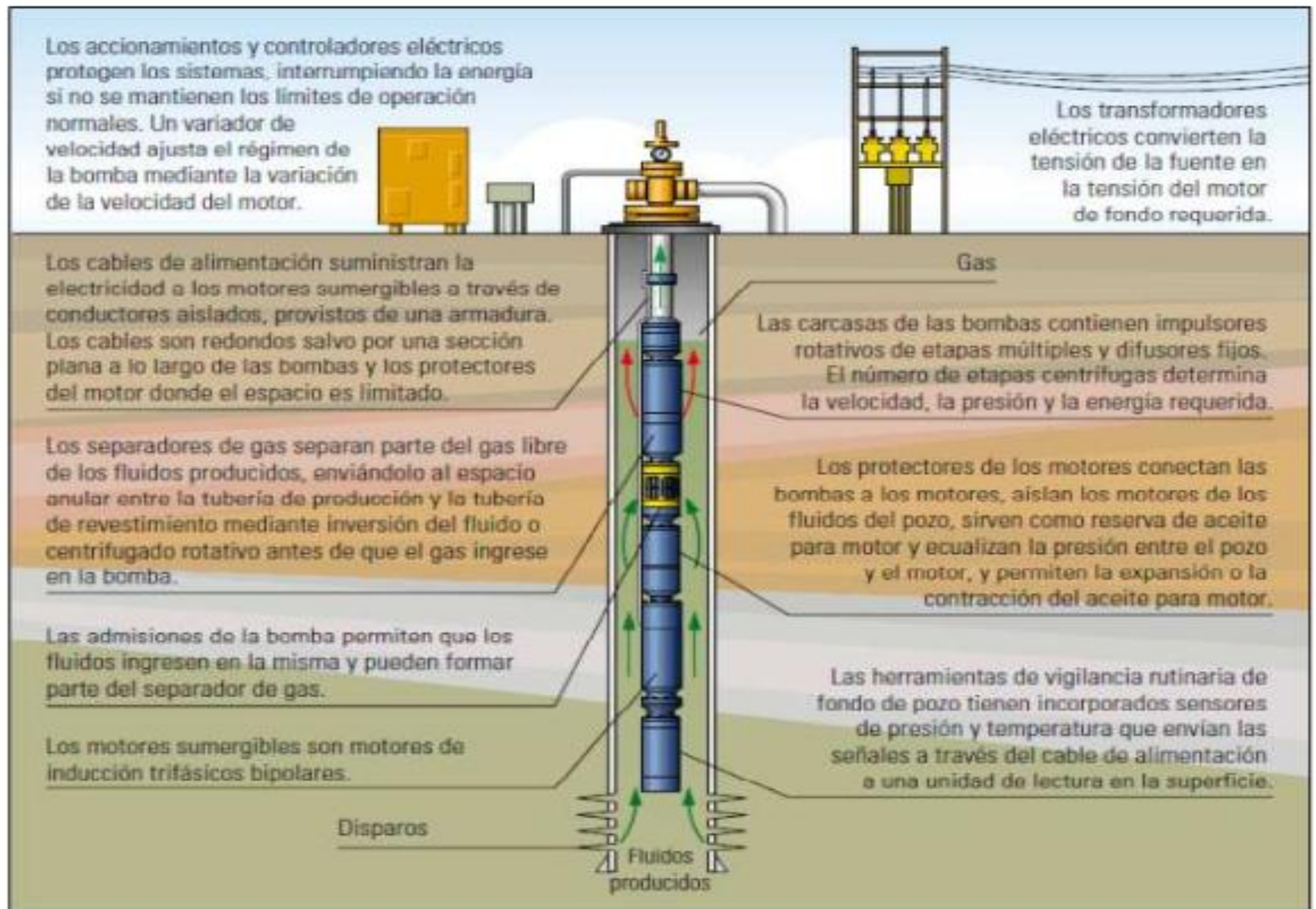
# DESARROLLO Y RESULTADOS DEL PLAN DE TRABAJO

## **Etapas I:**

Investigar, estudiar y comprender el método de levantamiento artificial por bombeo electrosumergible (BES)

