

Infraestructura Inteligente. Computación en el Edge en Redes Inteligentes

Ainara García – Project Manager

Barbara

04/12/24



IA4TES

INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA
TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

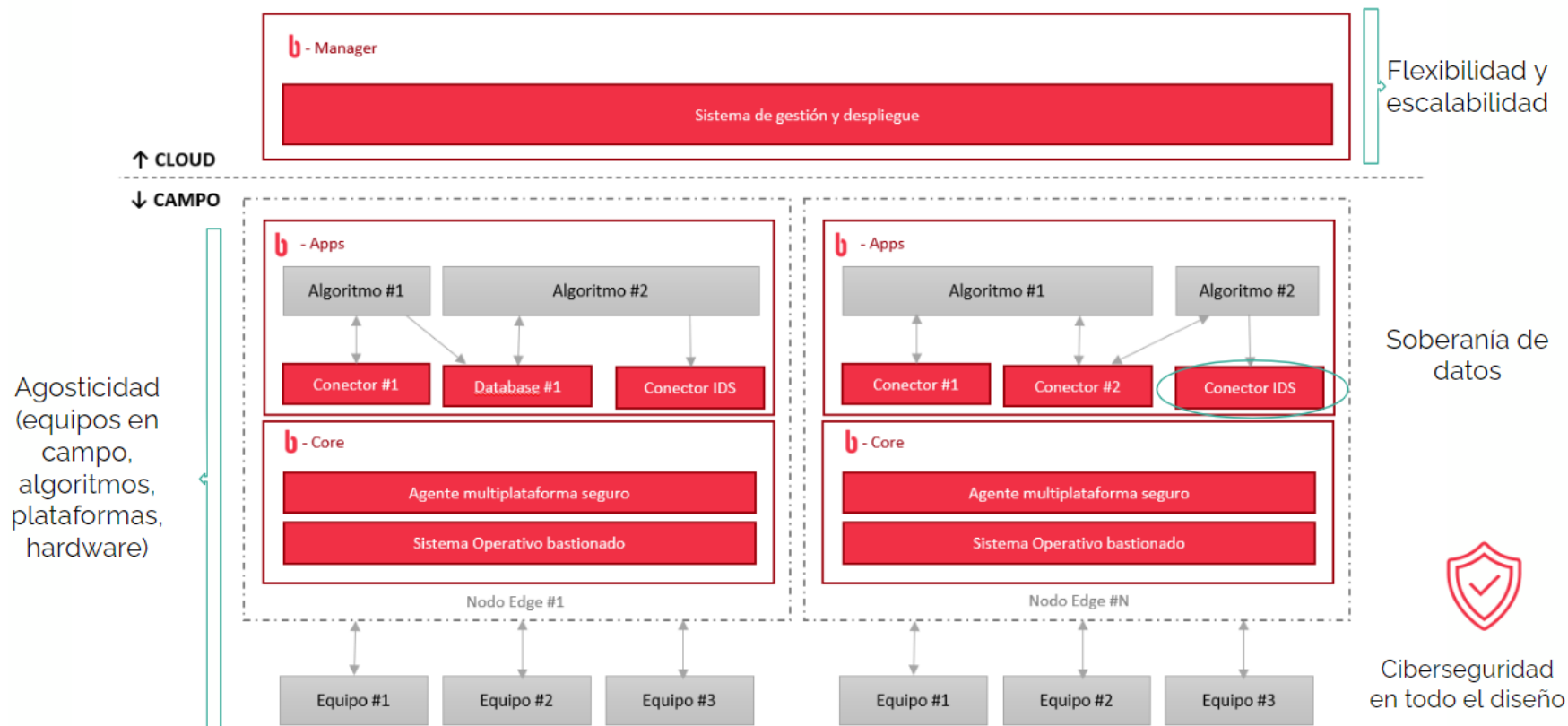
SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Financiado por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital dentro del proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008

Infraestructura Edge



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Demostración T4.14

*Retos de nuevos recursos distribuidos
Perspectiva DSO: Virtualización CT*



IA4TES

INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA
TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Financiado por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital dentro del proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008

