



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLOS EN UNA PLANTA
DEPURADORA DE AGUA RESIDUALES (EDAR) MEDIANTE
AUTOENCODERS VARIACIONALES**

Autor: Dña. Marta Arroyo Arévalo
Tutores: D. Gregorio I. Sainz Palmero
Dña. M^a Jesús de la Fuente Aparicio

Valladolid, septiembre 2024

ANEXOS

ANEXO A. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA

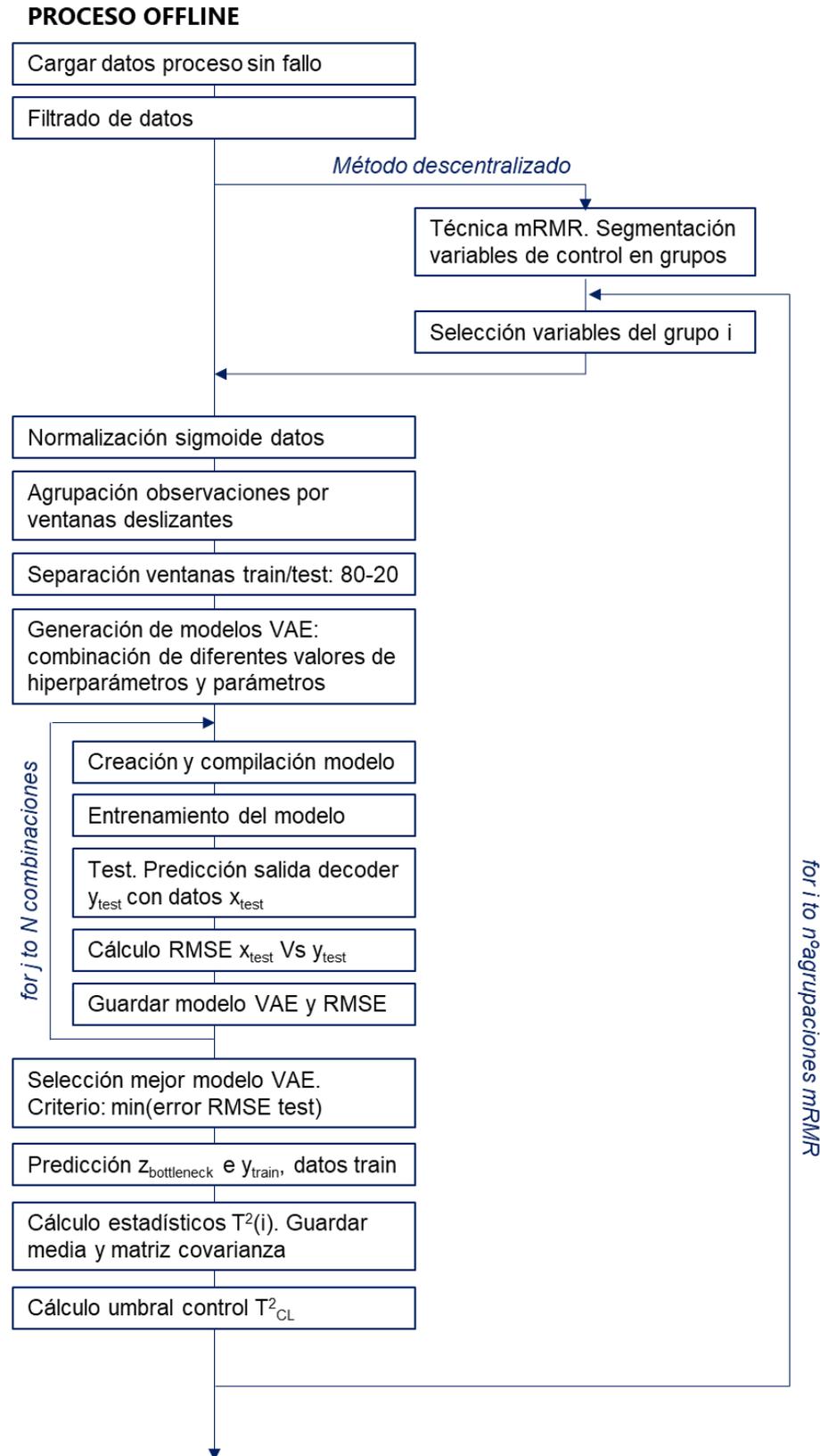


Figura 1. Diagrama del proceso global de metodología propuesta: proceso *offline* de aplicación en control de procesos centralizada y distribuida