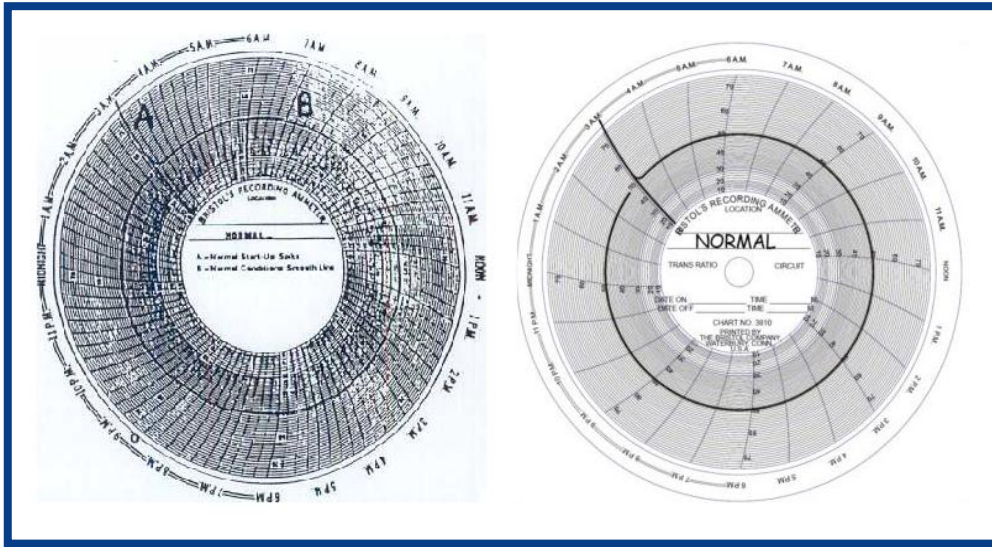


# SISTEMA DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL BES

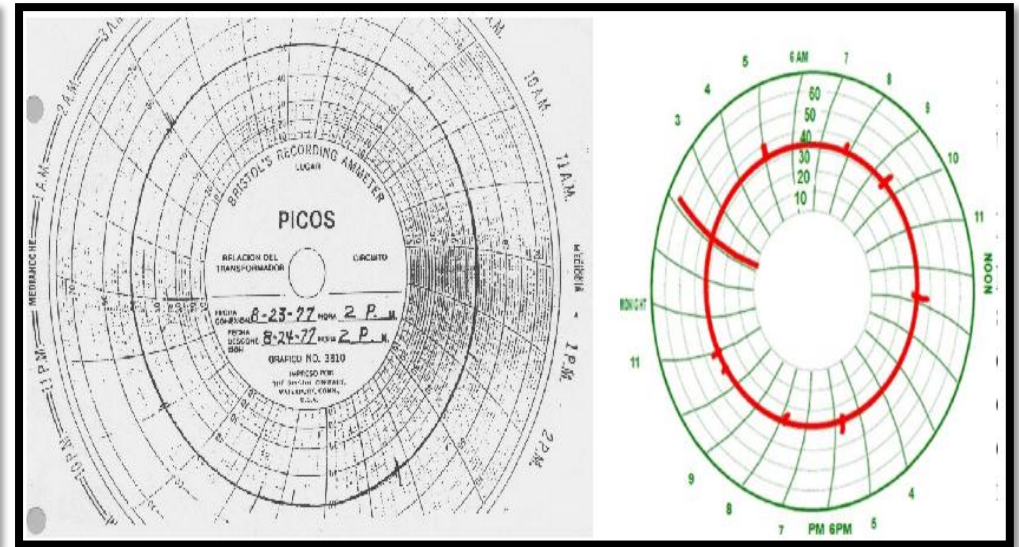




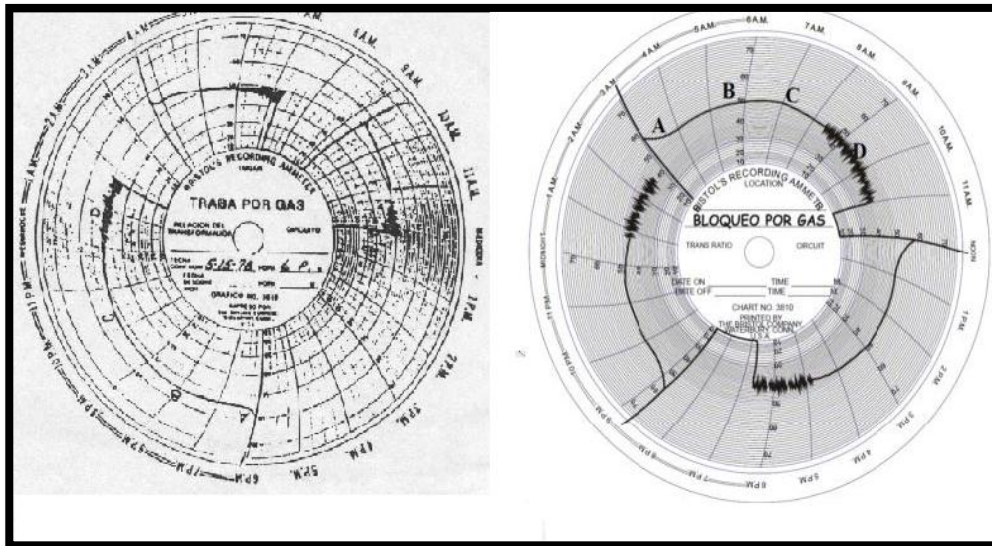
# CARTAS AMPERIMÉTRICAS



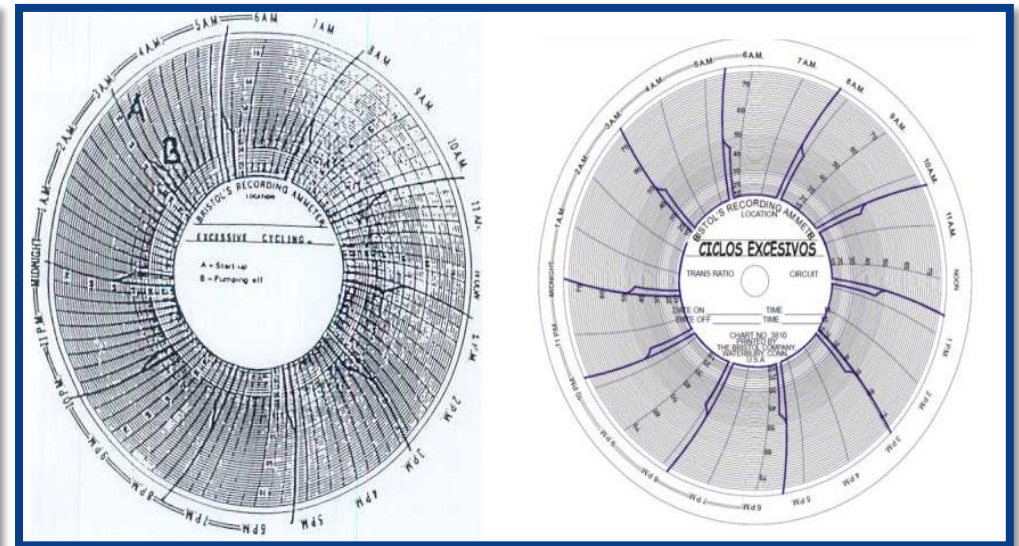
Operación Normal



Picos de Corriente



Bloqueo por Gas en la Bomba



Excesivos ciclos de operación

## Etapa II:

Recolectar, aprender, clasificar y delimitar las alternativas que proponen las máquinas de aprendizaje para resolver problemas de reconocimiento de patrones, aplicar un algoritmo de aprendizaje que, teóricamente y basado en experiencias previas se ajuste a las condiciones descritas.

En esencia:

ESQUEMA DE UNA MÁQUINA DE APRENDIZAJE.

### Necesita

- Vectores de entrada (inputs)  
 $\{x_i, i = 1, \dots, n\} \subseteq X \subseteq R^d$
- Valores de salida (outputs)  
 $\{y_i, i = 1, \dots, n\} \subseteq Y \subseteq R$

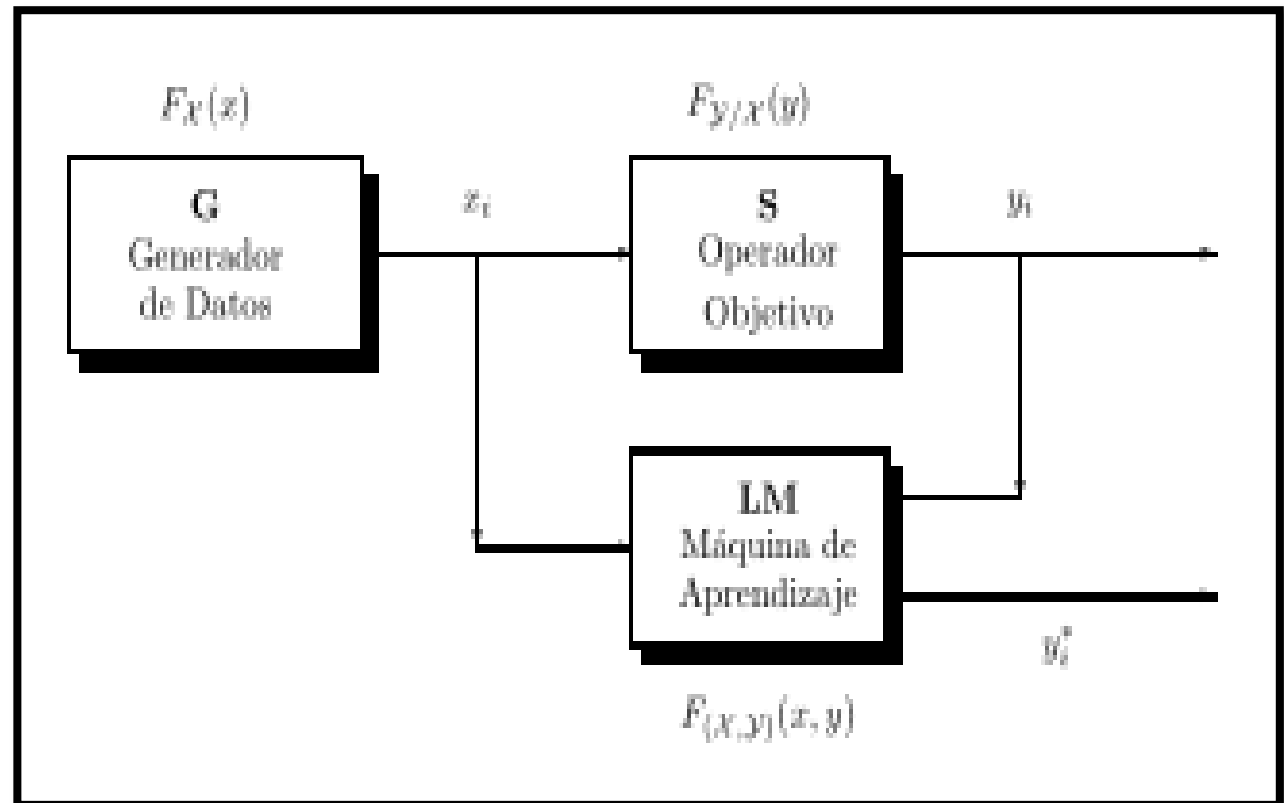
**Genera**→Operador objetivo S:  
arroja una salida según una  
función de distribución condicional  
 $F_{y/X=x_i}(y)$

### MSV:

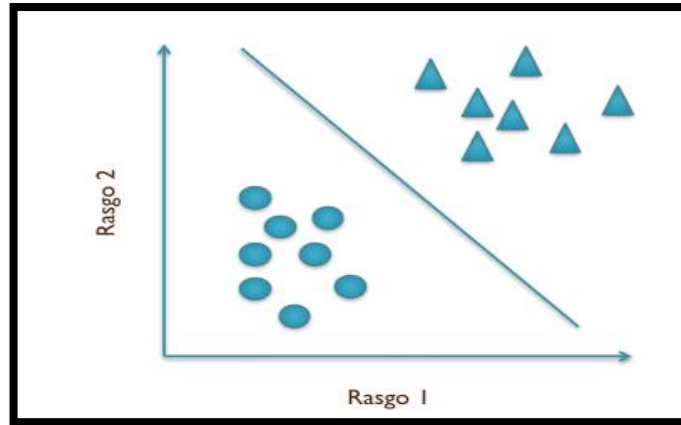
**recibe** →  $Z =$

$\{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\} \subseteq X \times Y = Z$