Flexibilidad en congestión de red en CTs: operación DSOs

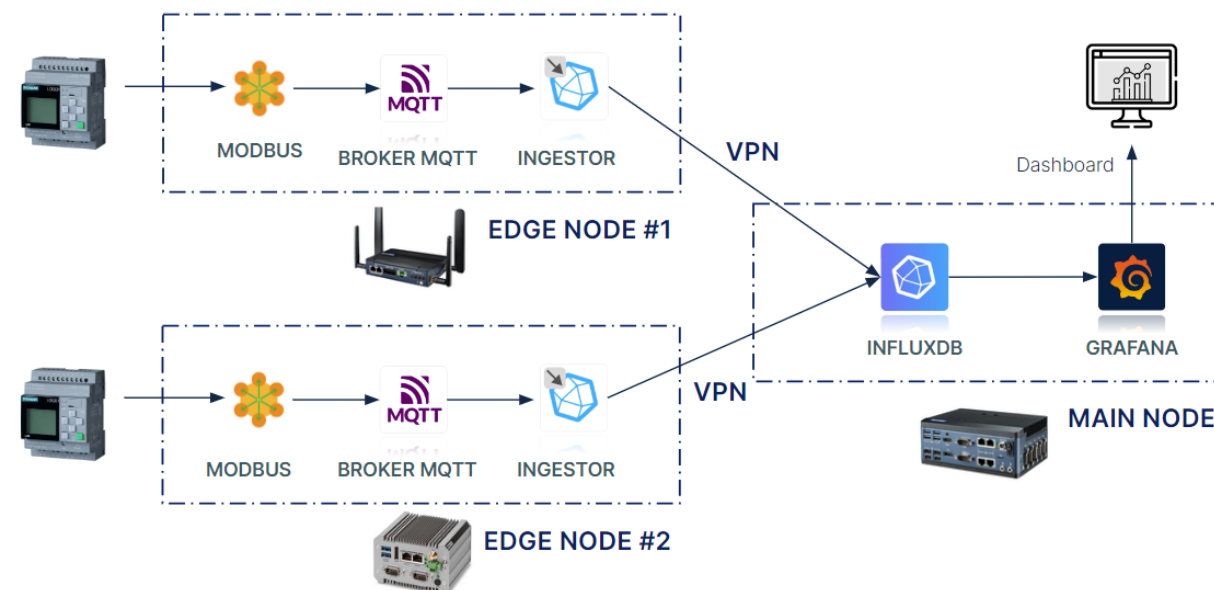
El creciente número de recursos distribuidos a través de la red de BT (la parte menos digitalizada de la red) está produciendo un incremento en el sobrevoltaje y los eventos de congestión.

El propósito de este caso de uso ha sido el de dar una perspectiva en como la red se va a comportar en el futuro para abordar técnicas que solventen los problemas detectados.

La infraestructura estudiada permite abordar los retos para:

1. Ofrecer un streaming de datos continuo, aunque estos difieran tanto en granularidad como en el tiempo para acceder a los datos.
2. Ofrecer un “gemelo digital” de la red para conocer y monitorizar el estado real de la misma.
3. Conectar diferentes CTs a través de un Red Mallada de Nodos Edge que permita ofrecer el estado de congestión de los CTs y sus adyacentes.
4. Habilitar técnicas de MLOps para la ejecución de algoritmos y su reentrenamiento.

Demostración Red Mallada



Nodes

All

Default (9)

Demostración Red Mallada (3)



☐	Online ↓	Node Name	Running	Load · RAM · Disk
☐	✓	UC Digitalización CT (T4.14)	2 4	22% 30% 13%
☐	✓	UC Mantenimiento CT (T3.15)	5	89% 41% 53%
☐	✓	UC Red Mallada (T4.14)	1 3	100% 94% 25%



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Demostración Red Mallada

Pasos:

1. Visualizar la virtualización del CT Digitalizado (4.14):
 1. CT en tiempo real
 2. Histórico de medidas
2. Visualizar las medidas de los equipos de control del CT de la tarea 3.15
3. Entrar al nodo del UC Red Mallada como Nodo Master para:
 1. Revisar el flujo de datos y alarmas establecidos por **Node Red** para cada CT.
 2. Visualizar la captura de datos habilitada por la **VPN** del nodo y a través del broker MQTT, tanto del Nodo CT Digitalizado como Mantenimiento CT.
 3. Visualizar los logs de la aplicación llamada **CT Agente** que recibe las alarmas de los CTs y ejecuta actuaciones automatizadas para mantener los valores correctos.
 4. Visualizar la aplicación **Alarm Manager** que recibe alarmas de consumos anómalos y permite configurar la manera de recepción de dichas alarmas.

Demostración Red Mallada - Vídeo

Nodes

Preferences + Add Node

Search (0)

Online	Node Name	Running	Load	RAM	Disk	Up Since	Default IP	Vpn IP	Tags	Quick Actions
☐	UC Digitalización CT (T4.14)	2 4	35%	30%	13%	7/11/24, 8:58 AM	192.168.10.168	On - 10.33.72.11		
☐	UC Mantenimiento CT (T3.15)	5	72%	42%	53%	7/11/24, 1:23 PM	192.168.10.113	On - 10.33.72.7		
☐	UC Red Mallada (T4.14)	1 3	100%	95%	25%	7/11/24, 8:58 AM	192.168.10.144	On - 10.33.72.13		

Items per page: 50 1 - 3 of 3



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Financiado por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital dentro del proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008