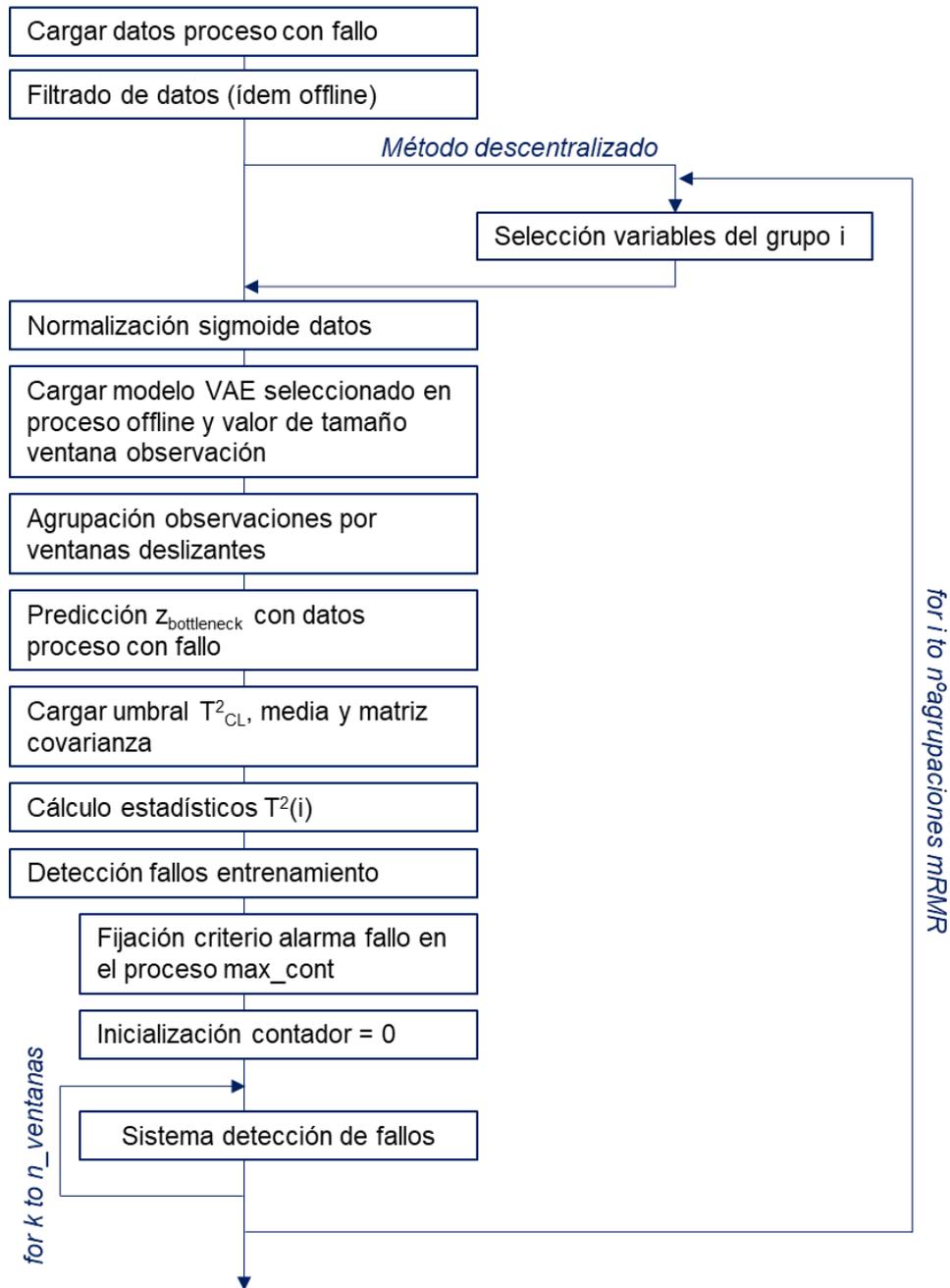
PROCESO ONLINE

Figura 2. Diagrama del proceso global de metodología propuesta: proceso *online* de aplicación en control de procesos centralizada y distribuida

ANEXO B. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Para el desarrollo del programa se ha empleado el lenguaje de programación de Python versión 3.10.7, destacando el uso de las librerías siguientes para cada etapa del programa:

Tabla 1. Versión librerías utilizadas para el desarrollo de la metodología propuesta

Etapas programa	Librería	Versión
- Filtrado de datos	pandas	1.5.0
- Distribución de variables por grupos mediante mRMR	mrmr-selection pandas	0.2.5 1.5.0
- Normalización		
- Entrenamiento iterativo y selección del VAE	numpy	1.23.5
- Determinación umbral de control estadístico	pandas	1.5.0
- Extracción de características mediante VAE	tensorflow	2.12.0
- Cálculo estadístico T^2	scikit-learn	1.1.2
- Detección de fallos		