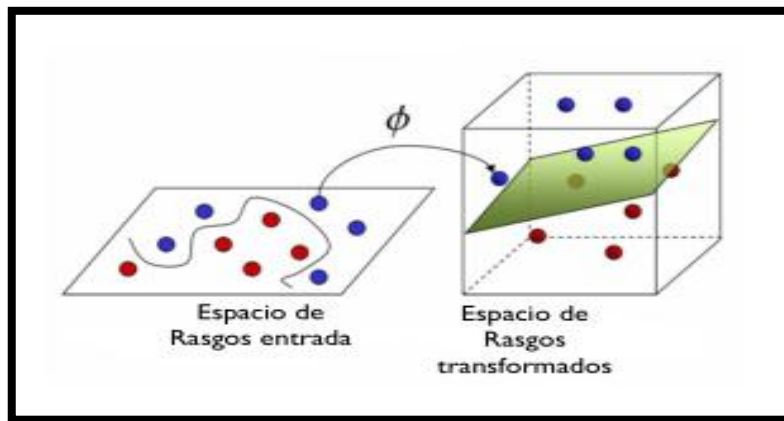
**devuelve** → aproximación del  
operador objetivo



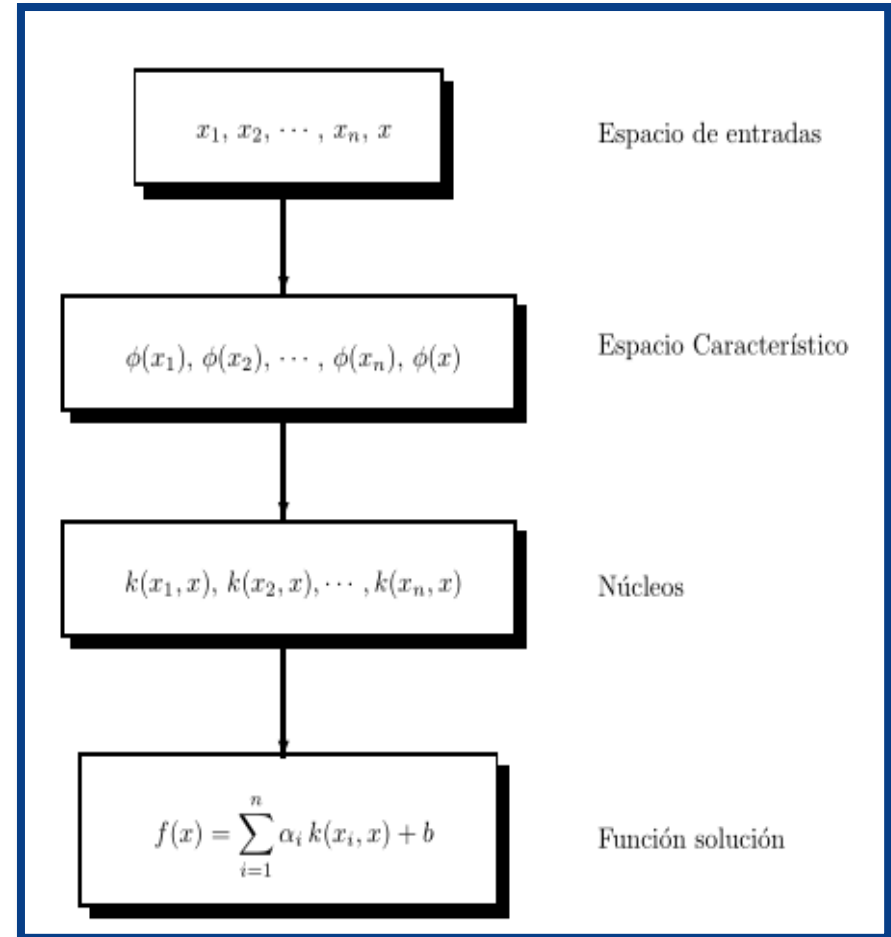
**BARRERA DE  
DECISIÓN  
LINEAL.**



**BARRERA DE  
DECISIÓN  
NO LINEAL.**



## ESQUEMA DE UNA MSV.



## FUNCIÓN DE COSTO.

$$J(\theta) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m \text{costo} \left( (h_{\theta}(x))^{(i)}, y^{(i)} \right) + \text{termino de regularizacion}$$

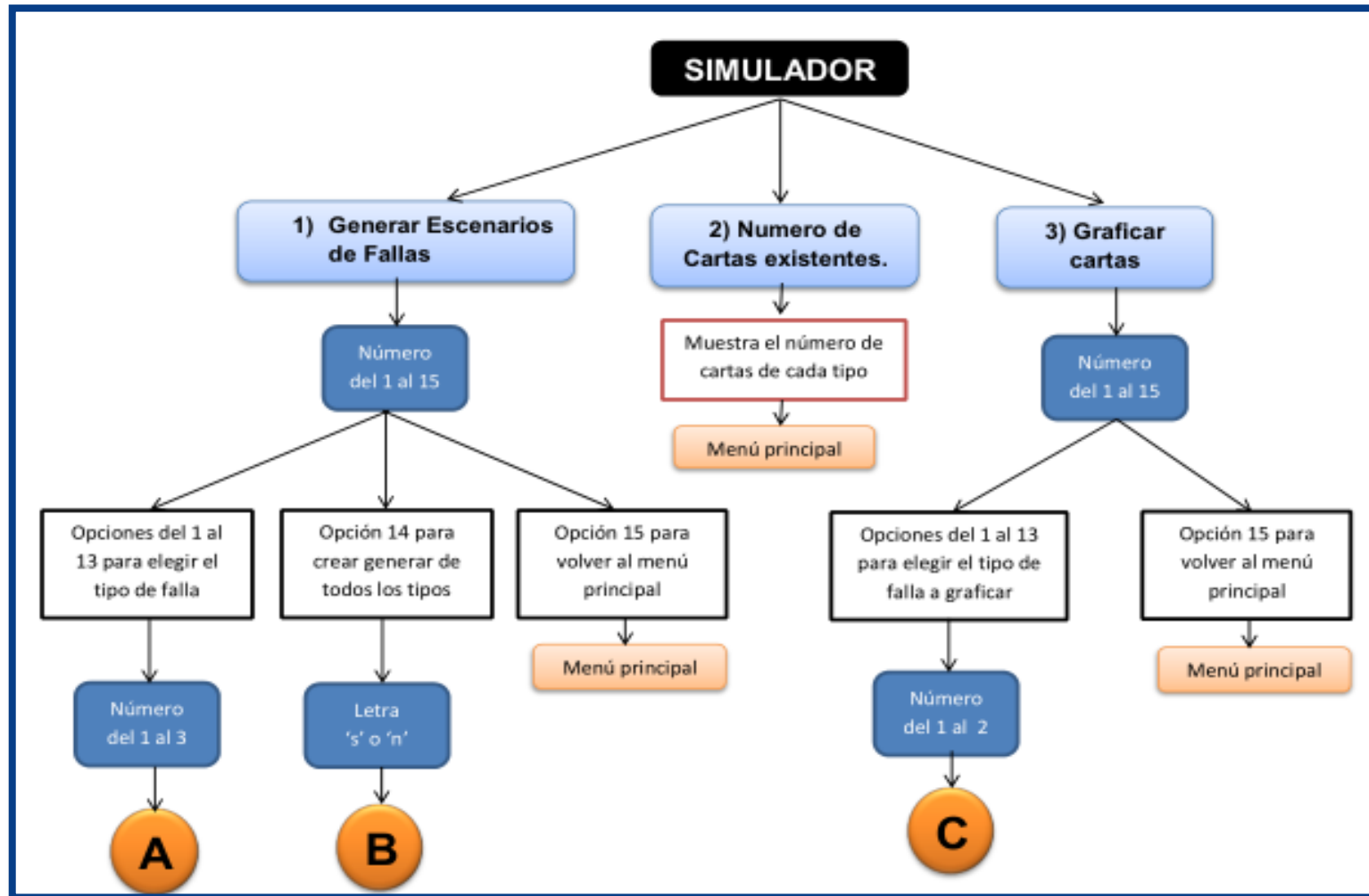
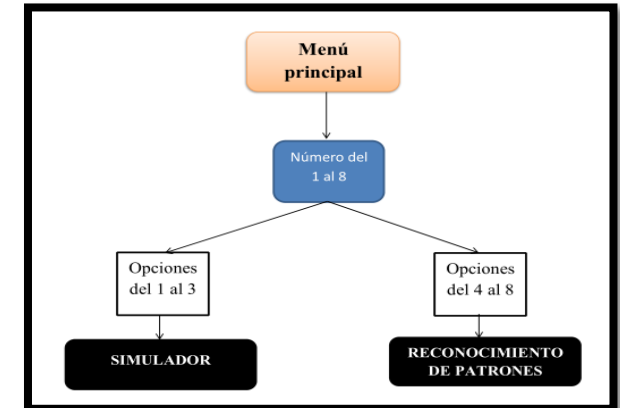
$$J(\theta) C * \left[ \sum_{i=0}^m y^{(i)} * \text{cost}_1(\theta^T * x^{(i)}) + (1 - y^{(i)}) * \text{cost}_0(\theta^T * x^{(i)}) \right] + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \theta_j^2$$