Digitalización CT

Nodes

All	Default (9)	Demostración Red Mallada (3)				
☐	Online ↓	Node Name	Running	Load	RAM	Disk
☐	✓	UC Digitalización CT (T4.14)	24	22%	30%	13%
☐	✓	UC Mantenimiento CT (T3.15)	5	89%	41%	53%
☐	✓	UC Red Mallada (T4.14)	13	100%	94%	25%



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Mantenimiento CT

Nodes

All	Default (9)	Demostración Red Mallada (3)	
☐	Online ↓	Node Name	Running Load · RAM · Disk
☐	✓	UC Digitalización CT (T4.14)	22% 30% 13%
☐	✓	UC Mantenimiento CT (T3.15)	89% 41% 53%
☐	✓	UC Red Mallada (T4.14)	100% 94% 25%



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

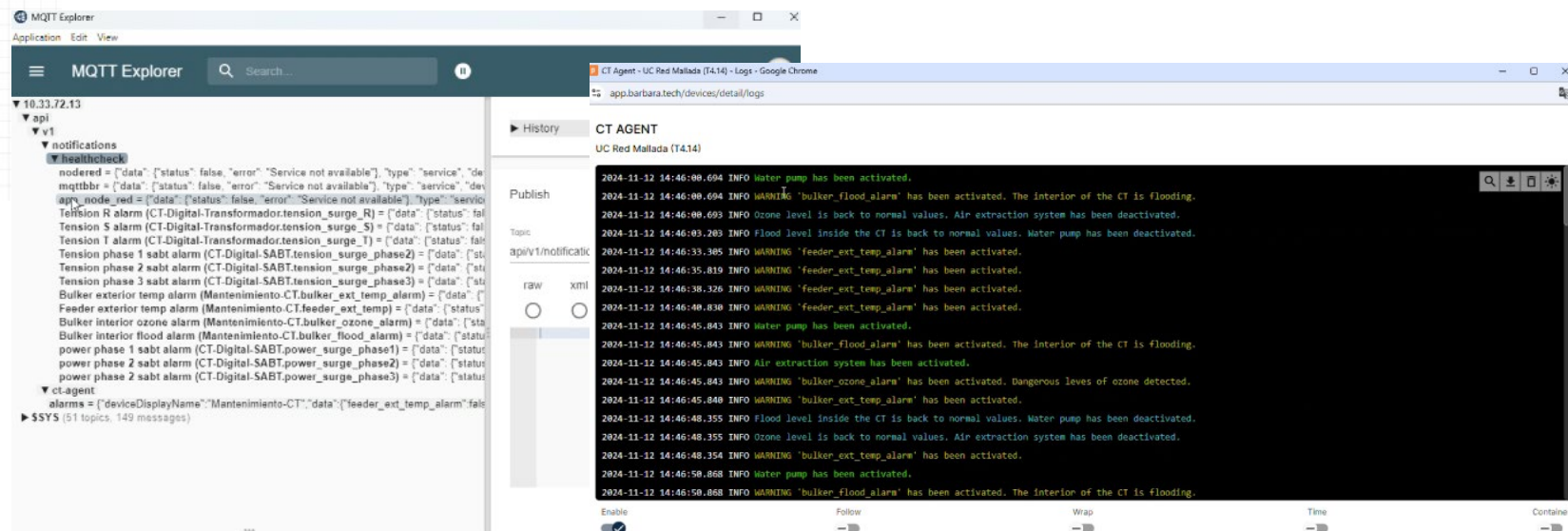
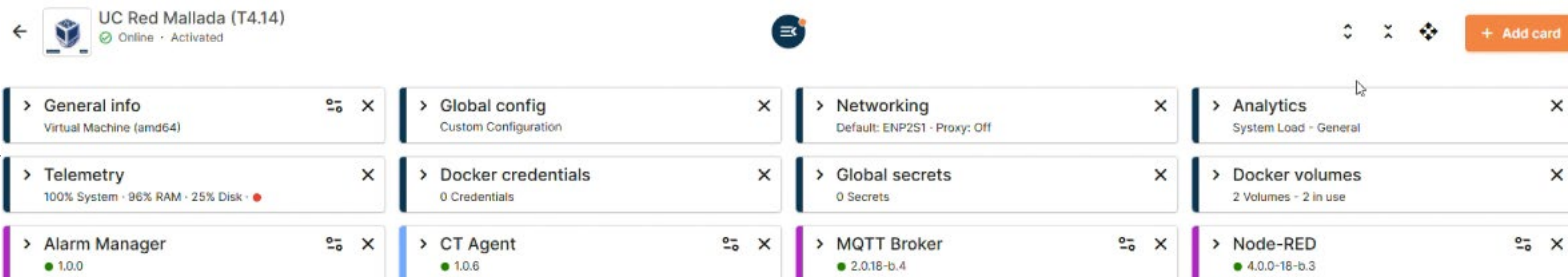
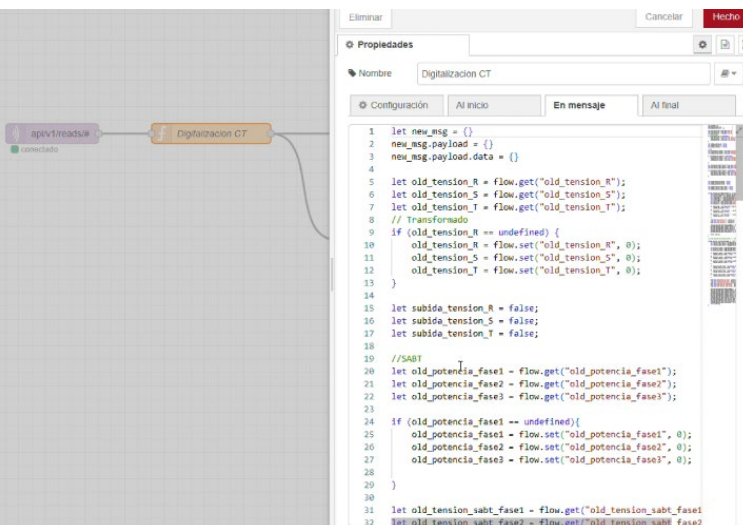
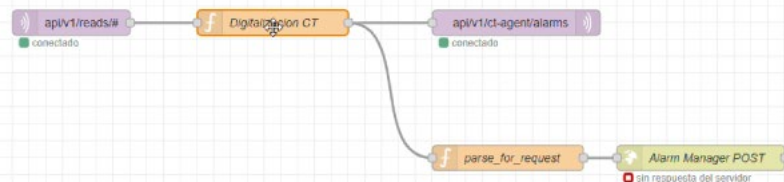


Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Financiado por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital dentro del proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008

Red Mallada

Flujos con Node Red



Obtención datos de diferentes CT por MQTT

Aplicación CT Agent



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Demostración Model Serving

Pasos:

1. Visualizar el algoritmo de Flexibilidad desplegado en el Nodo Edge (**Dockerizado**) y su Dashboard en Grafana.
2. Visualizar el modelo de Predicción generado en **Jupiter Notebook**, desplegado en **TensorFlow** en el Nodo Edge y su Dashboard en Grafana.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

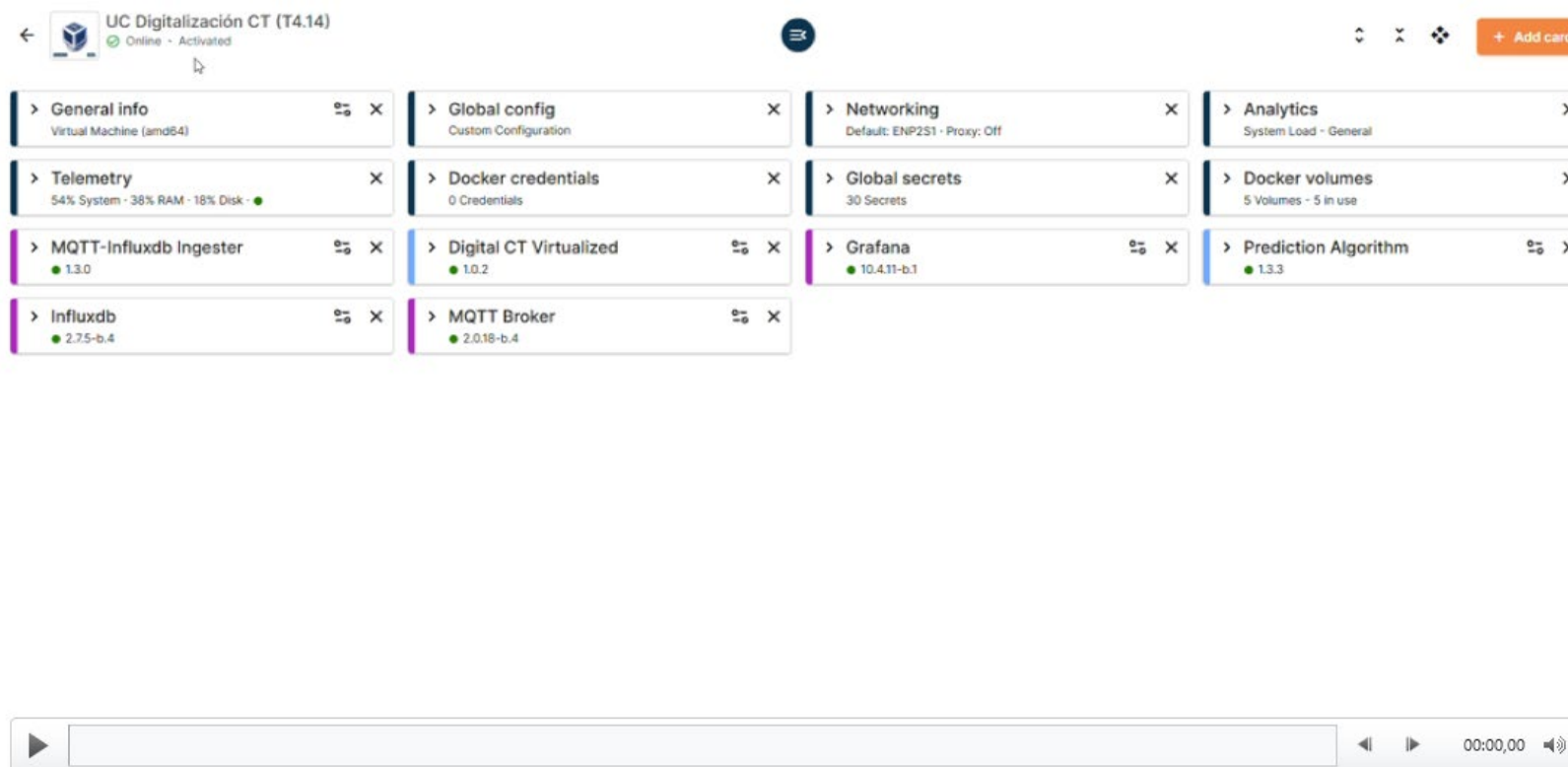
MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