ANEXO C. SIMULACIÓN FALLOS EDAR

En los siguientes gráficos se representa la situación de operación normal frente a la situación con cada uno de los 8 fallos indicados en el apartado 4.1:



Gráfico 1. Simulación fallo 1 EDAR: SS afluente

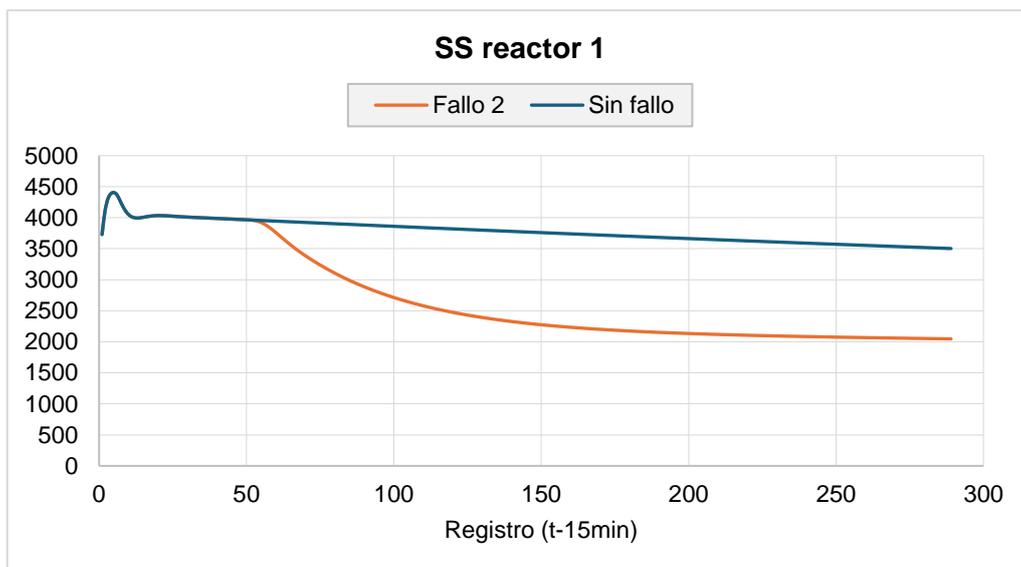


Gráfico 2. Simulación fallo 2 EDAR: SS reactor 1

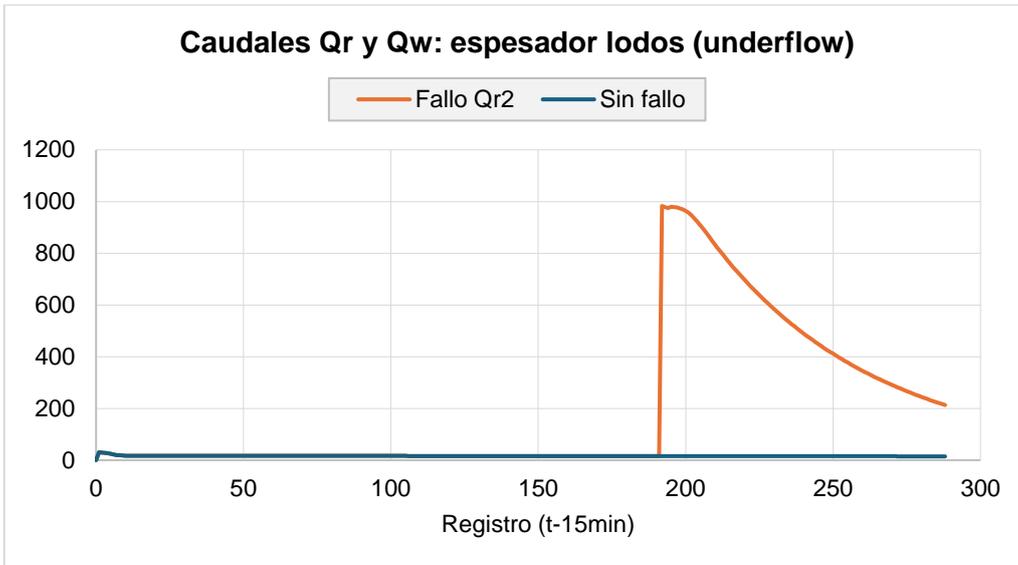


Gráfico 3. Simulación fallo 3 EDAR: caudal espesador lodos (underflow)