## KERNEL GAUSSIANO

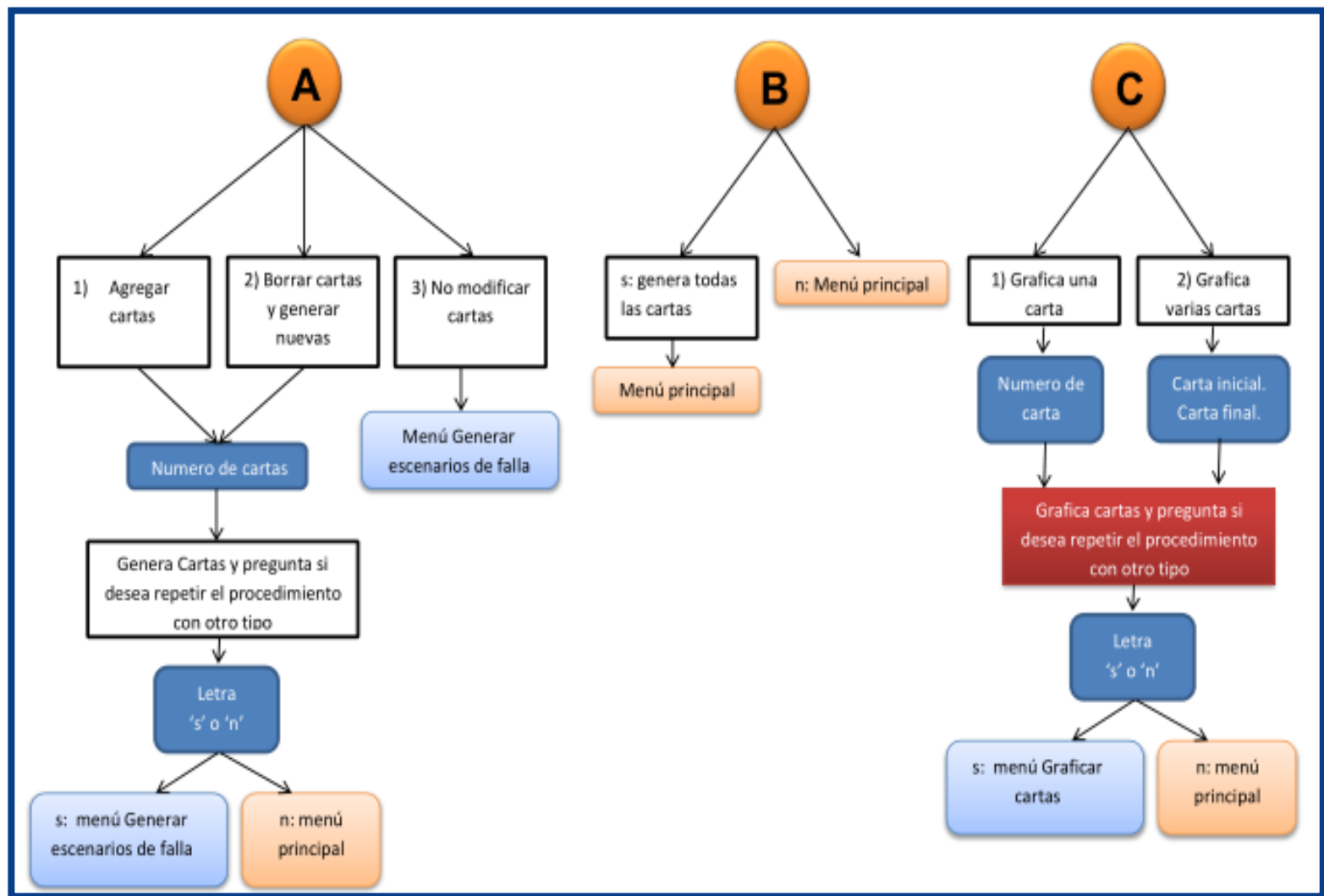
$$f_i = \exp\left(-\frac{\|x - l^i\|}{2\sigma^2}\right)$$