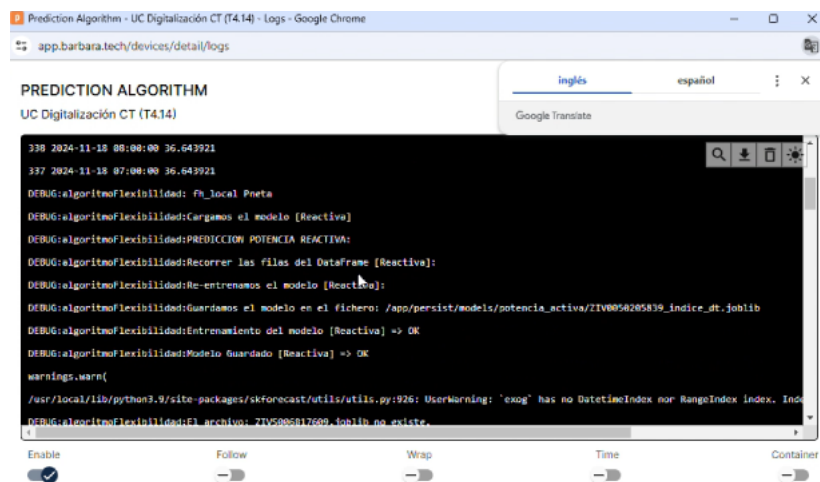


Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Demostración Model Serving – Vídeo Dockerización



Algoritmo de predicción dockerizado

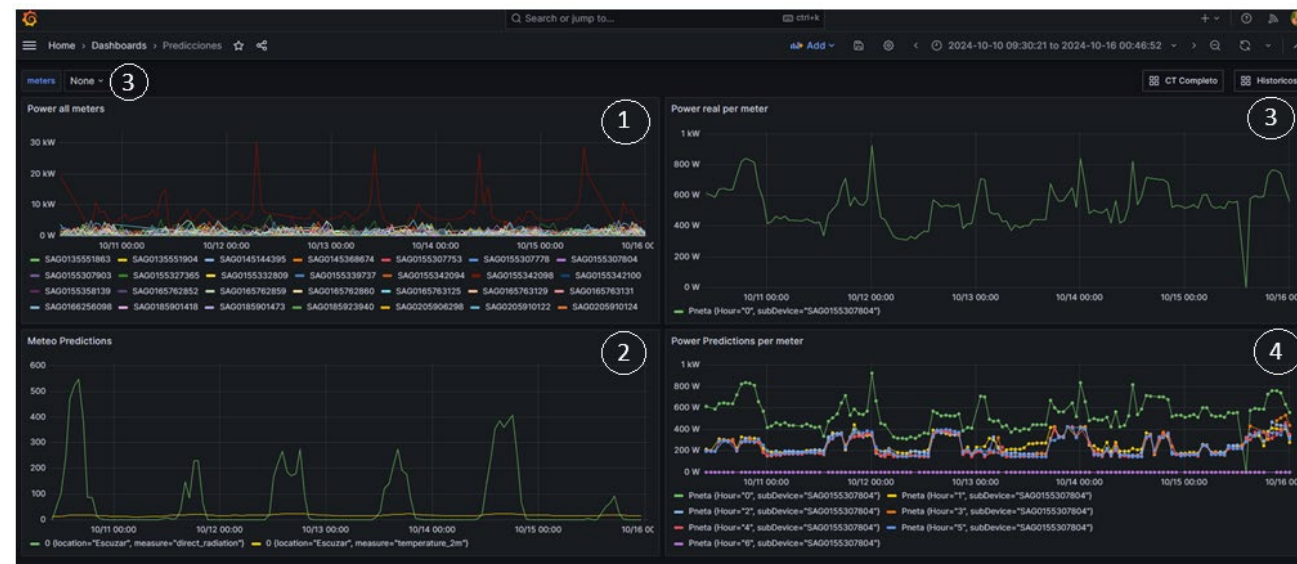


```
PREDICTION ALGORITHM
UC Digitalización CT (T4.14)

330 2024-11-18 08:00:00 36.643921
337 2024-11-18 07:00:00 36.643921

DEBUG:algoritmoFlexibilidad: fn_local Pneta
DEBUG:algoritmoFlexibilidad:Cargamos el modelo [Reactiva]
DEBUG:algoritmoFlexibilidad:PREDICCION POTENCIA REACTIVA:
DEBUG:algoritmoFlexibilidad:Recorremos las filas del DataFrame [Reactiva]:
DEBUG:algoritmoFlexibilidad:Re-entrenamos el modelo [Reactiva]:
DEBUG:algoritmoFlexibilidad:Guardamos el modelo en el fichero: /app/persist/models/potencia_activa/21V0050285839_indice_dt.joblib
DEBUG:algoritmoFlexibilidad:Entrenamiento del modelo [Reactiva] => OK
DEBUG:algoritmoFlexibilidad:Modelo Guardado [Reactiva] => OK

warnings.warn(
/usr/local/lib/python3.9/site-packages/skforecast/utils/utils.py:926: UserWarning: 'exog' has no DatetimeIndex nor RangeIndex Index. Inde
DEBUG:algoritmoFlexibilidad:El archivo: 21V005017609.joblib no existe.
```