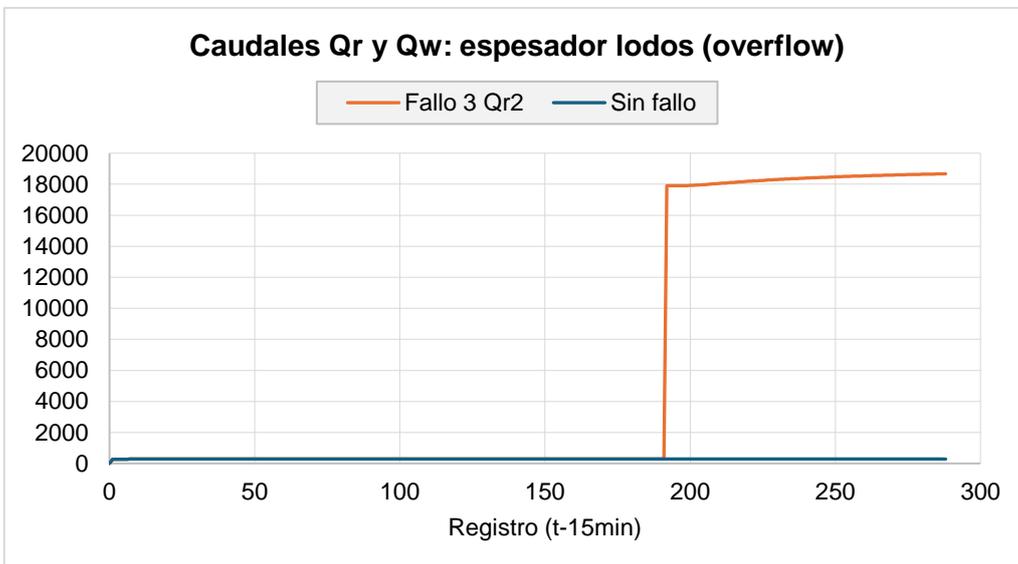


Gráfico 4. Simulación fallo 3 EDAR: caudal espesador lodos (overflow)