## Etapa III:

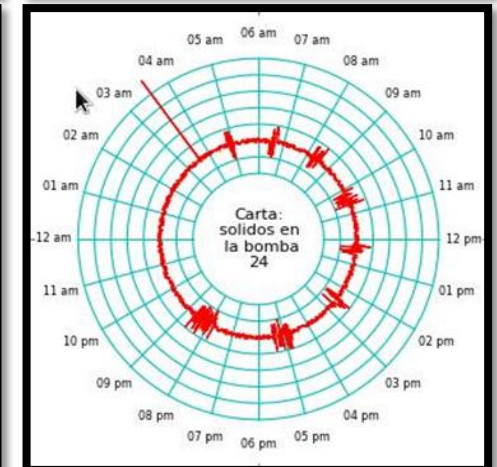
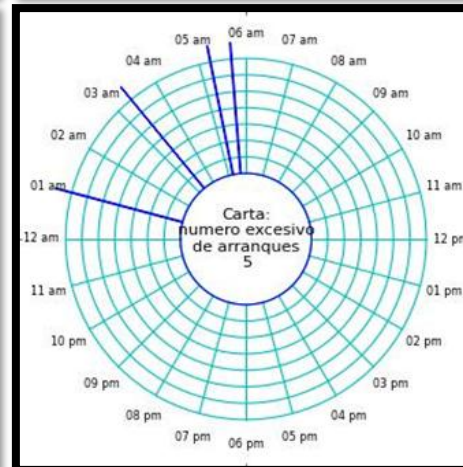
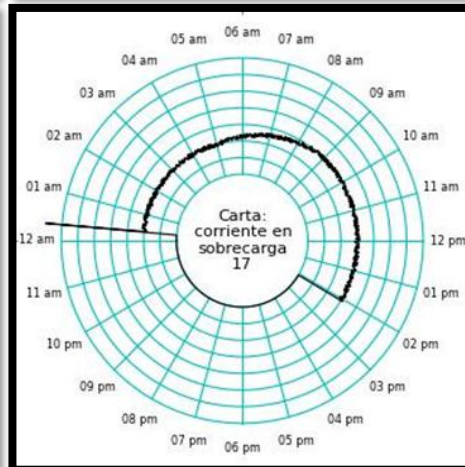
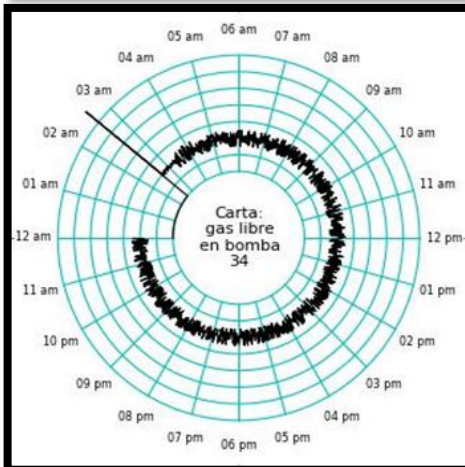
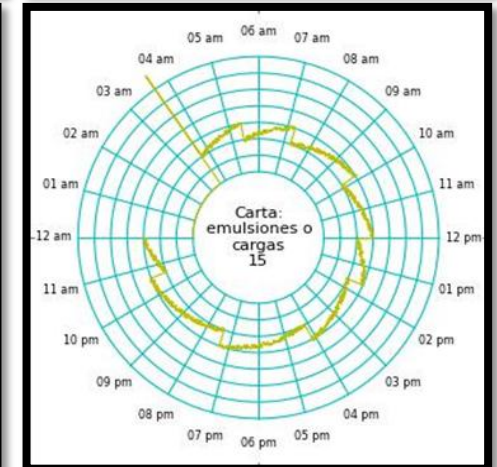
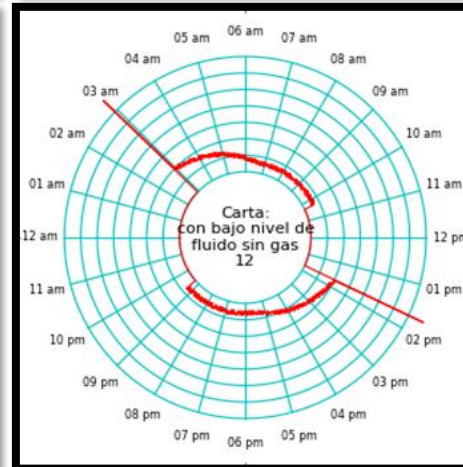
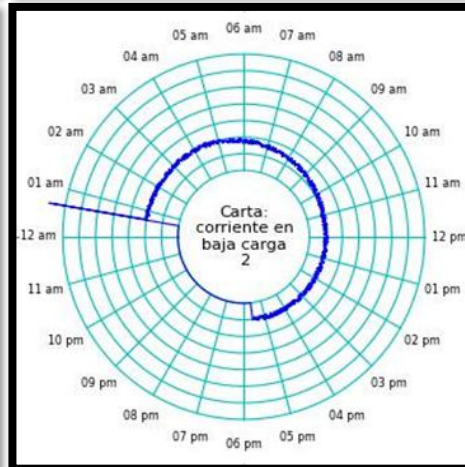
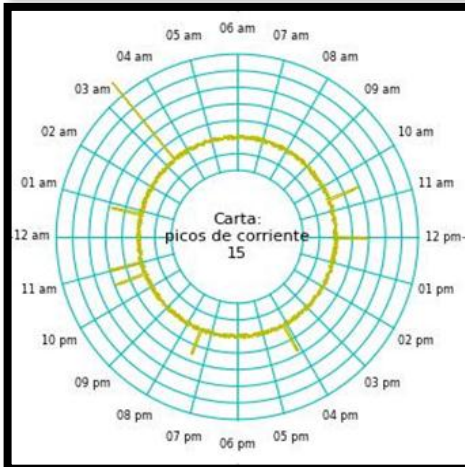
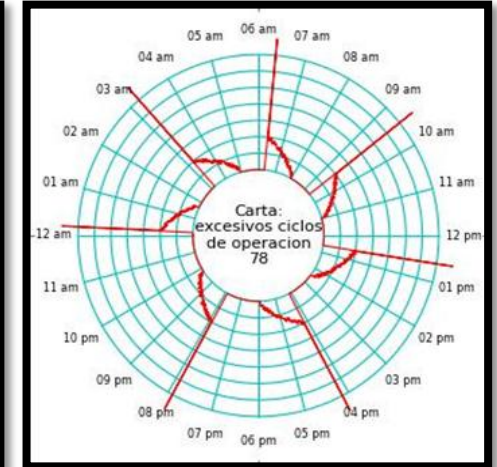
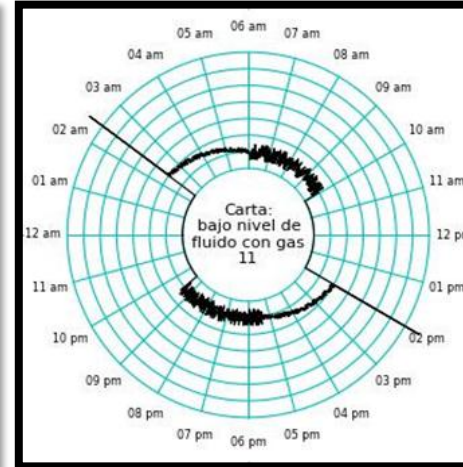
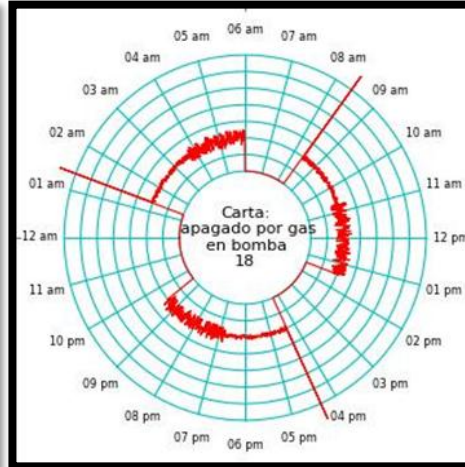
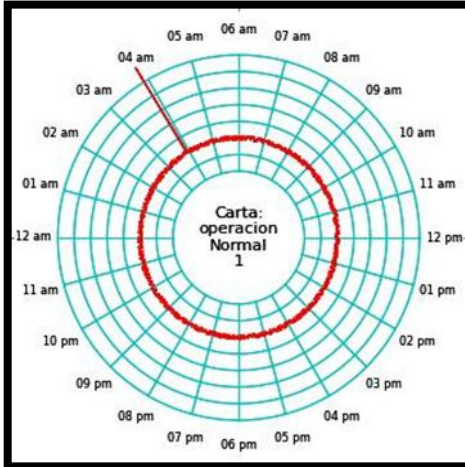
Diseñar y elaborar el sistema computacional de simulación y reconocimiento de patrones de fallas en procesos de levantamiento artificial