Algoritmo de predicción de consumos para cálculo de flexibilidad considerando la saturación de línea

Técnica de dockerización, desplegado en Nodo UC Digitalización de CT.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Demostración Model Serving – Vídeo MLOps

Nodes

Preferences + Add Node

All Default (7) Demostración Red Maillada (3) Demostración Model Serving (2) Search (0)

☐	Online ↓	Node Name	Running	Load	RAM	Disk	Up Since	Default IP	Vpn IP	Tags	Quick Actions
☐	✓	Simulators	6	37%	28%	58%	7/11/24, 8:58 AM	192.168.10.138	On - 10.33.72.10		🗑️ ⬆️ ⬆️ ⬆️
☐	✓	UC Conector IDSA (T7.7)	1	94%	84%	20%	6/11/24, 6:14 PM	192.168.10.99	On - 10.33.72.17		🗑️ ⬆️ ⬆️ ⬆️
☐	✓	UC Flexibilidad DERs (T5.17)	1	95%	78%	35%	6/11/24, 6:16 PM	192.168.10.150	On - 10.33.72.6	OCPP	🗑️ ⬆️ ⬆️ ⬆️
☐	✓	UC Fotovoltaica (T3.6)	1	68%	32%	31%	6/11/24, 6:18 PM	192.168.10.102	On - 10.33.72.12		🗑️ ⬆️ ⬆️ ⬆️
☐	✓	UC IEEE2030.5 Common Data(T6.2)	1	23%	20%	23%	6/11/24, 6:15 PM	192.168.10.151	On - 10.33.72.15		🗑️ ⬆️ ⬆️ ⬆️
☐	✓	UC Object Detection (T7.8)	6	100%	69%	63%	6/11/24, 6:14 PM	192.168.10.152	On - 10.33.72.8		🗑️ ⬆️ ⬆️ ⬆️
☐	✓	UC Transmisión TSO (T3.12)	-	8%	14%	15%	6/11/24, 6:17 PM	192.168.10.110	On - 10.33.72.18		🗑️ ⬆️ ⬆️ ⬆️