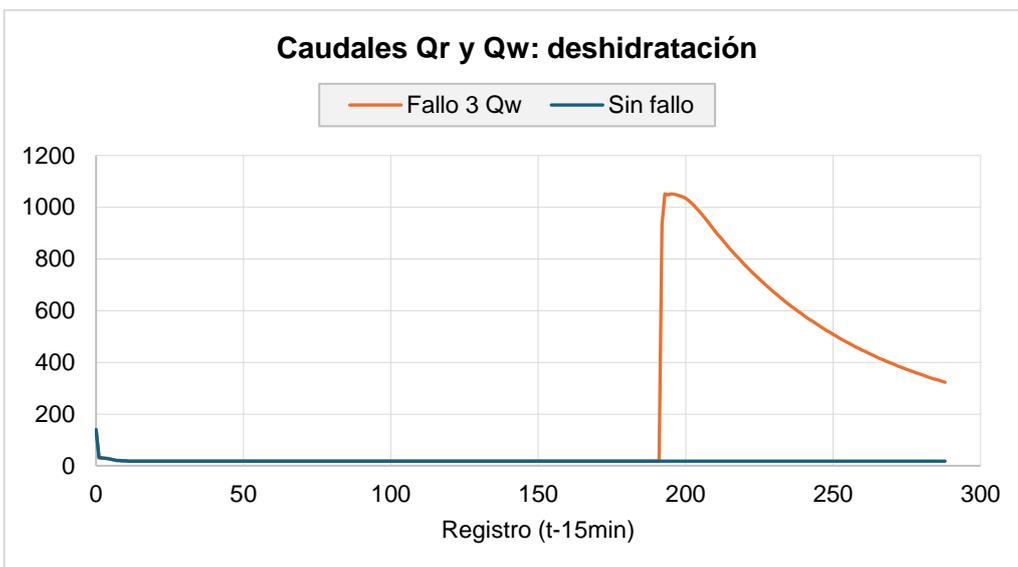


Gráfico 5. Simulación fallo 3 EDAR: caudal tanque deshidratación

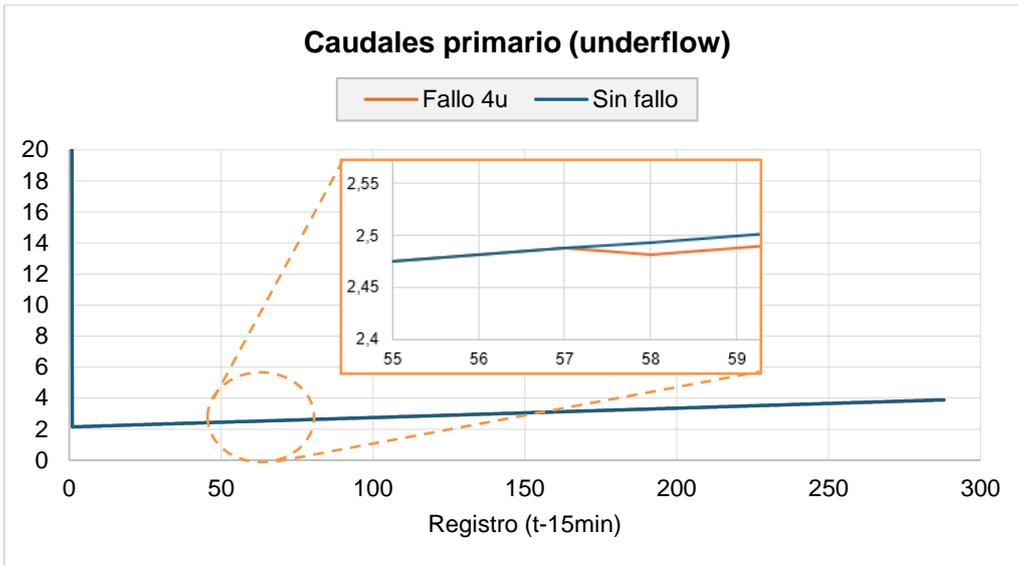


Gráfico 6. Simulación fallo 4 EDAR: caudal decantador primario (underflow)

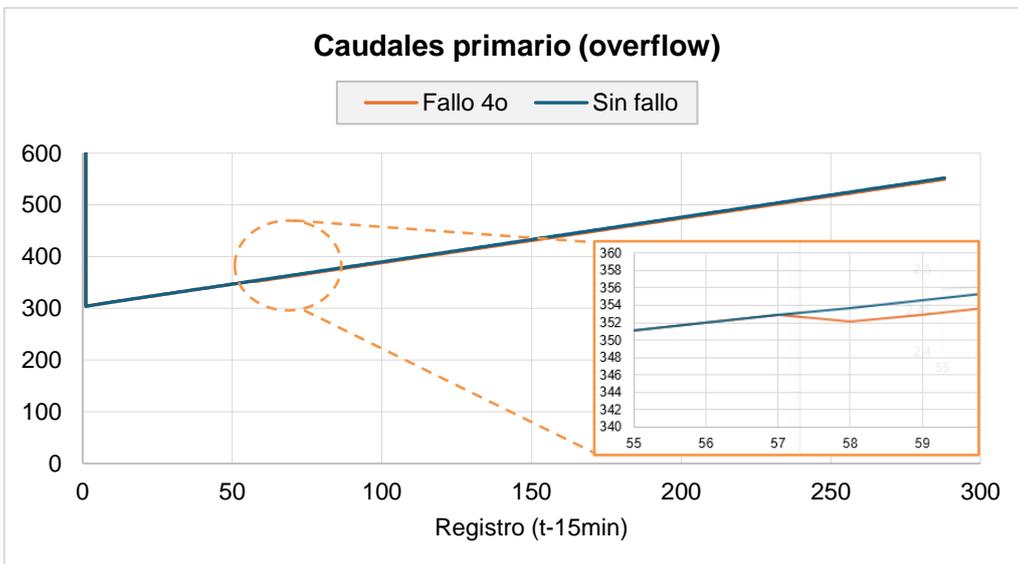


Gráfico 7. Simulación fallo 4 EDAR: caudal decantador primario (underflow)

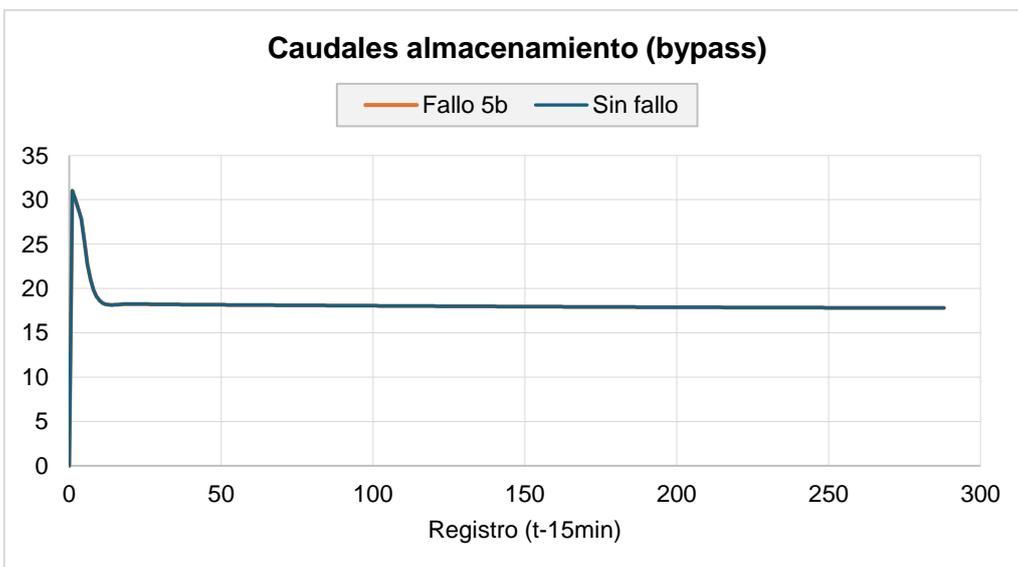


Gráfico 8. Simulación fallo 5 EDAR: caudal bypass tanque almacenamiento

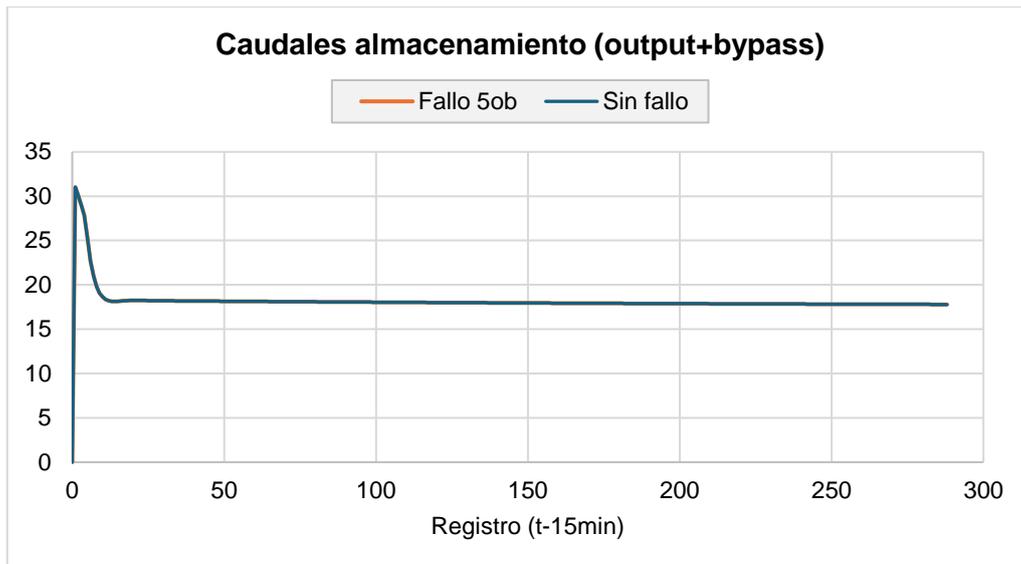


Gráfico 9. Simulación fallo 5 EDAR: caudal bypass+salida tanque almacenamiento

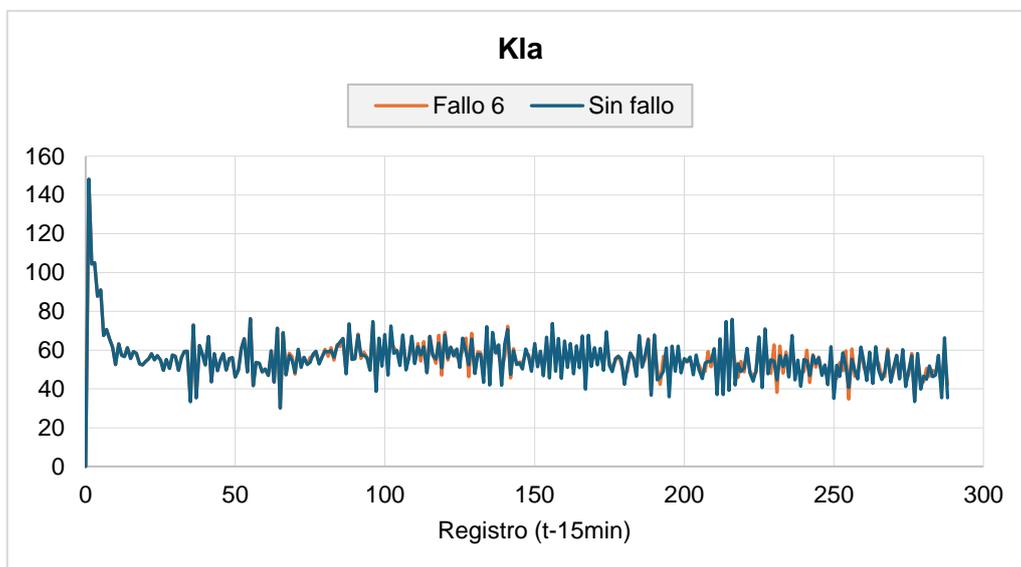
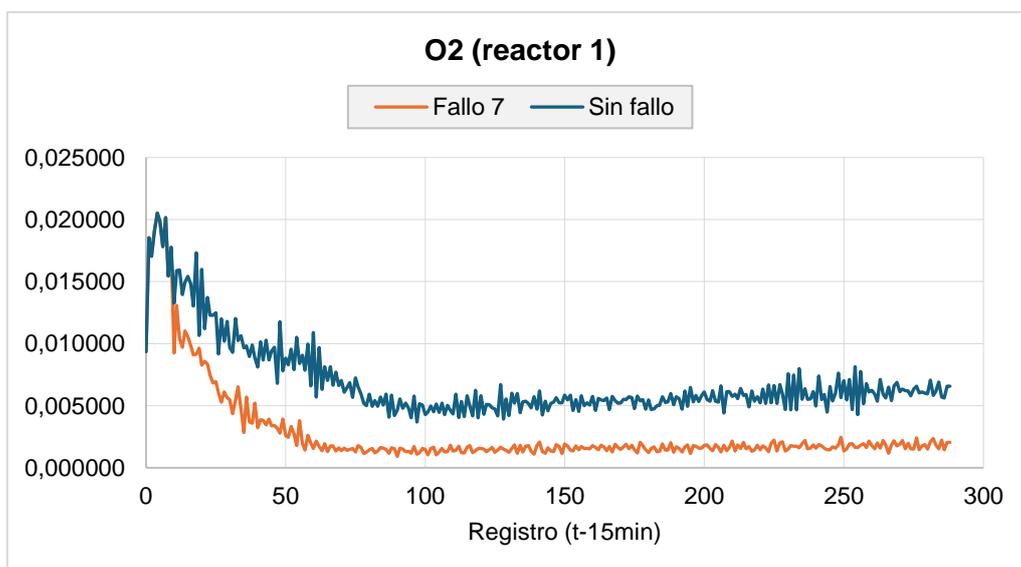


Gráfico 10. Simulación fallo 6 EDAR: Kla

Gráfico 11. Simulación fallo 7 EDAR: O₂ disuelto reactor 1

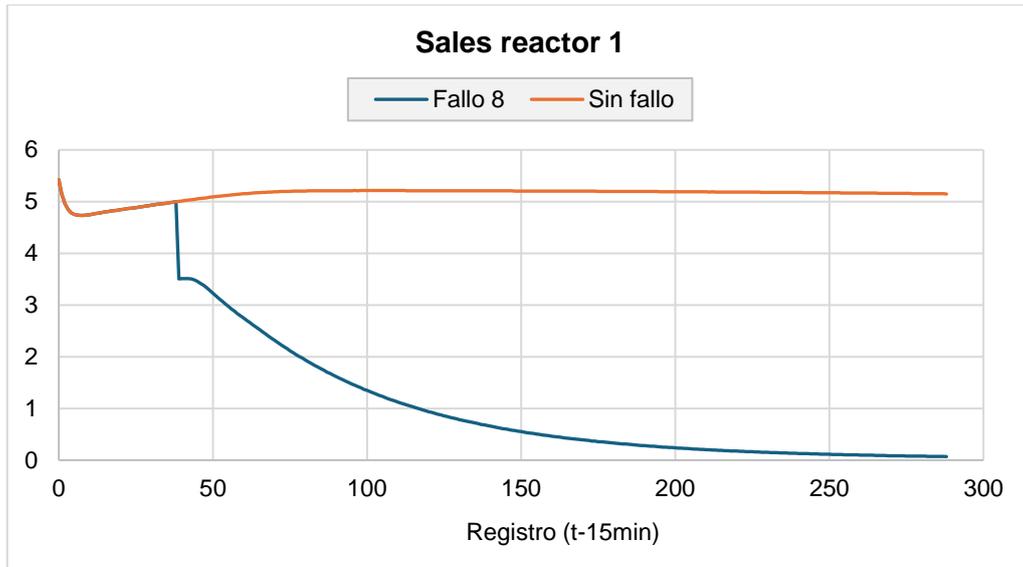


Gráfico 12. Simulación fallo 8 EDAR: sales reactor 1

ANEXO D. APLICACIÓN MRMR

Distribución de las variables del set de datos en grupos mediante la técnica mínima redundancia máxima relevancia (mRMR):

GRUPO 1

1 in-DQO	14 primaryout-underflow-DQO
4 in-SS	18 primaryout-underflow-SS
7 primaryout-overflow-DQO	92 digester-Afluyente-N
11 primaryout-overflow-SS	

GRUPO 2

2 in-Sales	71 WWTP effluent-Sales
3 in-N	78 thickener-overflow-Sales
6 in-Temp	82 thickener-overflow-Temp
8 primaryout-overflow-O2	83 thickener-underflow-DQO
9 primaryout-overflow-Sales	85 thickener-underflow-Sales
10 primaryout-overflow-N	88 thickener-underflow-Temp
13 primaryout-overflow-Temp	89 digester-Afluyente-DQO
15 primaryout-underflow-O2	90 digester-Afluyente-O2
16 primaryout-underflow-Sales	91 digester-Afluyente-Sales
17 primaryout-underflow-N	95 digester-Afluyente-Temp
20 primaryout-underflow-Temp	96 digester-effluent-DQO
23 reac1-Sales	97 digester-effluent-Sales
24 reac1-N	98 digester-effluent-N
27 reac1-Temp	99 digester-effluent-SS
30 reac2-Sales	101 digester-effluent-Temp
31 reac2-N	103 dewatering-effluent-Sales
34 reac2-Temp	104 dewatering-effluent-N
37 reac3-Sales	105 dewatering-effluent-SS
38 reac3-N	107 dewatering-effluent-Temp
41 reac3-Temp	111 almacenamiento-bypass-Sales
44 reac4-Sales	112 almacenamiento-bypass-N
45 reac4-N	113 almacenamiento-bypass-SS
48 reac4-Temp	115 almacenamiento-bypass-Temp
51 reac5-Sales	117 almacenamiento output+bypass-Sales
52 reac5-N	118 almacenamiento output+bypass-N
55 reac5-Temp	119 almacenamiento output+bypass-SS
58 settler-underflow-Sales	121 almacenamiento output+bypass-Temp

61 settler-underflow-Temp
 62 settler-effluent-DQO
 64 settler-effluent-Sales
 69 WWTP effluent-DQO

123 WWTP sludge-Sales
 124 WWTP sludge-N
 126 WWTP sludge-Temp
 127 KLa

GRUPO 3

22 reac1-O2
 29 reac2-O2
 59 settler-underflow-N
 60 settler-underflow-SS
 63 settler-effluent-O2
 65 settler-effluent-N
 66 settler-effluent-SS
 68 settler-effluent-Temp
 70 WWTP effluent-O2

 72 WWTP effluent-N

 73 WWTP effluent-SS

76 thickener-overflow-DQO
 79 thickener-overflow-N
 80 thickener-overflow-SS
 86 thickener-underflow-N
 87 thickener-underflow-Flow
 94 digester-Afluente-Flow
 100 digester-effluent-Flow
 106 dewatering-effluent-Flow
 114 almacenamiento-bypass-Flow
 120 almacenamiento
 output+bypass-Flow
 122 WWTP sludge-DQO

GRUPO 4

25 reac1-SS
 32 reac2-SS
 39 reac3-SS
 46 reac4-SS
 50 reac5-O2

53 reac5-SS
 56 settler-underflow-DQO
 57 settler-underflow-O2
 75 WWTP effluent-Temp

GRUPO 5

21 reac1-DQO
 28 reac2-DQO
 35 reac3-DQO
 42 reac4-DQO
 49 reac5-DQO

GRUPO 6

5 in-Flow
 12 primaryout-overflow-Flow
 19 primaryout-underflow-Flow
 26 reac1-Flow
 33 reac2-Flow
 40 reac3-Flow
 47 reac4-Flow

54 reac5-Flow
 67 settler-effluent-Flow
 74 WWTP effluent-Flow
 77 thickener-overflow-O2
 84 thickener-underflow-O2
 93 digester-Afluente-SS

GRUPO 7

- 81 thickener-overflow-Flow
- 102 dewatering-effluent-DQO
- 110 almacenamiento-bypass-DQO
- 116 almacenamiento output+bypass-DQO
- 125 WWTP sludge-Flow

GRUPO 8

- 36 reac3-O2
- 43 reac4-O2

GRUPO 9

- 108 almacenamiento-effluent-Sales
- 109 almacenamiento-effluent-N