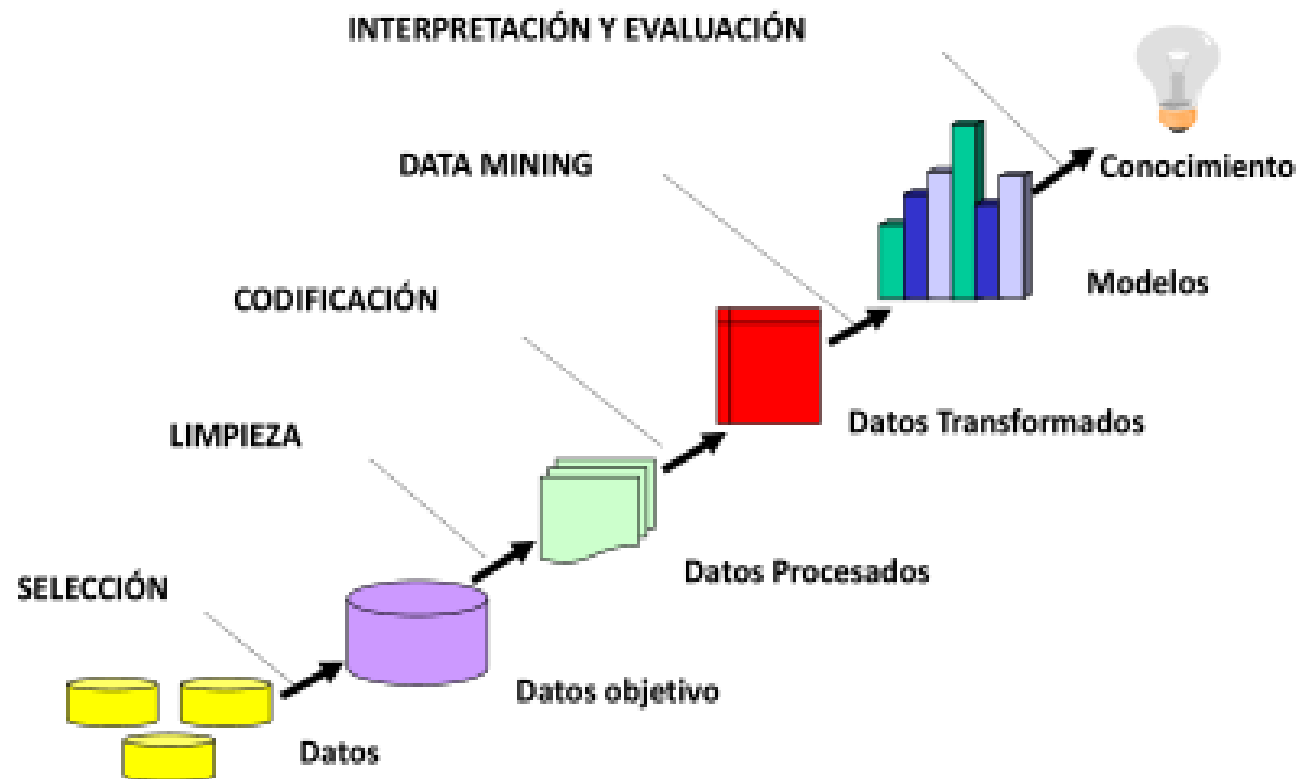


# CARTAS AMPERIMÉTRICAS GENERADAS

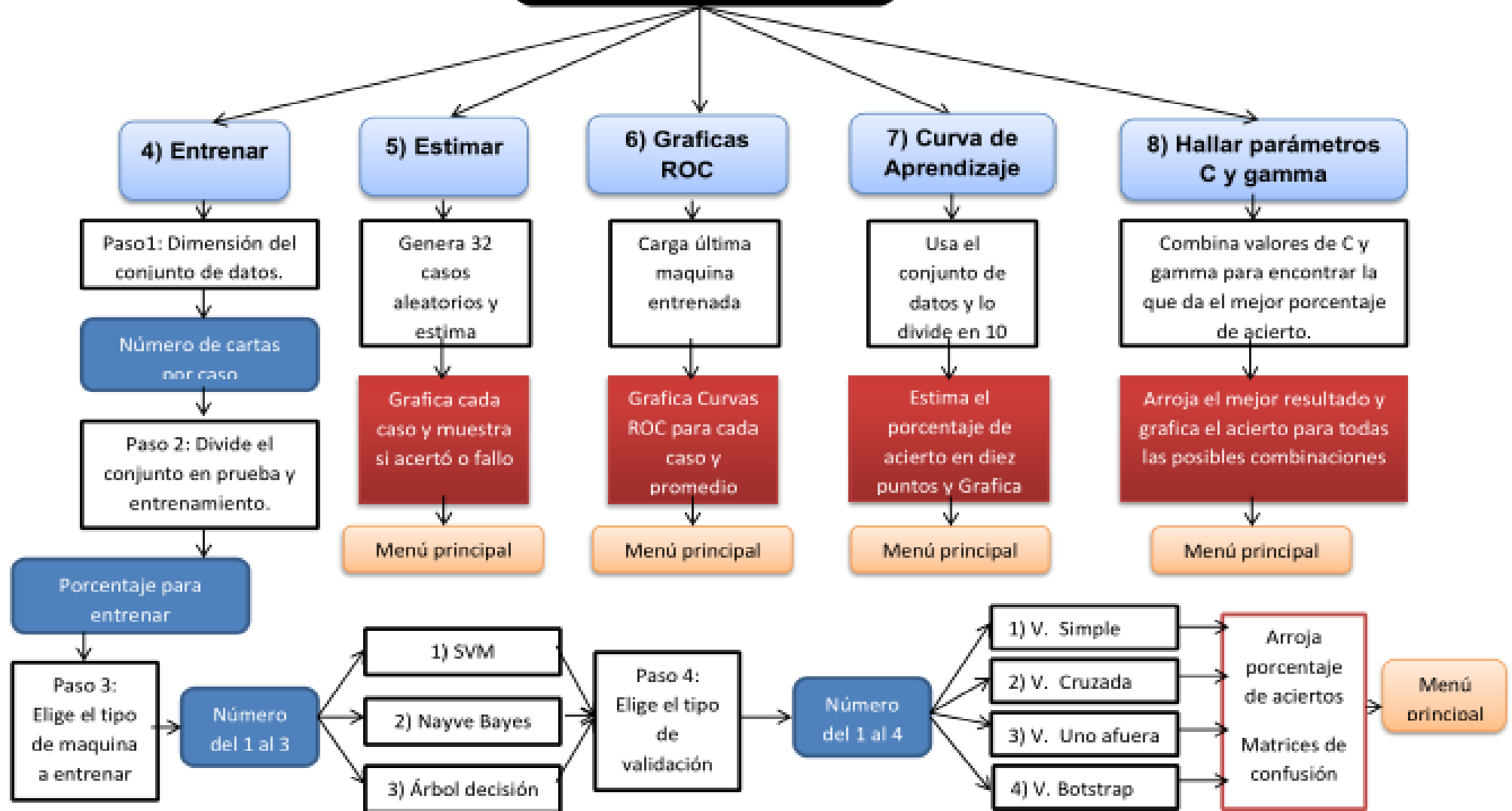


# RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE FALLA

## PROCESO KDD (KNOWLEDGE DISCOVERY IN DATABASES)



# RECONOCIMIENTO DE PATRONES



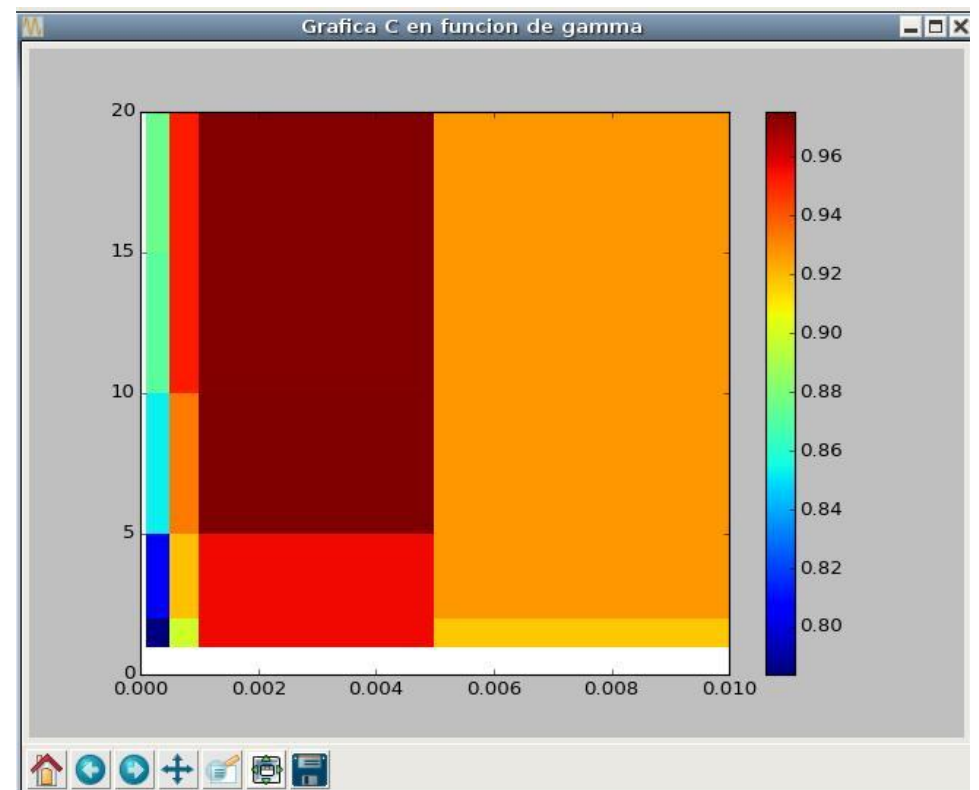
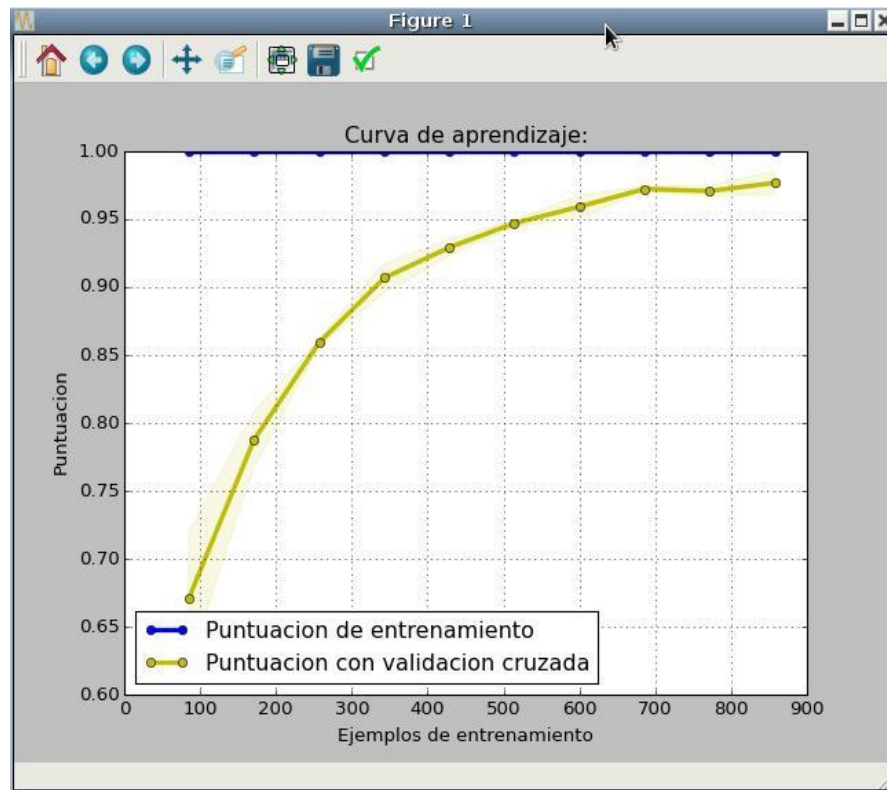