Items per page: 50 1 - 7 of 7



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

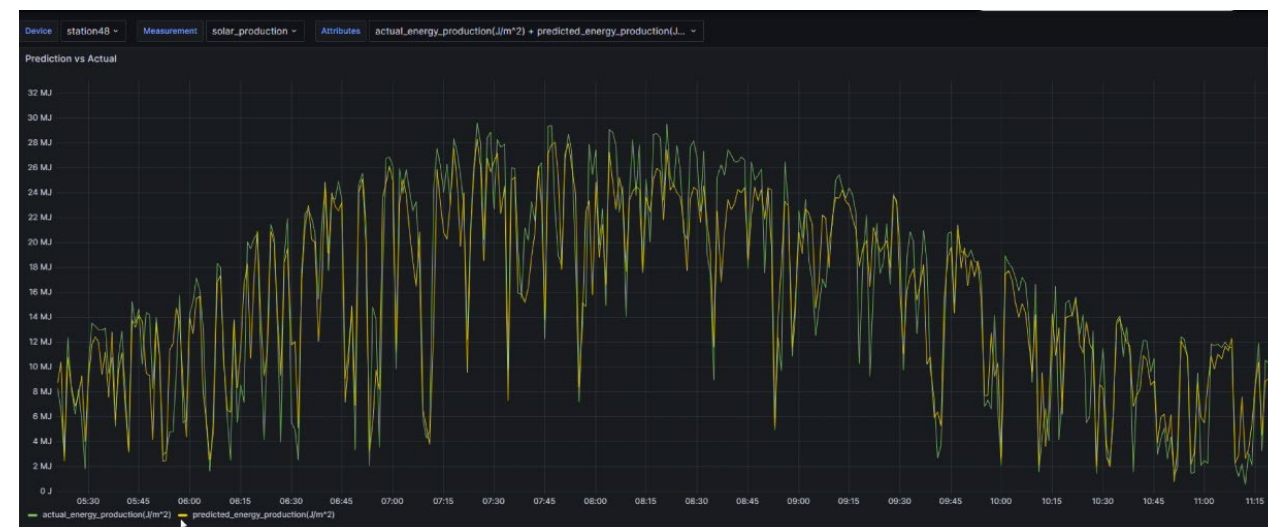
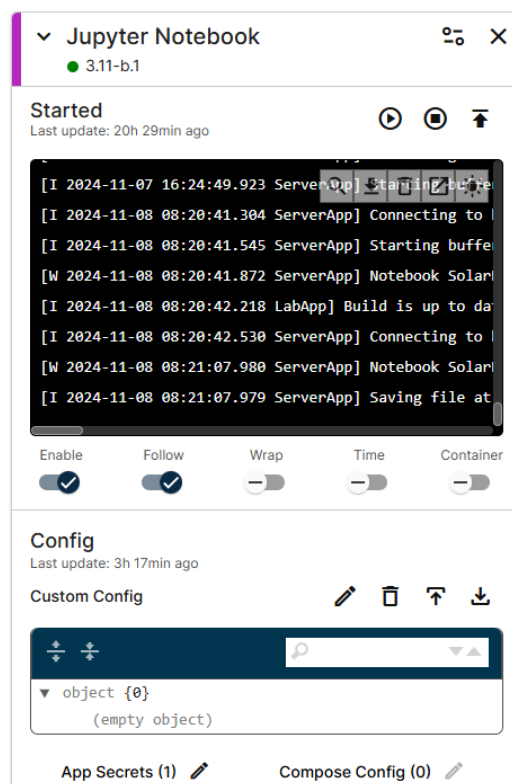
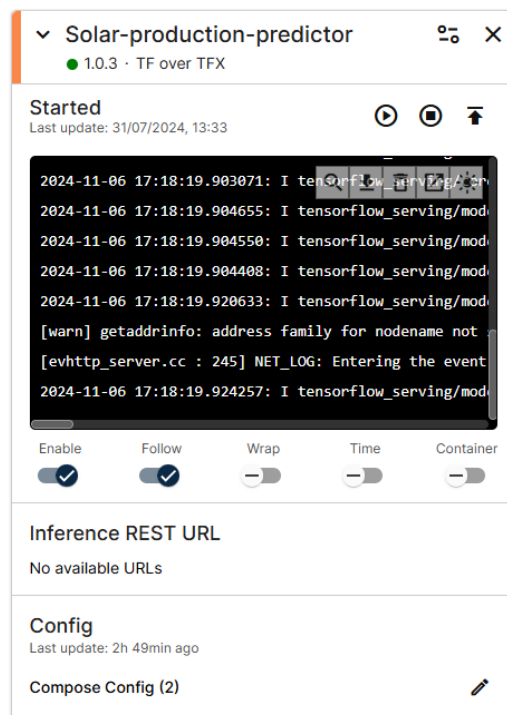
SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Financiado por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital dentro del proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008

Predicción producción solar por TensorFlow



Visualización Grafana

Algoritmo predicción solar servido por TensorFlow y desarrollado y entrenado en Jupyter Notebook.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Algoritmo predicción solar: Jupyter Notebook

Data Analysis

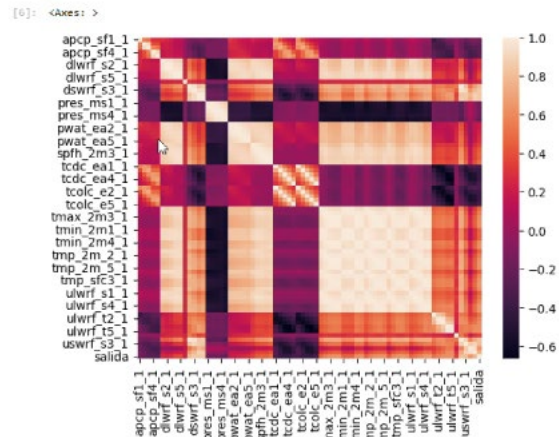
```
[3]: """Para el análisis de datos"""
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

# Ruta al directorio con los csv
#data_path = ""
# Disponibles
disp_df = pd.read_csv("disp_st21ns1.txt.bz2",compression="bz2",index_col=0)

disp_df.head()
```

