

Detección temprana del rodamiento principal de un aerogenerador utilizando datos SCADA del parque eólico y redes neuronales LSTM

PROBLEMA

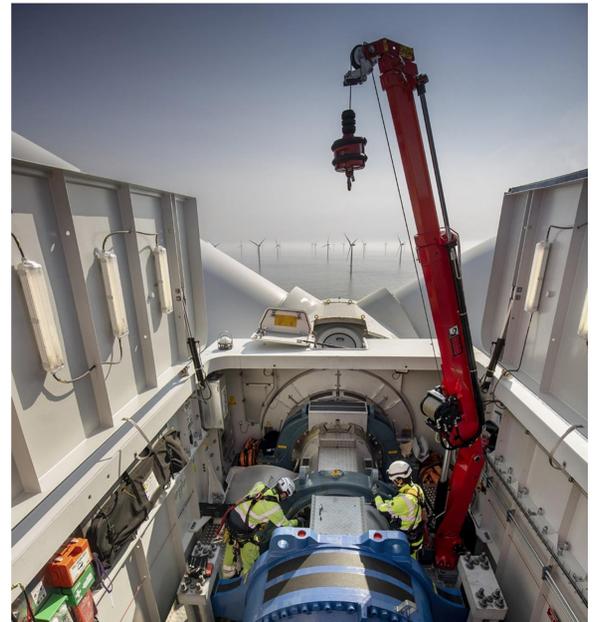
La operación y mantenimiento (O&M) en parques eólicos representa hasta el 30% del costo total de la energía debido a su ubicación remota y altos costos de transporte, componentes, logística y tiempo de inactividad. Las tasas de fallos de los cojinetes principales en 20 años pueden alcanzar el 30%, siendo el segundo mayor desafío de confiabilidad después de los fallos en la caja de cambios de las turbinas eólicas.

OBJETIVO GENERAL

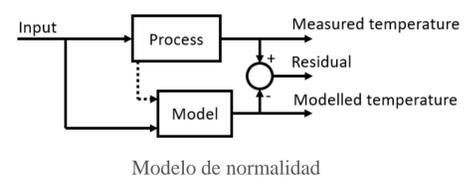
Detectar el fallo del rodamiento principal de aerogeneradores con varios meses de anticipación mediante modelos basados en la normalidad, para reducir los altos costos de operación y mantenimiento

PROPUESTA

- Se utilizan datos SCADA de un parque eólico en operación compuesto por 12 turbinas eólicas.
- El desarrollo del modelo de normalidad, se basa en deep learning, específicamente utilizando la red neuronal Long Short Term Memory (LSTM), para la detección temprana de fallos en el rodamiento principal.
- La metodología es validada mediante órdenes de trabajo del parque eólico.
- Las variables SCADA seleccionadas incluyen mediciones físicas cercanas al rodamiento principal de las turbinas eólicas, además de la potencia generada y la velocidad del rotor.
- Se utiliza un indicador de fallos para identificar qué turbina presenta anomalías durante el periodo de estudio.
- La red LSTM está configurada para realizar predicciones en instantes de tiempo después de una ventana de 144 datos, equivalente a un día completo de registros



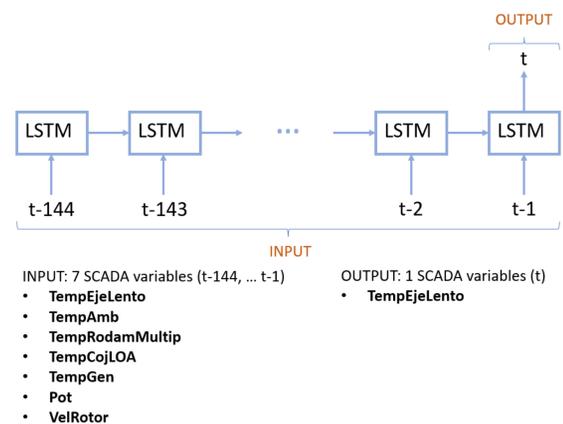
Mantenimiento de parque eólico



Modelo de normalidad



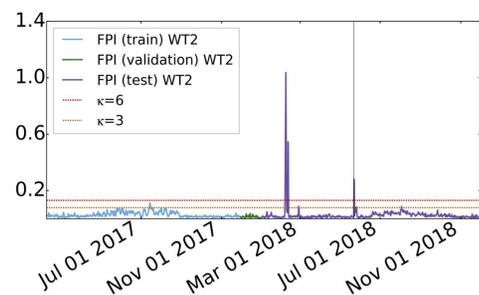
Distribución de datos en el aerogenerador 2



Arquitectura LSTM Many-to-one

RESULTADOS

- La metodología propuesta, que se basa en la activación de un indicador de fallo mediante un umbral, calculado a partir del residuo de los datos, ha mostrado resultados prometedores al detectar el fallo del rodamiento principal con cuatro meses de anticipación. Tiempo suficiente para planificar el mantenimiento oportuno del aerogenerador, lo que puede prevenir pérdidas financieras significativas debido a paradas inesperadas.
- Los resultados muestran que la sintonización del umbral, realizada a través de un promedio móvil simple (SMA) aplicado exclusivamente a los residuos de los datos de entrenamiento y validación, permite al modelo detectar fallos con alta eficacia. Este ajuste del umbral desempeña un papel fundamental en la reducción de falsos positivos.



Indicador de fallo en el aerogenerador 2

WT	SMA(144)		SMA(1008)	
	$\mu + 6\sigma$	$\mu + 3\sigma$	$\mu + 6\sigma$	$\mu + 3\sigma$
WT1	-	x	-	x
WT2	x	x	x	x
WT3	x	x	-	-
WT4	-	x	-	x
WT5	-	x	-	-
WT6	-	x	-	x
WT7	x	x	-	x
WT8	x	x	x	x
WT9	-	x	-	x
WT10	x	x	-	x
WT11	-	-	-	-
WT12	x	x	-	-

Resumen experimental de SMA aplicado a los residuos de testeo

CONCLUSIONES

La metodología propuesta para la detección temprana del fallo del rodamiento principal utilizando datos SCADA de un parque eólico ha revelado hallazgos significativos, incluyendo la identificación de indicadores clave de fallos, la efectividad del diseño de la arquitectura LSTM y la precisión en la detección temprana de turbinas afectadas. Estos descubrimientos son cruciales para reducir costos de mantenimiento y prevenir tiempos de inactividad

RECONOCIMIENTOS

- Agradecemos a la ESPOL, a la Universitat Politècnica de Catalunya y a la Universidad de Perugia por su valioso apoyo y contribuciones a este proyecto.