## Etapa IV:

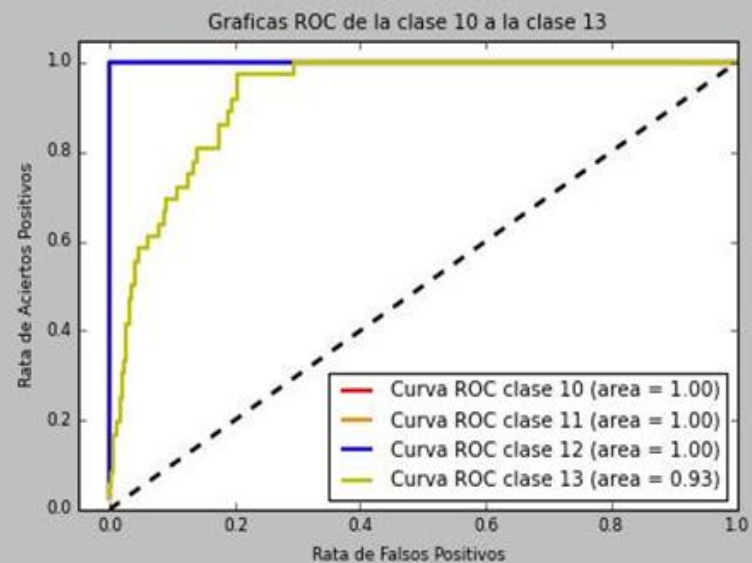
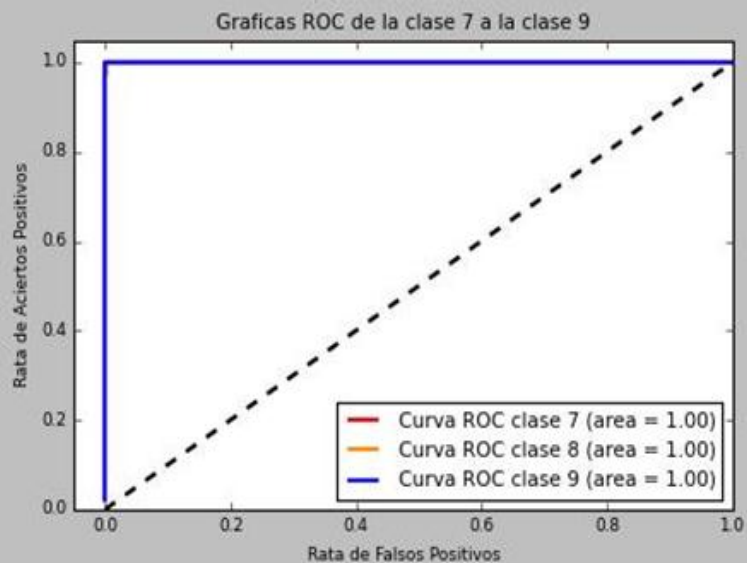
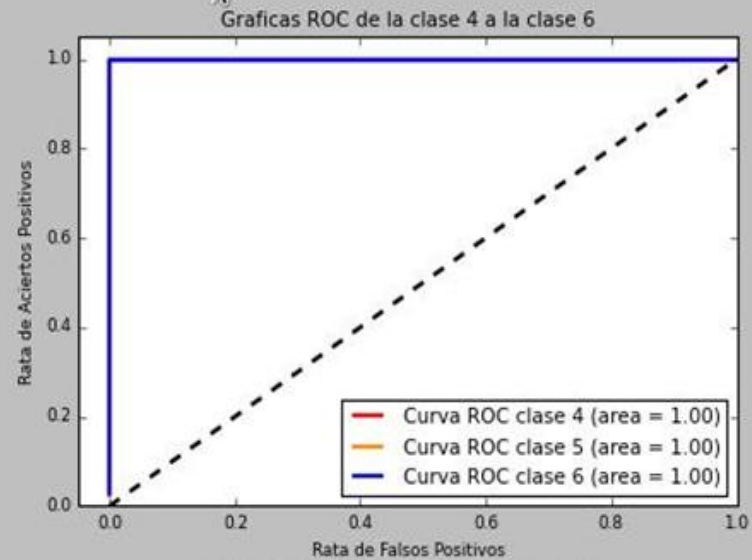
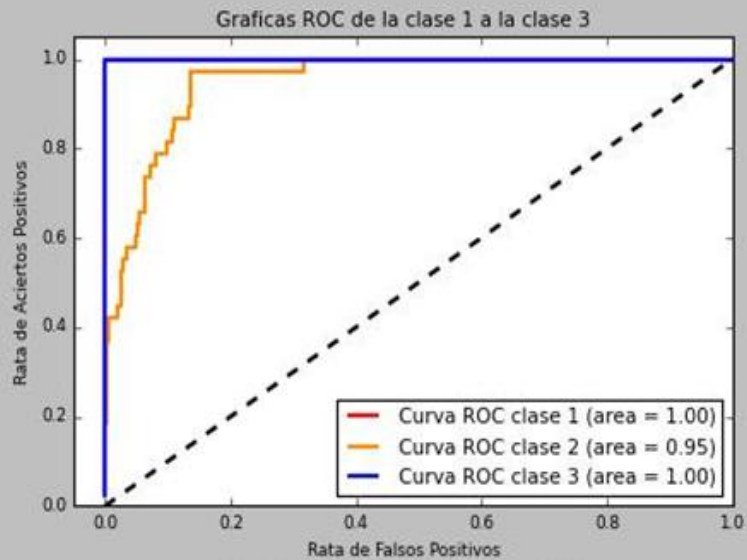
Realizar pruebas del sistema computacional para reconocimiento de fallas

## Etapa V:

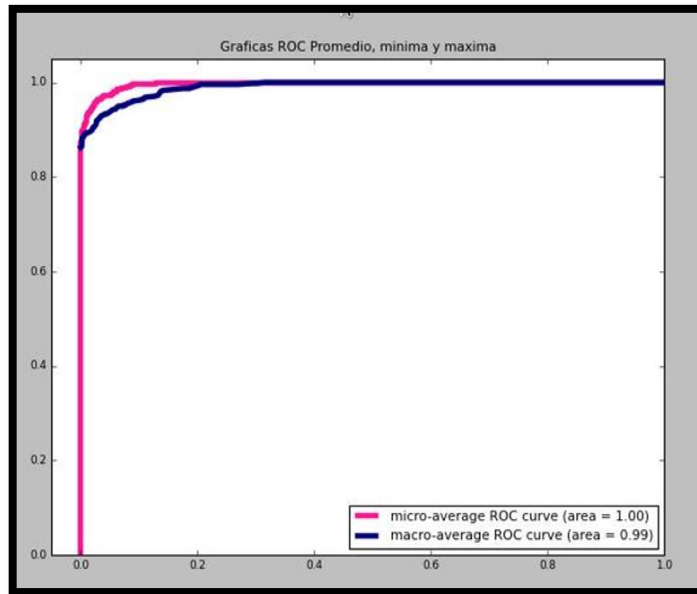
*Desarrollar escenarios de prueba para la evaluación y análisis estadístico del sistema*



# GRÁFICAS ROC POR CLASES



## GRÁFICA ROC PROMEDIO



## EJEMPLO MATRIZ DE CONFUSION

```

Botstrap numero 1 de 5
a) Acierto pesimista
Matriz de Confusion:
[[42  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0]
 [ 2 26  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  7]
 [ 0  0 37  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0]
 [ 0  0  0 37  0  0  0  0  0  0  0  0  4]
 [ 0  0  0  0 34  0  0  0  0  0  0  0  0]
 [ 0  0  0  0  0 48  0  0  0  0  0  0  0]
 [ 0  0  0  0  0  0 39  0  0  0  0  0  0]
 [ 0  0  0  0  0  0  0 41  0  0  0  0  0]
 [ 0  0  0  0  0  0  0  0 2 35  0  0  0  0]
 [ 0  0  0  0  0  0  0  0  0 34  0  0  0]
 [ 0  0  0  0  0  0  0  0  0  0 36  0  0]
 [ 0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0 23  0]
 [ 0  4  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0 29]]

Acierto: de un 96.04166666666667 %
    
```

## TABLA VALIDACIÓN CRUZADA

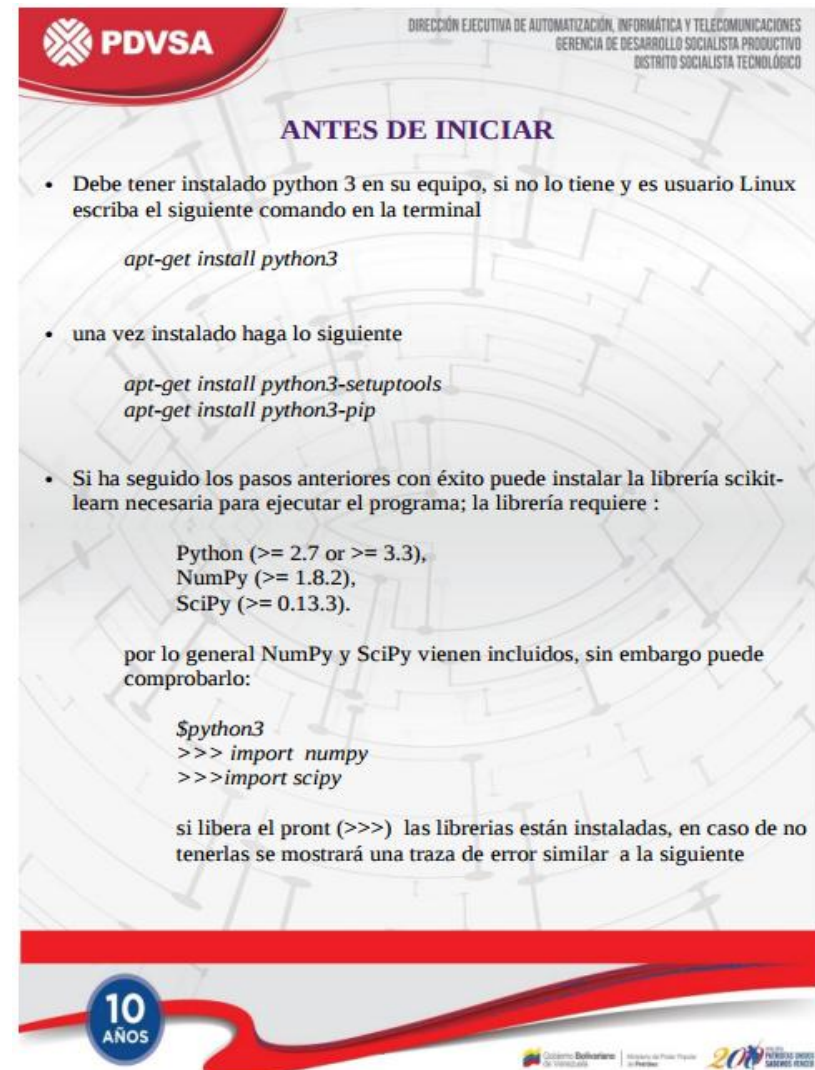
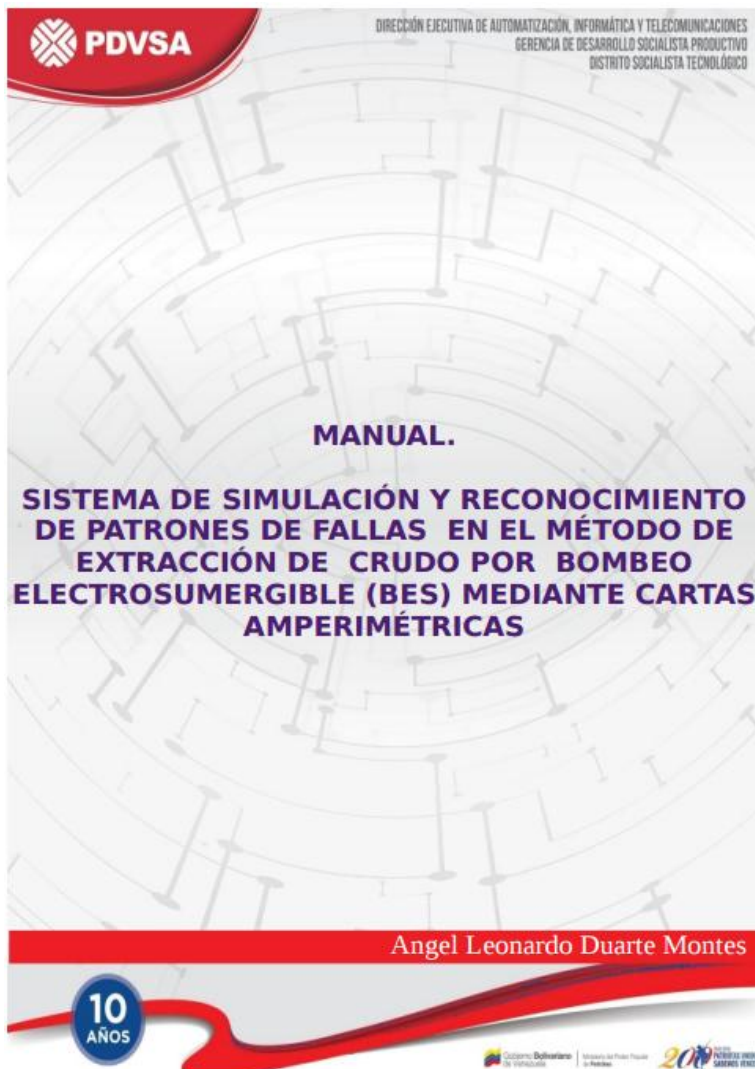
| Numero de validación | Porcentaje de aciertos |
|----------------------|------------------------|
| 1                    | 98.46153846153847      |
| 2                    | 100.0                  |
| 3                    | 98.46153846153847      |
| 4                    | 99.23076923076923      |
| 5                    | 100.0                  |
| 6                    | 98.46153846153847      |
| 8                    | 98.46153846153847      |
| 9                    | 96.15384615384616      |
| 10                   | 98.46153846153847      |
| Promedio total:      | 98.61538461538461      |

## TABLA VALIDACIÓN BOTSTRAP

| Numero de validación | Porcentaje        |                   |                 |
|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
|                      | Acierto pesimista | Acierto optimista | Bootstrap 0.636 |
| 1                    | 95.61586          | 98.38461          | 96.62369        |
| 2                    | 96.70103          | 98.76923          | 97.45385        |
| 3                    | 96.56652          | 98.76923          | 97.36830        |
| 4                    | 97.13114          | 98.92307          | 97.78340        |
| 5                    | 97.64957          | 99.15384          | 98.19712        |
| 6                    | 97.89473          | 99.23076          | 98.38105        |
| 7                    | 97.20430          | 99.00000          | 97.85793        |
| 8                    | 97.72727          | 99.15384          | 98.24654        |
| 9                    | 97.40259          | 99.07692          | 98.01205        |
| 10                   | 96.04166          | 98.53846          | 96.95050        |
| Promedio             | 96.99347          | 98.90000          | 97.68744        |

## Etapa VI:

Elaborar la documentación relacionada con la instalación y uso del sistema





**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**MUCHAS GRACIAS!!**