	apcp_sf1_1	apcp_sf2_1	apcp_sf3_1	apcp_sf4_1	apcp_sf5_1	dlwrf_s1_1	dlwrf_s2_1	dlwrf_s3_1	dlwrf_s4_1	dlwrf_s5_1	...	ulwrf_t2_1	ulwrf_t3_1	ulwrf_t4_1	ulwrf_t5_1	uswrf_s1_1	uswrf_s2_1	uswrf_s3_1	uswrf_s4_1
V1	0.0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	259.492673	245.787096	251.719940	265.741306	264.195623	...	248.231748	251.032990	250.342404	254.976936	0.0	9.000000	48.000000	103.636364
V2	0.0	0.000000	0.012727	0.059091	0.662727	254.725868	287.278670	300.254822	305.623500	308.383628	...	201.094627	204.209094	216.197508	209.780189	0.0	3.727273	19.545455	66.909091
V3	0.0	0.000000	0.000000	0.000000	0.004545	215.280002	210.086931	215.133093	239.983668	245.567405	...	229.283282	230.389841	231.086422	225.074921	0.0	9.454545	53.727273	112.454545
V4	0.0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	340.480202	320.612017	346.040177	320.017010	327.904067	...	327.467320	320.500200	347.462046	341.231061	0.0	6.846464	27.646464	102.000000

```
[6]: correlation_matrix = disp_df.corr()
sns.heatmap(data=correlation_matrix)
```



```
print(selected_variables)

# Obtener la matriz de correlación de las variables seleccionadas
selected_corr_matrix = correlation_matrix.loc[selected_variables, selected_variables]

# Crear el heatmap usando seaborn
sns.heatmap(selected_corr_matrix, annot=True, cmap="coolwarm")

# Mostrar el heatmap
plt.show()
```

['dlwrf_s2_1', 'dlwrf_s3_1', 'dlwrf_s4_1', 'dlwrf_s5_1', 'tmax_2m3_1', 'tmax_2m4_1', 'tmax_2m5_1', 'c3_1', 'ulwrf_s4_1', 'ulwrf_s5_1', 'ulwrf_t3_1', 'ulwrf_t4_1', 'ulwrf_t5_1', 'uswrf_s2_1', 'uswrf_s3_1', 'uswrf_s4_1', 'uswrf_s5_1']

```
[16]: # Compile the model
model.compile(optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(learning_rate=0.002), loss='mean_squared_error',
              model.summary())
```

Model: "Solar-production-predictor"

Layer (type)	Output Shape	Param #
dense (Dense)	(None, 256)	19,456
dense_1 (Dense)	(None, 128)	32,896
dense_2 (Dense)	(None, 64)	8,256
dense_3 (Dense)	(None, 32)	2,096
dense_4 (Dense)	(None, 1)	33

Total params: 62,721 (245.00 KB)

Trainable params: 62,721 (245.00 KB)

Non-trainable params: 0 (0.00 B)

Train the model

```
[17]: history = model.fit(X_train, y_train, epochs=200, batch_size=64, validation_split=0.2)
```

Epoch 1/200
46/46 — 3s 9ms/step — loss: 315943901200364.0000 — mse: 315943901200364.0000 —
Epoch 2/200
746101760.0000 — mse: 314058746101760.0000

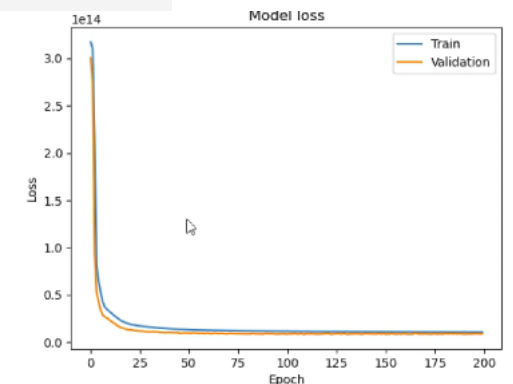
Evaluate the model

```
[18]: test_loss = model.evaluate(X_test, y_test)
print(f'Test Loss: {test_loss}')

y_pred = model.predict(X_test)

#mse = metrics.mean_squared_error(y_test, y_pred)
#mse = np.sqrt(metrics.mean_squared_error(y_test, y_pred))
#mae = metrics.mean_absolute_error(y_test, y_pred)
#r2 = metrics.r2_score(y_test, y_pred)
#print(f'MSE: {mse}')
#print(f'MAE: {mae}')
#print(f'R2: {r2}')
```

23/23 — 0s 1ms/step — loss: 9545789210624.0000 — mse
Test Loss: [10004455227392.0, 10004455227392.0]
23/23 — 0s 4ms/step
MSE: 3162981.0054656453
MAE: 2334415.3487534244
R2: 0.834373958958252



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

¡GRACIAS!

Barbara



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia