

DESARROLLO DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS ESCAPES DE TURBOCOMPRESORES PARA GAS NATURAL

Matias D. Vigliano, Transportadora de Gas del Norte SA, matias.vigliano@tgn.com.ar

Emanuel Benitez, Transportadora de Gas del Norte SA, emanuel.benitez@tgn.com.ar

Rocío Giannetti, Besna SA, rocio.giannetti@besna.com.ar

Ivan Knorr, Besna SA, ivan.knorr@besna.com.ar

SINOPSIS

El presente estudio aborda la problemática recurrente de fracturas en los sistemas de escape de turbinas de gas, las cuales provocan paradas de servicio no programadas y afectan la confiabilidad operativa. Con el objetivo de mitigar estas fallas, se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo integral, fundamentado en un análisis detallado que incluye análisis de falla, modelos de elementos finitos, sistemas de monitoreo e inspecciones.

La investigación se inició con un riguroso análisis de falla y causa raíz (ACR) para identificar con precisión el mecanismo de daño subyacente y los factores que originan la degradación estructural de los componentes. Una vez comprendida la naturaleza del fallo, se procedió a la instrumentación de las turbinas en servicio mediante sensores estratégicamente ubicados para capturar variables operativas críticas en tiempo real y determinar los ciclos termomecánicos a los que son sometidos los escapes.

Con los datos empíricos recopilados, se construyó y validó un modelo de simulación numérica utilizando el Método de los Elementos Finitos (MEF). Este modelo permitió estudiar detalladamente la distribución de tensiones y deformaciones en la estructura del escape bajo condiciones de operación reales, corroborar el mecanismo de falla identificado y evaluar la efectividad de diversas estrategias de mitigación.

Los resultados obtenidos de la simulación numérica fueron la base para diseñar un plan de inspección y ensayos específico. Dicho plan establece una metodología sistemática para la detección temprana de defectos, empleando técnicas de ensayos no destructivos (END) en zonas críticas previamente identificadas por el modelo. La aplicación de este plan de mantenimiento preventivo es crucial, ya que permite anticiparse a la falla catastrófica, evitar detenciones imprevistas y optimizar la gestión de la integridad de los activos, garantizando así la continuidad y seguridad de las operaciones.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio aborda la problemática recurrente de fracturas en los sistemas de escape de turbinas de gas, las cuales provocan paradas de servicio no programadas y afectan la confiabilidad operativa. Las fallas se dan en las piezas que conectan el conjunto colector de gases con la chimenea de escape. En este trabajo se consideran dos tipologías distintas de turbina: turbina con interducto rectangular (ver Figura 1) y turbina con fuelle metálico (ver Figura 2).

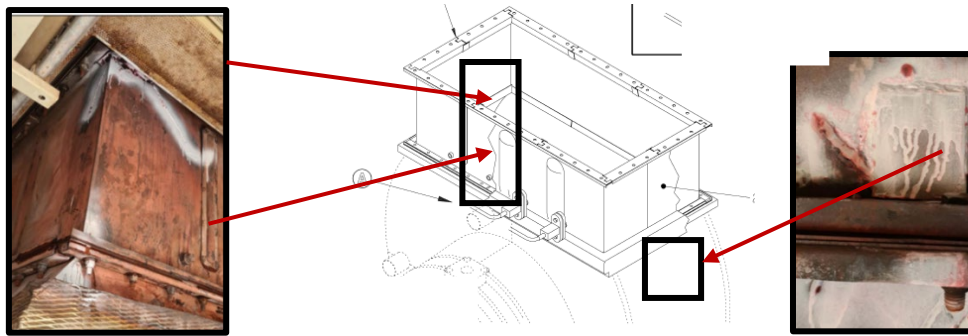


Figura 1. Interducto de Gases de Escape de Turbina

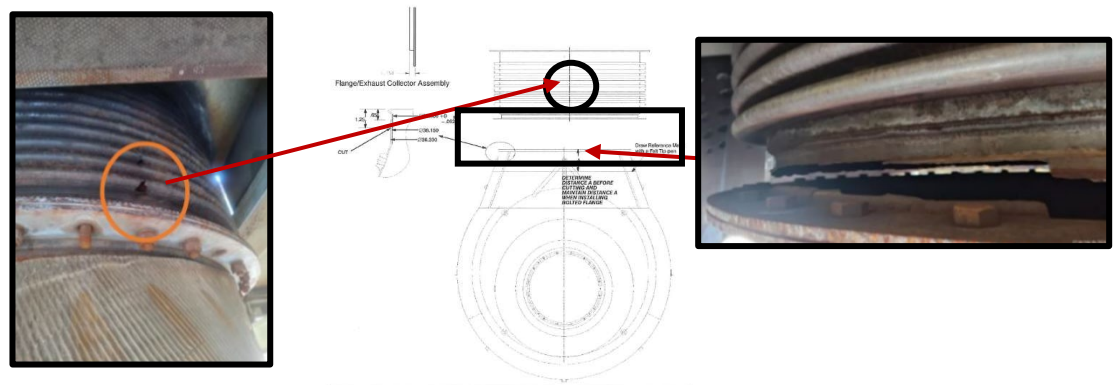


Figura 2. Fuelle de Escape de Gases Turbina

Si bien las turbinas poseen planes de mantenimiento este tipo de falla se dan fuera de lo previsto por los mismos y, dado que se observan en varias turbinas, no se pueden considerar casos aislados. Por lo tanto, con el objetivo de mitigar estas fallas, se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo integral, basado en el concepto de gemelo digital. Mediante este desarrollo se pueden predecir la formación de fisuras por fatiga térmica a partir de los sistemas de monitoreos propios de la turbina.

Para lograr una adecuada correlación entre la pieza real y lo modelos numéricos se realizó la siguiente serie de análisis:

- i. Estudio de Falla y Análisis Causa Raíz. Este paso permite determinar el parámetro de daño a monitorear, que en estos casos es fatiga térmica de bajo ciclo.
- ii. Campaña de medición de temperaturas en las piezas fisuradas. Para poder conocer en forma precisa las tensiones térmicas, se implementó un Sistema Adquisidor (DAQ) con termorresistencias en zonas específicas, las cuales permiten determinar la distribución y evolución de temperaturas durante un periodo de aproximadamente un mes en cada tipo de escape.
- iii. Desarrollos de Modelos de Elementos Finitos (FEM). Esto permite obtener los ciclos de tensiones en las piezas a partir de las mediciones de temperaturas realizadas con el sistema adquisidor.
- iv. Análisis de Fatiga según metodología de API 579 *Fitness for Service* (FFS). Para el estudio se desarrolló un módulo que permite determinar el factor de uso y vida útil a fatiga a partir de los ciclos de tensiones obtenidos en los modelos.
- v. Para poder extrapolar los resultados obtenidos durante la campaña de medición a toda la vida útil del equipo se utilizaron algoritmos de *Machine Learning* (ML) que permiten relacionar las mediciones de temperaturas del sistema adquisidor con los sistemas de monitoreo de propios de la turbina (INSIGHT). De este modo se obtuvieron correlaciones entre los

históricos de operación y las fallas observadas que permiten calibrar en forma precisa los gemelos digitales.

- vi. Como resultado se obtiene un sistema de conteo de ciclos y determinación de factor de uso acumulado online que permite predecir los mecanismos de falla y realizar los respectivos mantenimientos preventivos.

Las distintas etapas de análisis descritas anteriormente fueron implementadas en respectivos módulos de análisis, integrados en un modelo general, a partir del software Data-Minig Orange. En la siguiente figura se presenta la secuencia de análisis desarrolladas mediante programación visual.

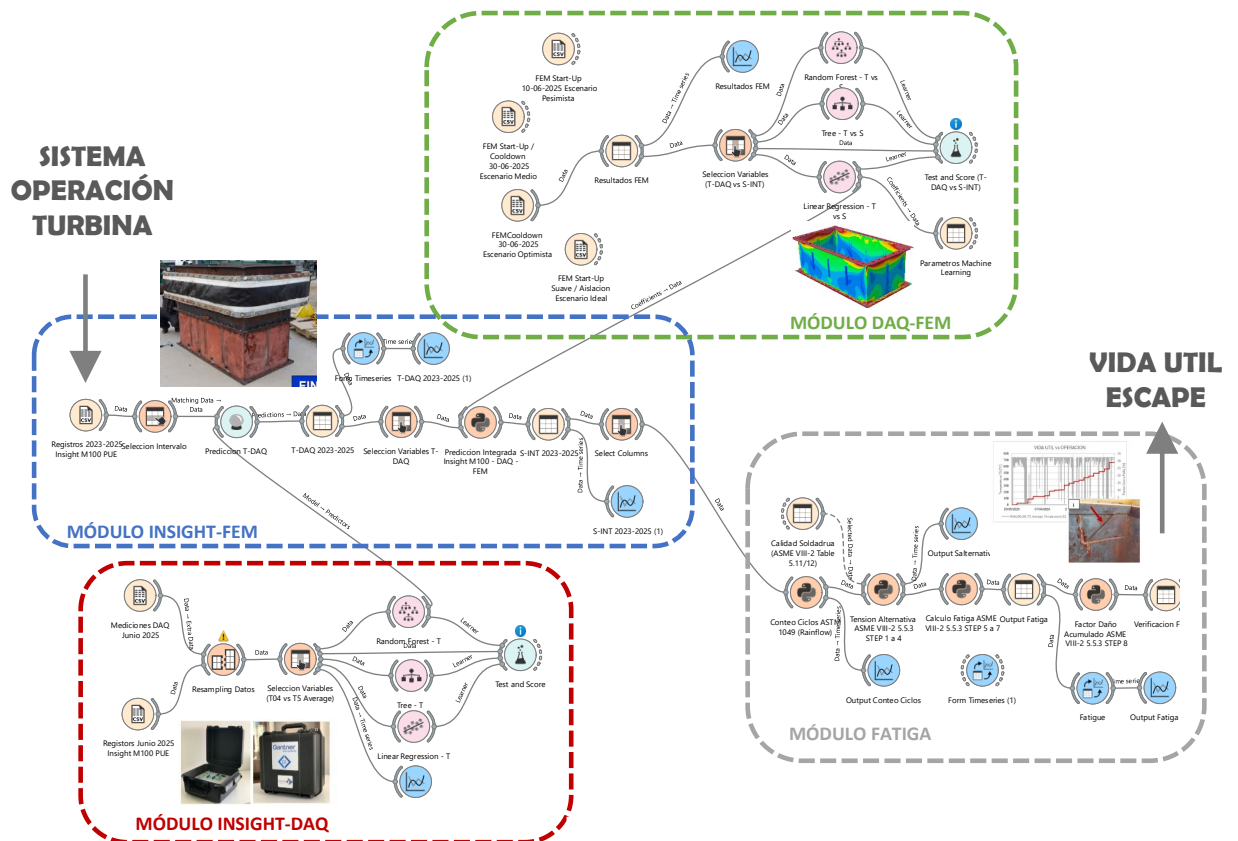


Figura 3. Desarrollo de Modelo Digital. Módulos Programación Visual.

En los capítulos a continuación se detalla el desarrollo de cada uno de los módulos utilizados para la elaboración del modelo digital.

Es importante destacar que el objetivo del presente trabajo es presentar la metodología y su implementación en casos concretos sin focalizar en los valores cuantitativos y detalles de los análisis

DESARROLLO

Análisis de falla y causa raíz

El historial de operaciones de las turbinas analizadas presenta fallas recurrentes en las piezas de escape (interducto / fuelle). Para poder comprender el problema y plantear una solución acorde se llevaron a cabo estudios de fallas que incluyeron relevamientos dimensionales y de espesores, análisis de composición química, inspección por microscopio óptico, microscopio electrónico de barrido y caracterización química por microsonda, entre otros.

A continuación, se resumen los puntos más destacados del análisis de falla:

- i. Se detectaron múltiples fisuras y desprendimiento de material en soldaduras y las piezas de escape
- ii. Las piezas del fuelle y del interducto poseen distintos tipos de aceros inoxidables que en las bridas (austenítico – ferrítico) a las cuales están soldados. Esto resulta en una soldadura disímil con materiales de distintas dilataciones térmicas
- iii. Las fisuras se originaron y propagaron por fatiga térmica y mecánica durante los ciclos de operación
- iv. Se observan mecanismos de corrosión localizada a altas temperaturas
- v. Se observaron microestructuras martensíticas en zonas soldadas, lo que indica fragilización del material



Figura 14. (X200) Microestructuras luego de ataque metalográfico. (a) Microestructura ferrítico-perlítica (b) Martensita asociada a una fisura

Figura 4. Formación de martensita en la soldaduras disímiles

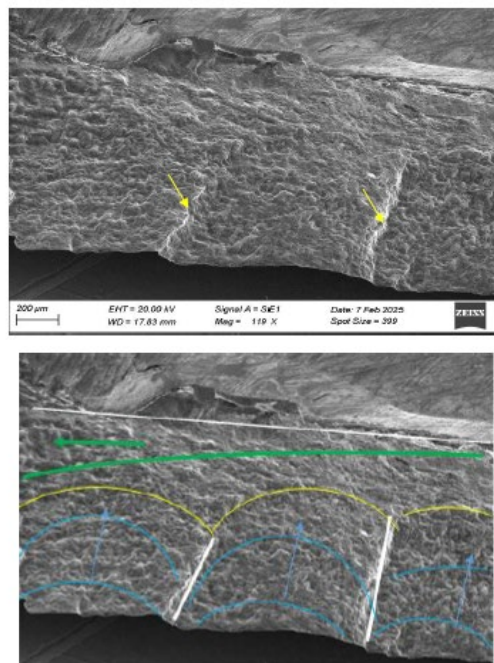


Figura 105. (a) Superficie de fisura, SEM 120 X, identificación de marcas de cuña. (b) múltiple iniciación de fisuras en una superficie, y probable evolución de la propagación por fatiga.

Figura 5. Marcas de cuñas producto de iniciación de fisuras por fatiga

Como resultado de este estudio se concluye que la fatiga de bajo ciclaje es el principal mecanismo de daño. Del análisis de falla se extraen los datos geométricos y de materiales para la elaboración de los gemelos digitales.

Sistema de medición (DAQ)

Para poder conocer en detalle el comportamiento del interducto/fuelle se desarrolló e implementó un sistema de monitoreo de temperatura de los escapes durante un periodo de un mes en cada uno (ver Figura 6). En cada tipo de escape se colocaron 8 termocuplas ubicadas en puntos específicos determinados con modelos de elementos finitos preliminares a fin de obtener datos representativos que permitan alimentar los modelos FEM y FFS.

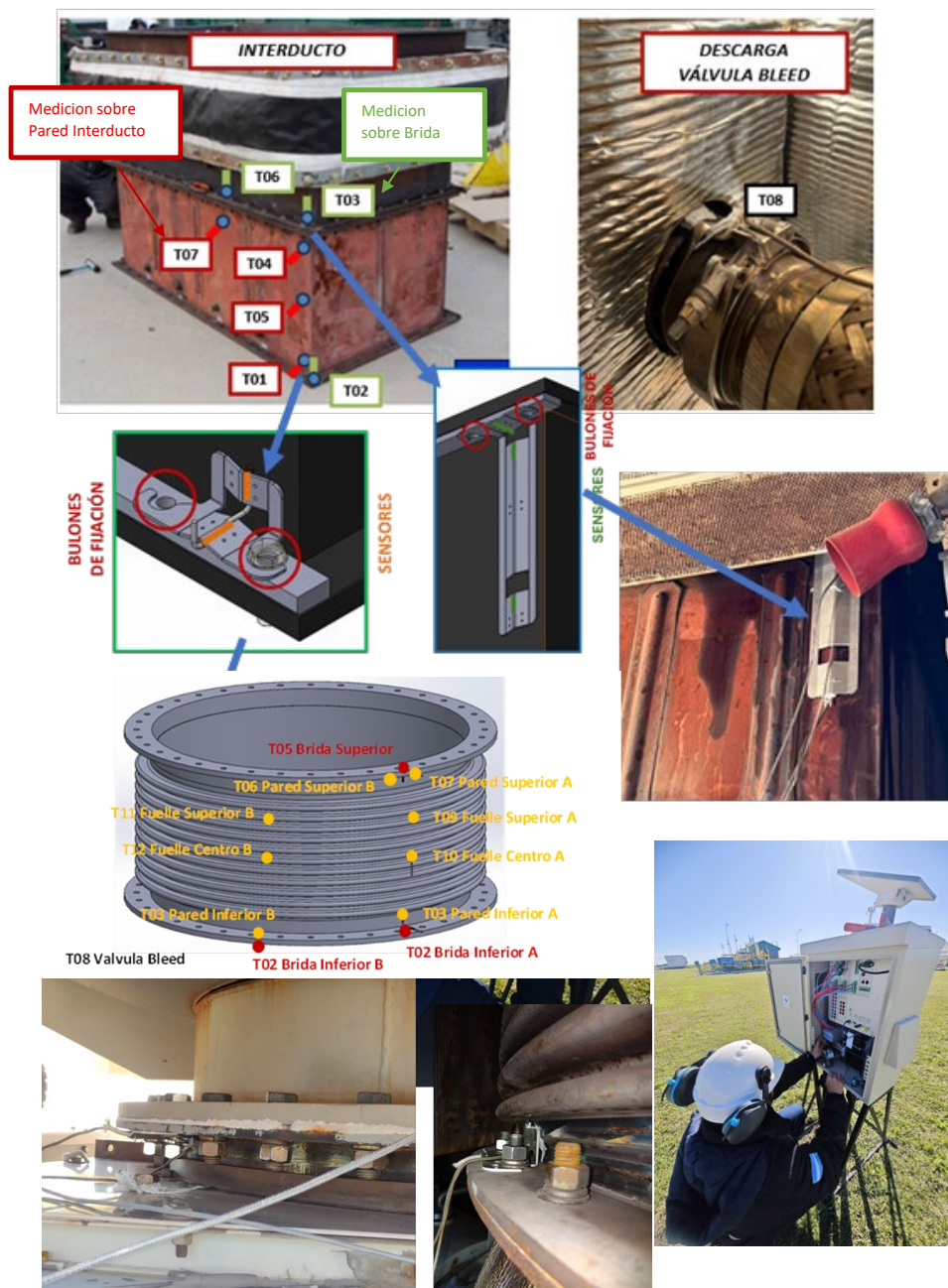


Figura 6. Sistema DAQ para campañas de mediciones

Como resultado de esta etapa se obtuvieron curvas de evolución de temperatura. A continuación, se muestra a modo de ejemplo los registros realizados para la turbina con escape rectangular (Interducto).

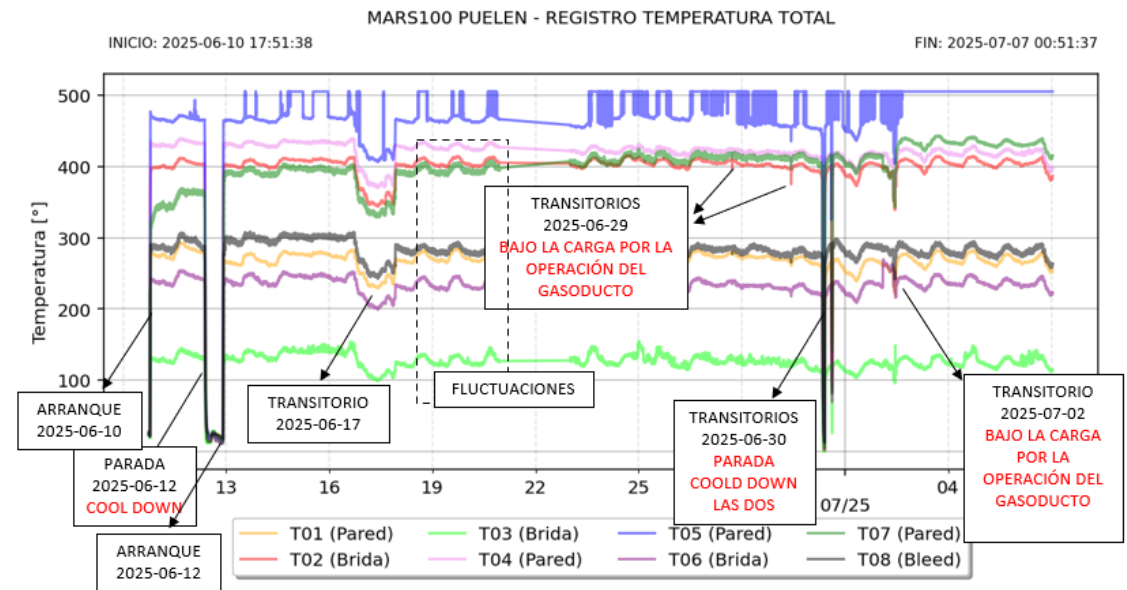


Figura 7. Registro de medición escape rectangular (interducto)

A partir de las curvas obtenidas durante el intervalo de medición se determinaron y clasificaron los distintos transitorios observados. A modo de ejemplo a continuación se grafica en detalle la diferencia de temperatura entre distintas zonas de las bridas y de las paredes del interducto durante un transitorio de arranque.

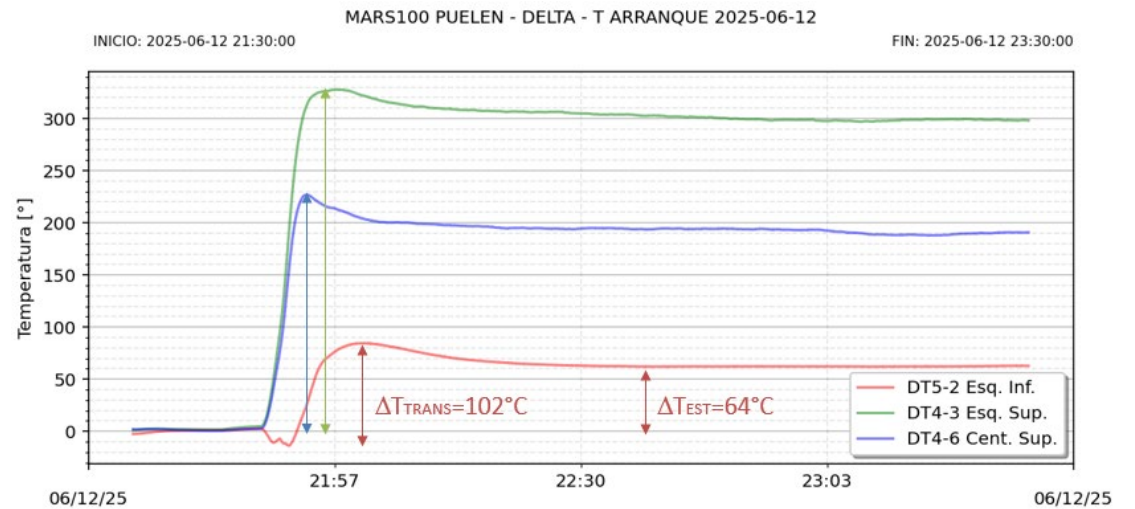


Figura 8. Análisis de Transitorios Térmicos

Del grafico se puede observar que hay un gradiente térmico más elevado en la parte superior que inferior, y que el gradiente es mayor en las esquinas que en el centro. Esto se debe a la mayor superficie de disipación en las esquinas y la ausencia de aislación en la brida superior.

A continuación, se resumen los puntos más relevantes observados durante el monitoreo:

- i. Se identificaron transitorios típicos de operación: arranque – parada – baja de carga – fluctuaciones diarias
- ii. Se observa gradientes térmicos elevados entre la brida superior y la pared del interducto
- iii. Se observa mayores gradientes térmicos en las esquinas que en el centro. Esto se debe a que la configuración geométrica del interducto, la esquina tiene mayor superficie de disipación de calor
- iv. Se observa picos de gradiente térmicos durante el arranque debido a rampas rápidas de calentamiento.

Para establecer correlaciones entre las temperaturas medidas con el equipo adquisidor (DAQ) y las reportadas por el sistema de operación de la turbina (INSIGHT) se utilizaron algoritmos de Machine Learning basado en los registros de ambos sistemas durante los transitorios identificados.

En la siguiente imagen se puede apreciar el diagrama de flujo implementado para el módulo DAQ-INSIGHT

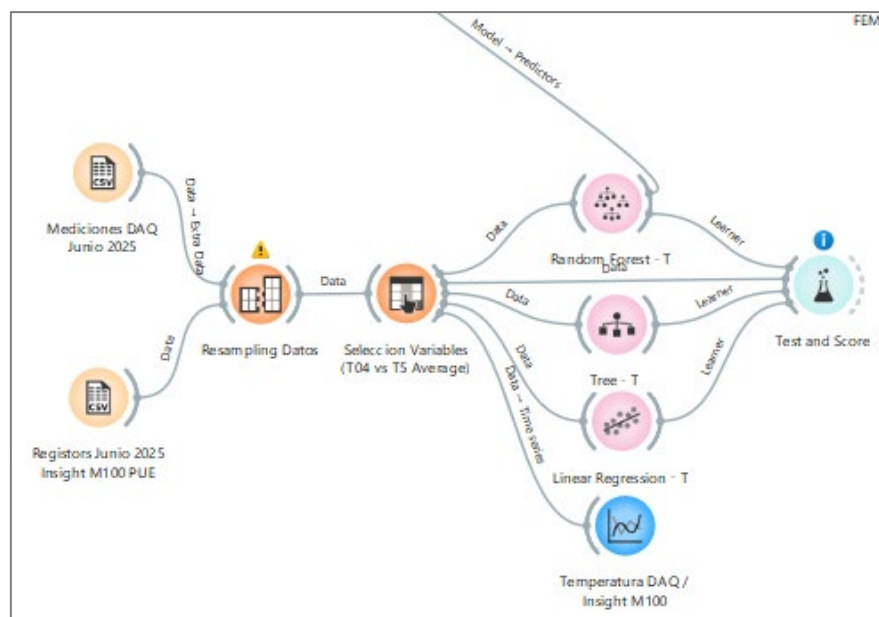


Figura 9. Módulo DAQ-INSIGHT

Características Modulo DAQ-INSIGHT:

- i. Las Variables Target son las correspondientes a las mediciones DAQ mientras que las Variables Características corresponden a los registros de INSIGHT
- ii. El mecanismo de aprendizaje se focaliza en la Variable Target de mayor temperatura (T-DAQ) vs la variable característica T5 Average Temperature (T-INSIGHT)
- iii. Se consideran 3 tipos de algoritmos de Machine Learning: linear regression, tree y random forest [6] a fin de estudiar la sensibilidad de los mismos
- iv. En todos los casos los valores de R2 (coeficientes de determinación) están por encima de 0,92, lo cual se considera válido para el análisis

v. Para alimentar el modelo digital se adopta finalmente el algoritmo Random Forest

Módulo de elementos finites (MEF)

Para el desarrollo del modelo digital de los escapes de las turbinas se elaboraron dos modelos de elementos finites térmico-mecánico del interducto y fuelles de conexión mediante el software Code Aster v14.4. Los materiales y las geometrías utilizadas para los modelos (ver Figura 10) están basadas en los datos relevados en los estudios de falla.

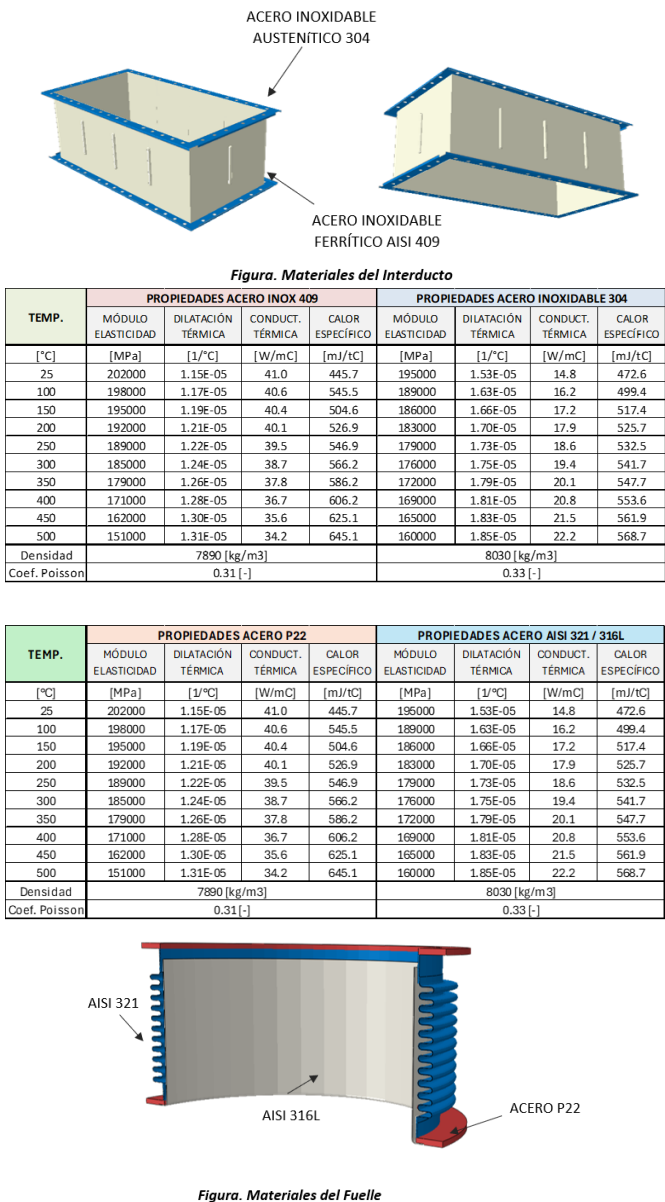


Figura 10. Geometría y materiales de las piezas de escape

Para poder ajustar el modelo con las mediciones se realizaron estudios paramétricos de los coeficientes de convección en los distintos transitorios identificados a fin de poder calibrar las mediciones de temperatura con los resultados obtenidos.

En las Figuras 11 y 12 se presentan resultados de distribución de temperatura, tensiones y desplazamiento para un instante típico del interducto y la evolución de tensiones y temperatura para un gradiente típico en el fuelle. El modelo utilizado para el análisis a fatiga es elástico lineal

Como resultado del análisis se observó

- i. La diferencia de temperatura entre las bridas y las piezas de escape generan tensiones térmicas sobre las soldaduras disimiles generando tensiones térmicas elevadas.
- ii. Se observa que los ciclos de arranque se dan en tiempos cortos (aproximadamente 15 minutos) con gradientes calentamiento más elevados que las paradas normales (tiempo > 1 hora). Esto provoca tensiones 30% mayores en arranques que en paradas.
- iii. El diseño rectangular presenta altas concentraciones de tensiones en las esquinas (donde se generan las fisuras)
- iv. La terminación de soldadura no resulta óptima para un diseño de fatiga

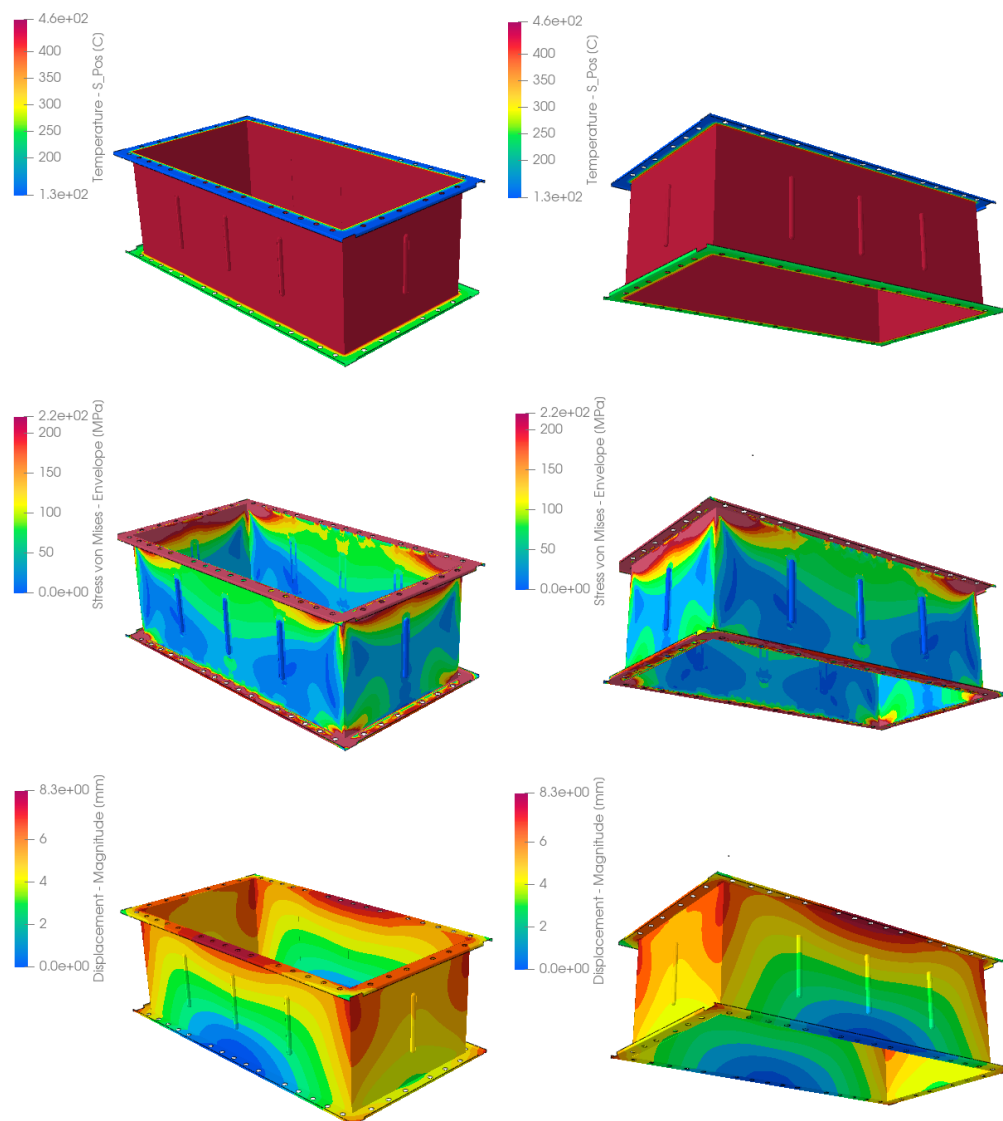


Figura 11. Resultados representativos del análisis del Interducto. Temperatura, tensiones y desplazamiento

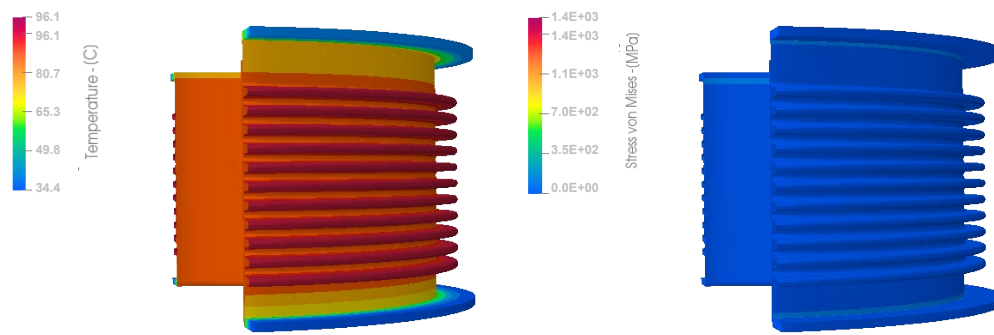


Figura. Temperatura y Tensiones von Mises Envolventes (2:15 hs)

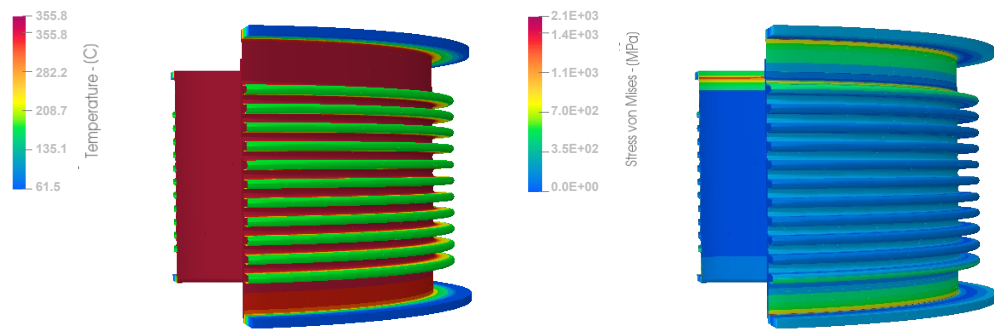


Figura. Temperatura y Tensiones von Mises Envolventes (2:35 hs)

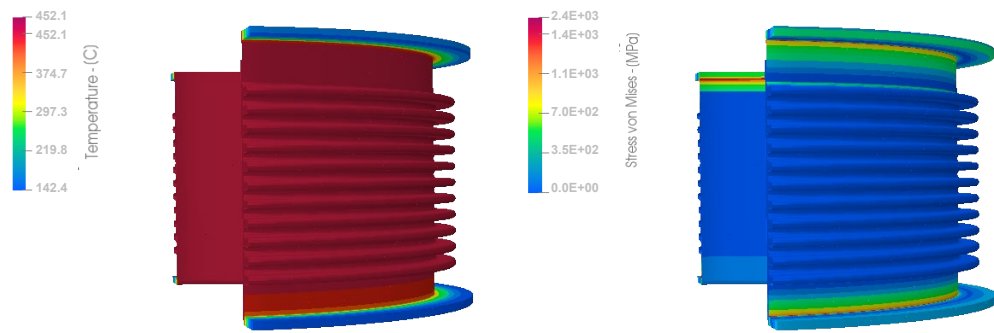


Figura. Temperatura y Tensiones von Mises Envolventes (4:30 hs)

Figura 12. Resultados representativos del análisis del fuelle. Temperatura y tensiones

Los resultados muestran tensiones elevadas en las zonas donde se produjeron las fallas en ambos tipos de piezas (ver Figura 13), lo que permite validar los modelos utilizados para el gemelo digital.

Para establecer de manera integral la relación entre tensiones y las temperaturas medidas con el equipo adquisidor se utilizaron algoritmos de aprendizaje (*machine learning*). Esta metodología permitió ajustar los modelos de elementos finitos (FEM) con las mediciones realizadas en campo (T-DAQ) para los eventos seleccionados.

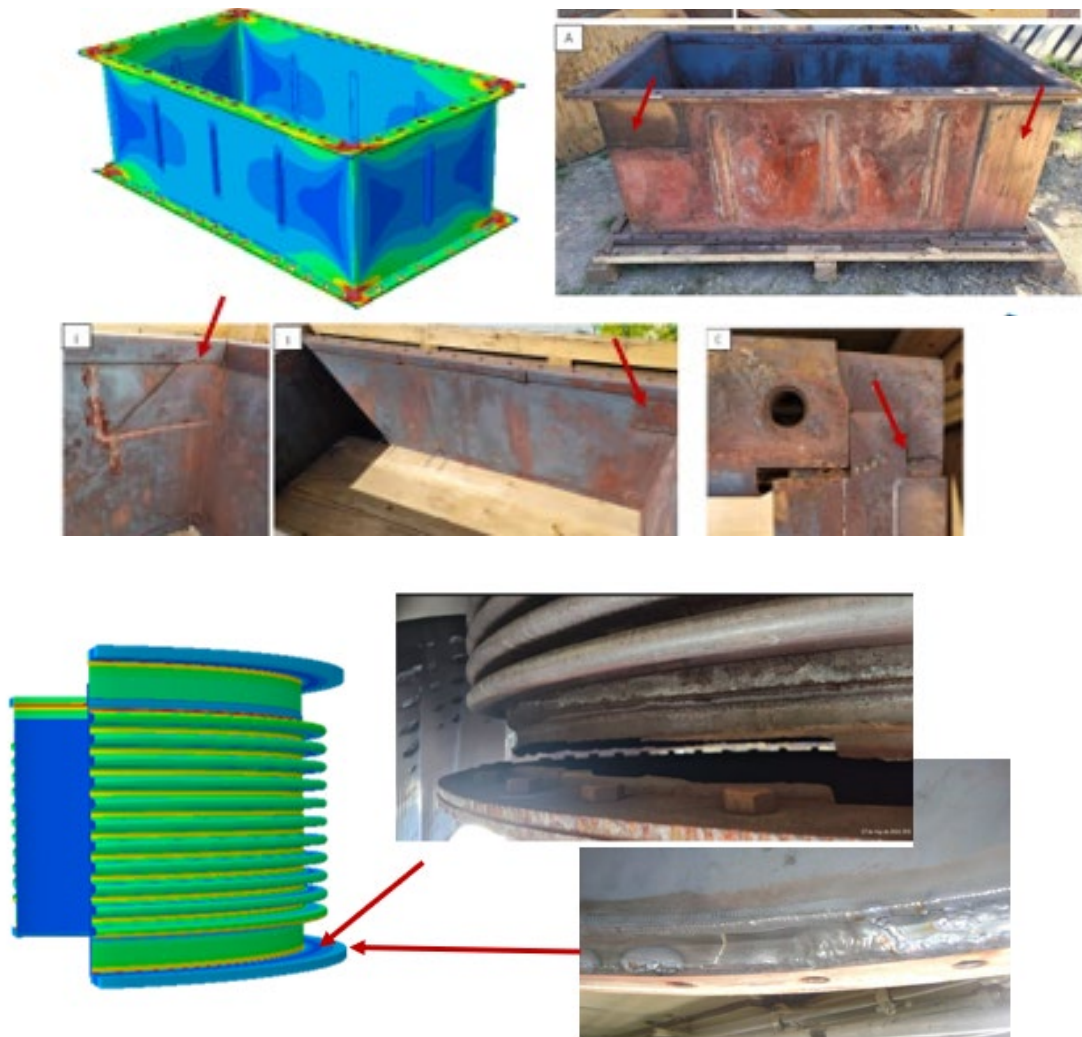


Figura 13. Comparación de zonas de fisuras con zonas de concentración de tensiones

A partir de las relaciones establecidas, se estableció una correlación entre tensiones alternativas y temperaturas DAQ. En la Figura 14 se muestra el diagrama de flujo desarrollado en Orange para el módulo FEM-DAQ.

Características Modulo FEM-DAQ:

- i. La tensión máxima sobre las piezas es la Variable Target
- ii. La variable característica está asociada a la termocupla que mide la temperatura en el centro de las piezas
- iii. Se consideran 3 tipos de algoritmos de machine learning, linear regression, tree, random forest [6] a fin de estudiar la capacidad de cada uno.
- iv. En todos los casos los valores de R2 (coeficientes de determinación) están por encima de 0,92, lo cual se considera valido para el análisis

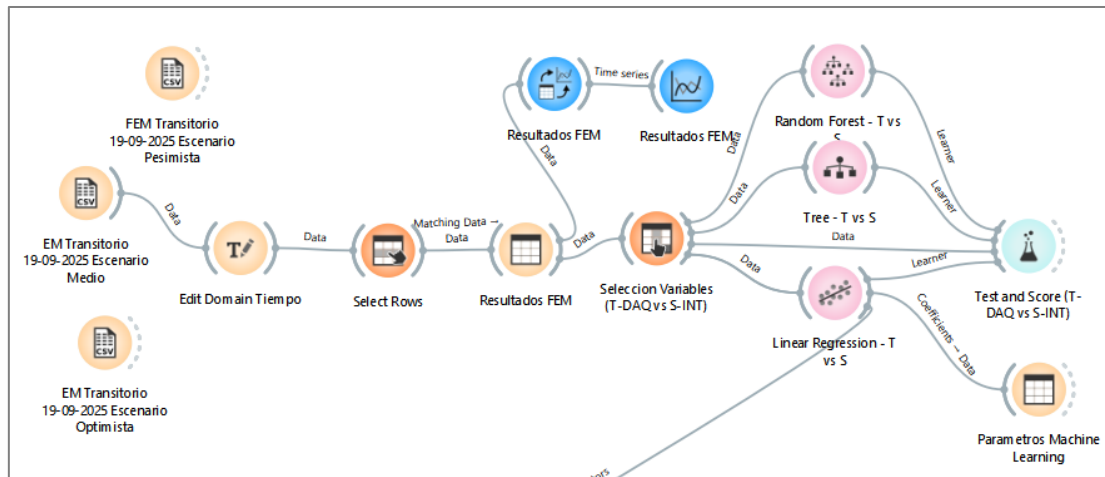


Figura 14. Módulo de correlación FEM-DAQ

Integración de los módulos FEM y DAQ con el sistema de monitoreo de la turbina (Insight)

Para poder integrar los resultados obtenidos mediante los modelos FEM y las mediciones del sistema de monitoreo DAQ con los registros históricos de la operación, se implementó un algoritmo en Orange que permite obtener la tensión alternativa en función de los parámetros reportados por los sistemas de monitoreo de las turbinas (INSIGHT). Para el análisis histórico se consideraron los 2 últimos años de operación.

La siguiente imagen (Figura 15) muestra el diagrama de flujo para el módulo de integración INSIGHT del gemelo digital.

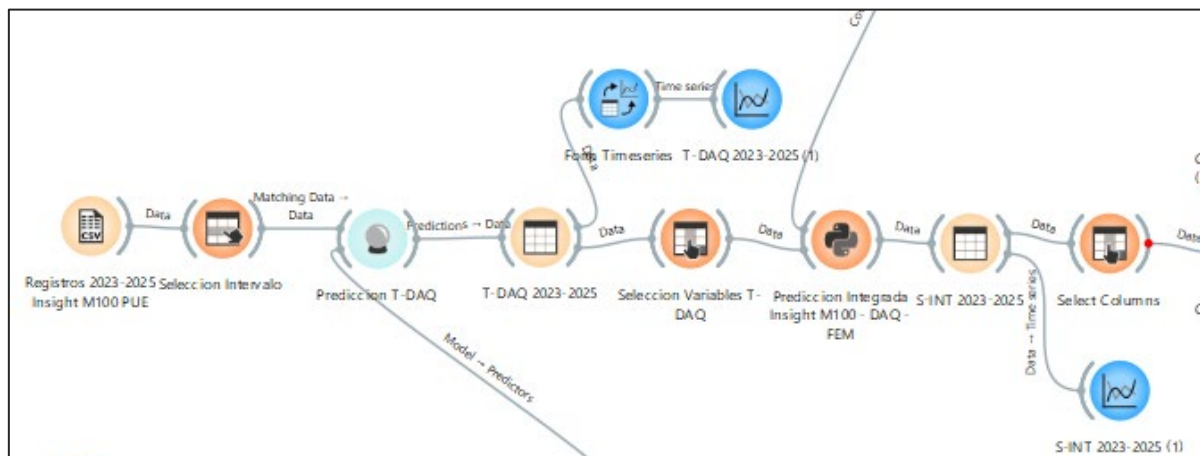


Figura 15. Modulo Integración INSIGHT

A continuación, se muestran las correlaciones obtenidas entre la variable característica de INSIGHT y la variable Target de Temperatura del sistema DAQ. Los valores se obtuvieron empleando el módulo INSIGHT-DAQ

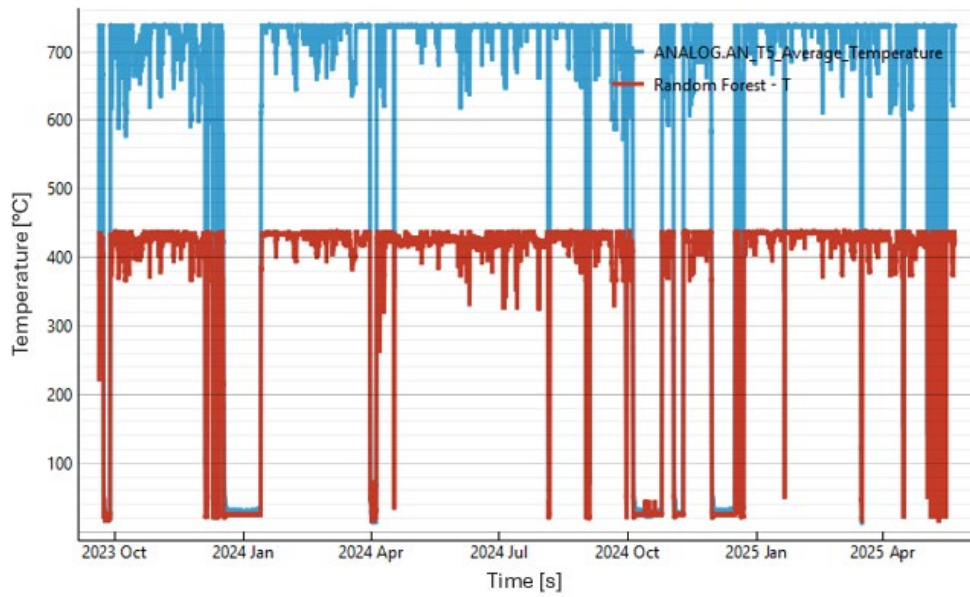


Figura 16. Predicción de Temperatura T-DAQ a partir de INSIGHT

A partir de la extrapolación de las T-DAQ y el módulo Tensión Alternativa T-DAQ se puede establecer el histórico de los dos últimos años de la tensión alternativa utilizado para fatiga.

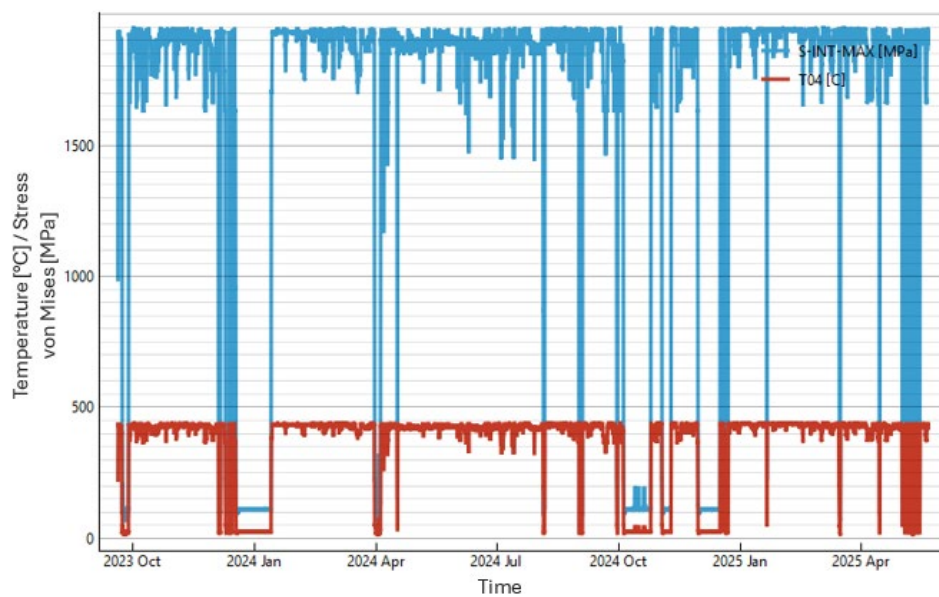


Figura 17. Predicción de Tensión von Mises a partir de DAQ-INSIGHT

Las curvas de tensiones son utilizadas para el análisis a fatiga desarrollado a continuación

Módulo de fatiga

Para el análisis a fatiga se utilizó la metodología mostrada en la norma API 579 Parte 14 – Nivel 2 - Método A (14.4.3.2). En el siguiente diagrama de flujo (Figura 18) se detalla la metodología.

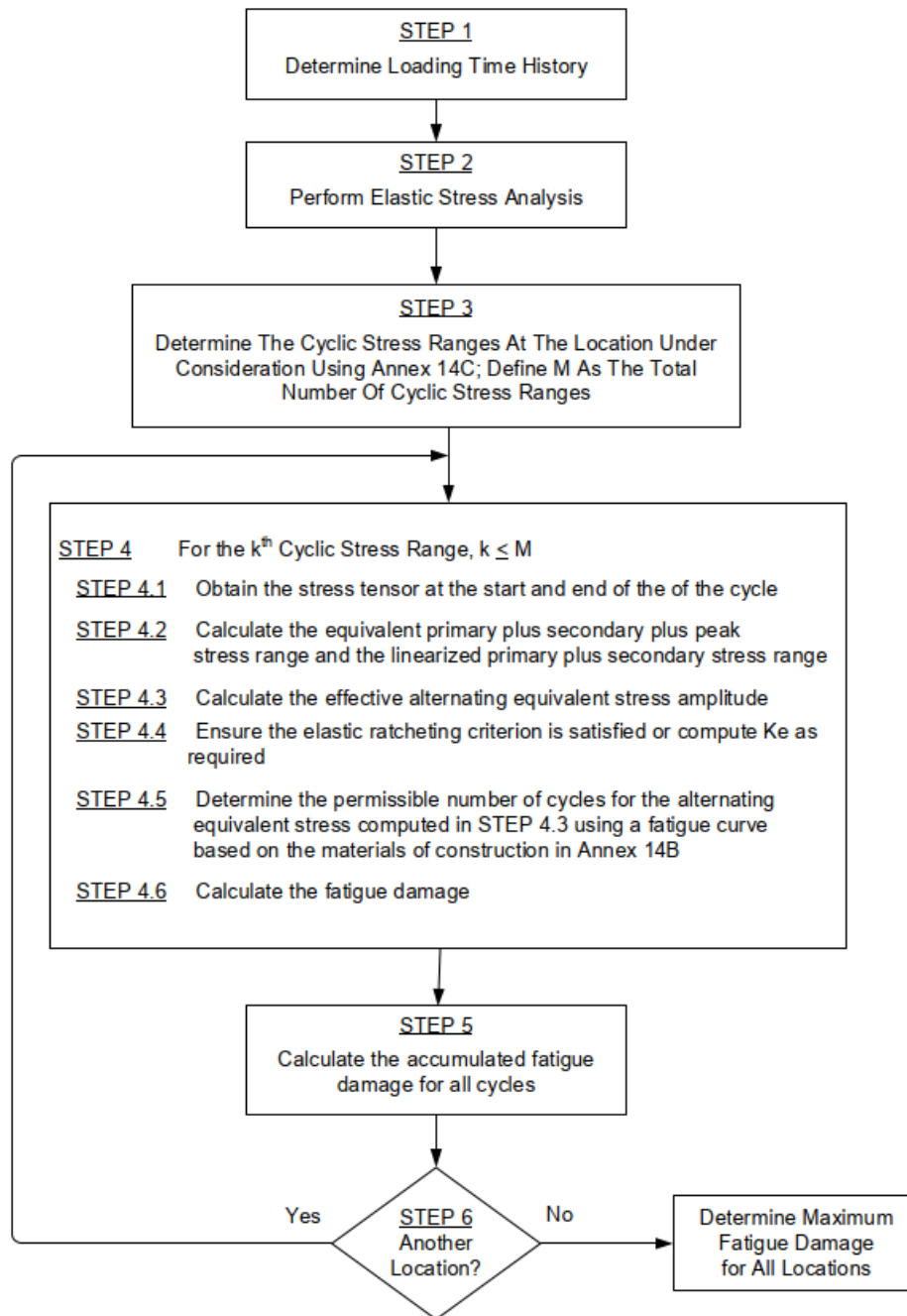


Figura 18. Diagrama de flujo metodología de vida a fatiga según norma API 579 Parte 14, Nivel 2, Método A

Este método se basa en el Código ASME BVPC Sección VIII División 2 [B] el cual requiere de un análisis elástico de tensiones equivalentes para determinar el daño de fatiga y vida remanente a partir de curvas de fatiga tipo *smooth bar*. En la Figura 19 se muestra la implementación en el sistema Orange del módulo de fatiga. Cada uno de los pasos de la metodología FFS fue implementado mediante scripts de Python en el algoritmo integral del gemelo digital.

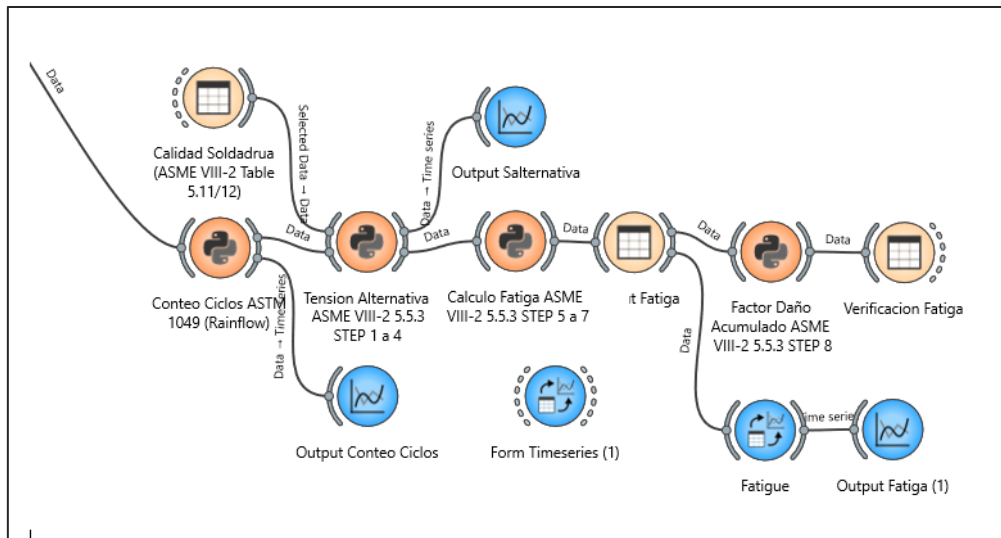


Figura 19. Módulo de fatiga en el sistema Orange

Como primer paso se determinan los rangos de tensiones y el conteo de ciclos mediante el algoritmo Rainflow según norma ASTM 1049, a partir de los datos de salida del módulo de integración INSIGHT.

A partir de estos resultados y teniendo en cuenta los pasos 4.2 a 4.4 de la metodología mostrada en la Figura 18 se calculan los factores de penalidad de fatiga, las tensiones alternantes y el número de ciclos asociados. En la Figura 20 se muestran los parámetros de fatiga vs cantidad de ciclos obtenidas para un periodo de 2 años del interducto.

A partir de estos resultados y teniendo en cuenta las curvas de fatiga del material, se calculan los factores de uso para los distintos ciclos de tensiones alternativas (pasos 4.5 a 4.6).

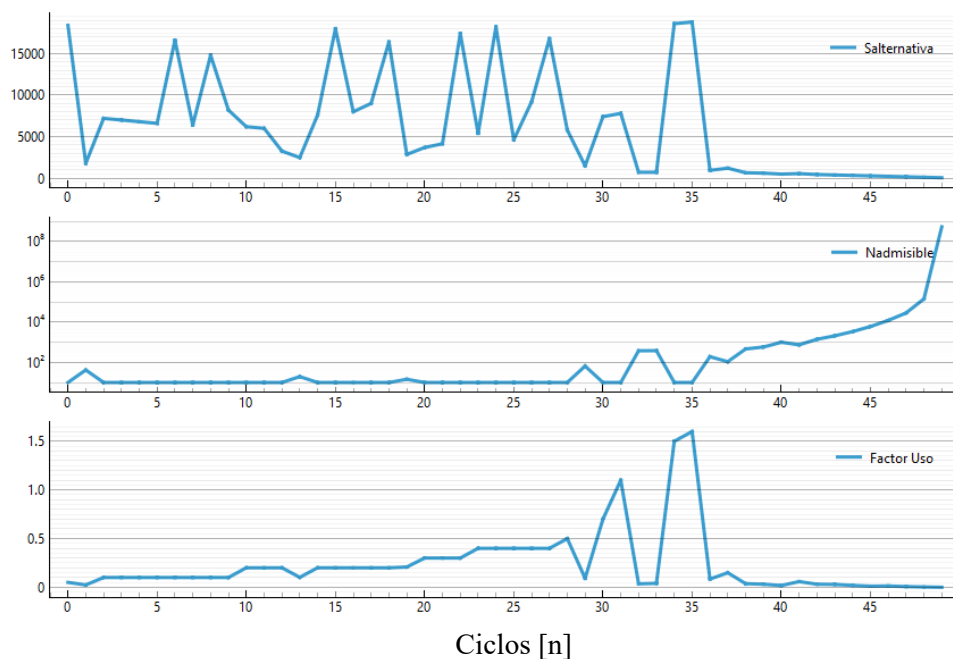


Figura 20. Cálculo de Ciclos Admisibles y Factor de Uso

Para definir los coeficientes de seguridad a fatiga es importante tener en cuenta la funcionalidad de las piezas. Si bien el mismo está sometido a la acción del flujo de escape, no se considera un recipiente retenedor de presión ($P < 0,5$ bar) de modo que ante una iniciación de fisura por fatiga no se espera una falla catastrófica repentina ni una brusca liberación de energía. En este caso, la falla iniciada por fatiga implica un crecimiento de fisura el cual se manifiesta como un registro de alta temperatura en la caseta, que si bien puede darse en el corto plazo no es instantáneo. Estas características pueden implicar relajar los márgenes de seguridad típicamente considerados. De este modo los ciclos admisibles determinados a partir de la metodología basada en el Código ASME VIII División 2 corresponden a valores de diseño, los cuales emplean un margen de seguridad sobre ciclos con un factor de 20, como se muestra en la Tabla siguiente, extraída de la norma API 579 Tabla 14.12.

Table 14.12 – Fatigue Life Knockdown Factors

Item	ASME	PVRC Working Group on S-N Data		PVRC Working Group on Evaluation Methods	
		Best Estimate of Margin Needed	Conservative Estimate of Margin Needed	Best Estimate of Margin Needed	Conservative Estimate of Margin Needed
Size Effect	2.5	1	1.2	1.0	1.2
Surface Finish	4 (1)	1.5	2	1.0	1.5
Data Scatter	2	2	2.5	2.0	2.5
Environmental Effects	4 (1)	2.5	4	---	---
Loading time history Effects	NC	1	1	1.0	2.5
Multi-Axial Stress Field	---	---	---	1.0	1.3
Product	20	7.5	24	2.0	14.6

Notes:

1. Surface finish and environmental combined with a margin of 4.
2. From WRC Bulletin 487, Table 1.

Tabla 1. Coeficientes de seguridad según norma API 579

De este modo a fin de poder determinar un plan de inspección balanceado y realista, se aplican distintos coeficientes de seguridad en función del escenario analizado teniendo en cuenta los valores de *Fatigue Life Knockdown* presentados en la norma API 579. Como resultado se utiliza un coeficiente de seguridad cercano a Best Estimated, entre 5 y 7,5 sobre el número de ciclos.

RESULTADOS

A continuación en la Figura 21, se muestran el historial de operación de las turbinas de los 2 últimos años según el registro de Temperatura Característica INSIGHT vs la vida útil a falla del interducto (figura superior) y fuelle (figura inferior) para el escenario medio.

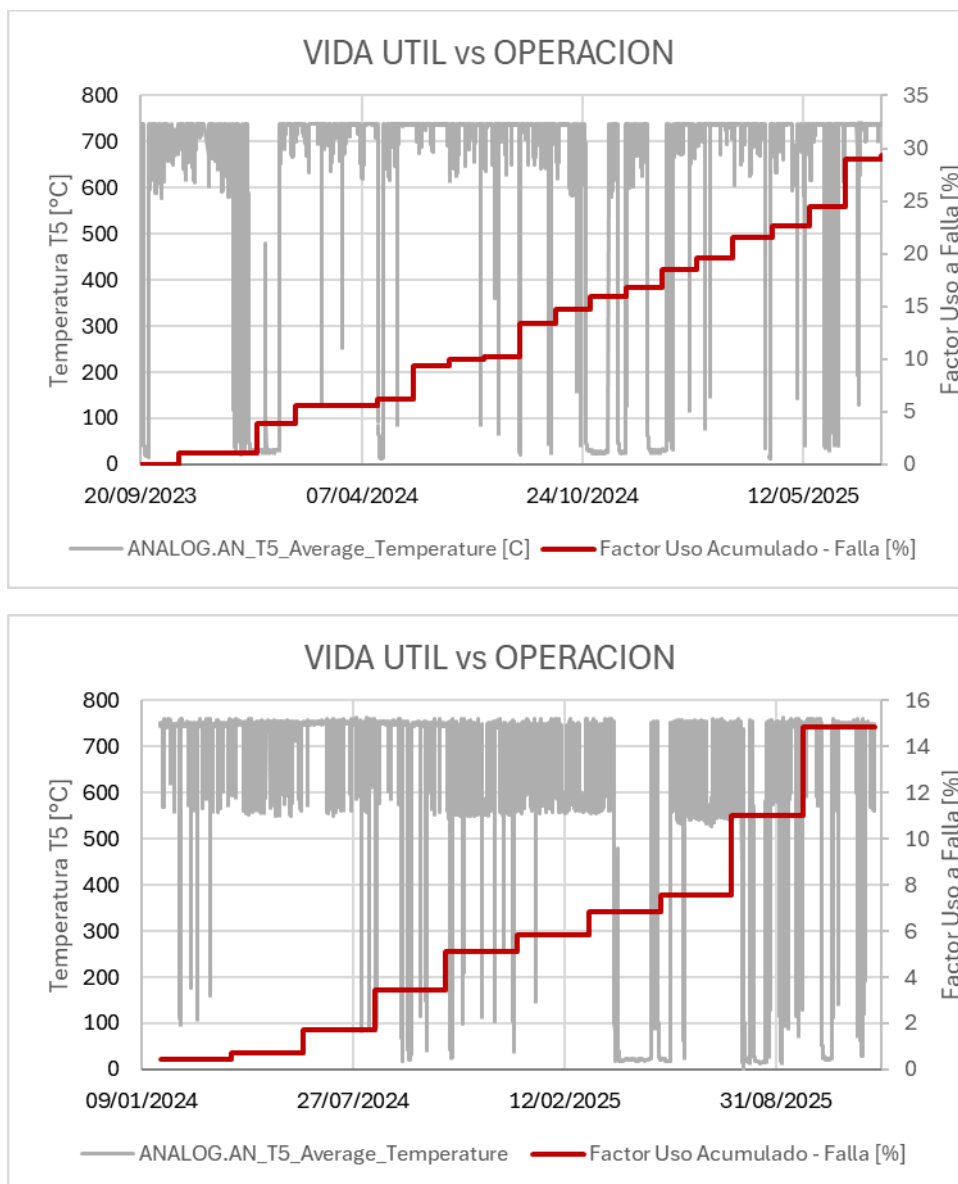


Figura 21. Cálculo de Factor de Uso a Fatiga y Temperatura INSIGHT vs tiempo para el interducto rectangular (figura superior) y fuelle (figura inferior)

De la imagen se puede observar que durante el ciclo de operación de los dos últimos años se consumió aproximadamente el 30% y 15% de la vida útil a falla del interducto y del fuelle respectivamente. Teniendo en cuenta el margen de seguridad adoptado para este escenario (7,5), es probable reportar una falla durante este intervalo.

Del análisis de fatiga se puede observar que el principal factor que impacta en la vida útil son los ciclos de arranque y parada de la turbina. En la Figura 22 se muestran los saltos de factor de uso para los periodos con altos ciclos de arranques y paradas. Como resultado del análisis se concluye que aproximadamente el 90% y 65% de la vida útil a falla del interducto y del fuelle están relacionados con estos transitorios.

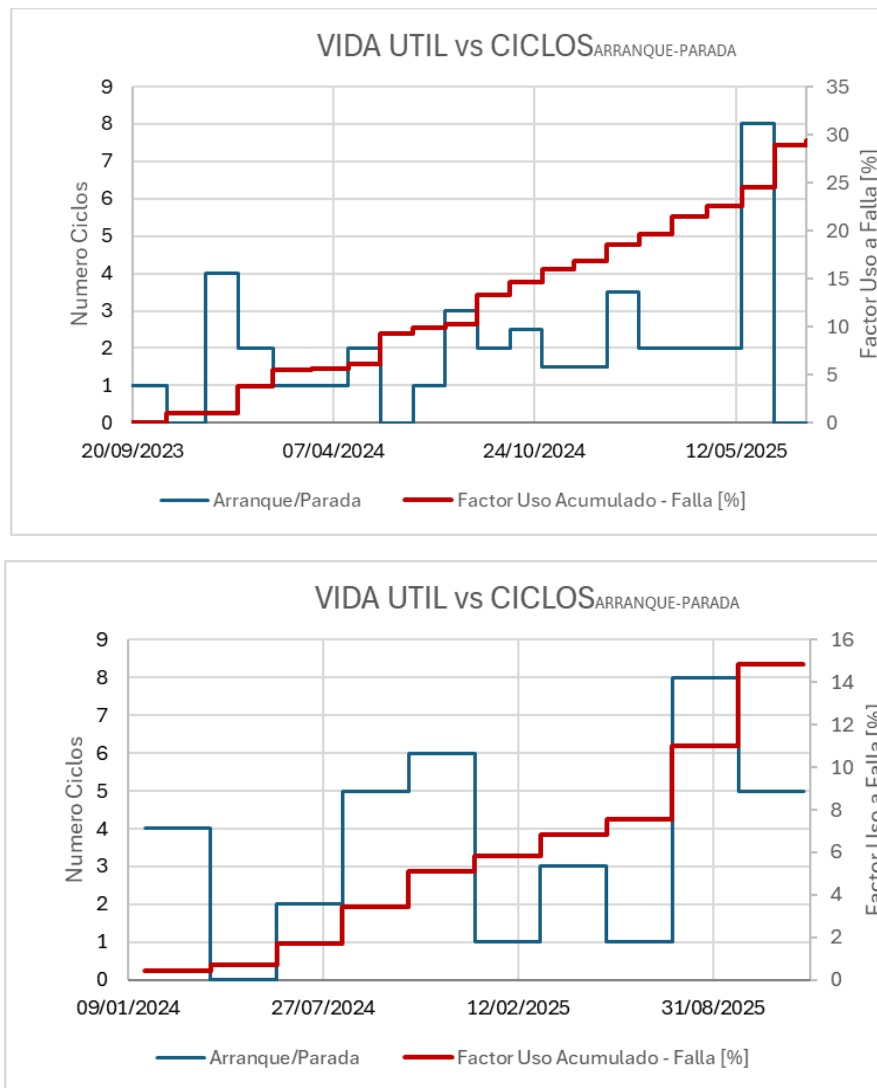


Figura 22. Cálculo de Factor de Uso a Fatiga y Ciclos de Arranque y Parada vs tiempo. Interducto rectangular (figura superior) y fuelle escape (figura inferior)

Adicionalmente para poder correlacionar el plan de inspección con el tiempo real de operación, la Figura 23 presenta el factor de uso vs horas de operación reales. Del análisis del periodo de dos años se concluye que la turbina opera en promedio el 75% del año (6500 horas/año) para el caso del interducto y el 85% del año (7500 horas/año) para el caso del fuelle.

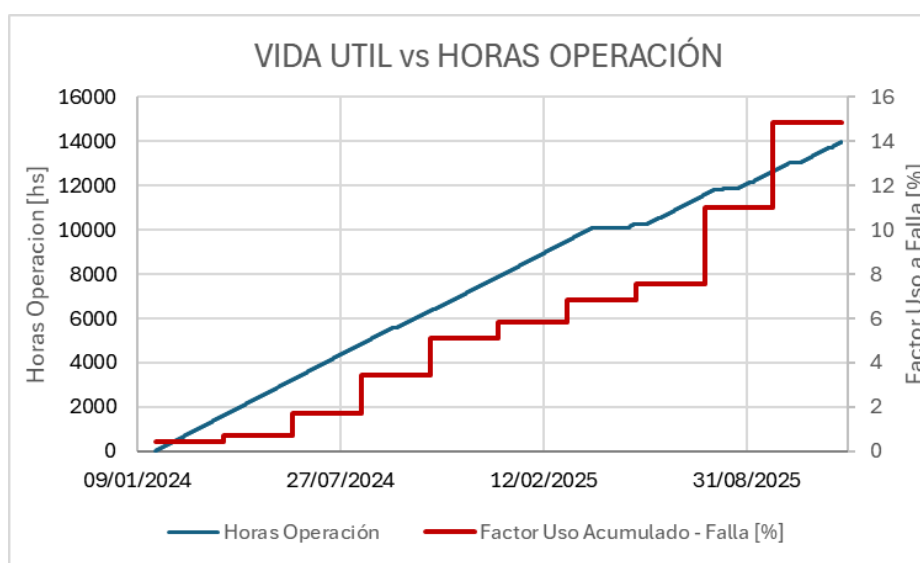
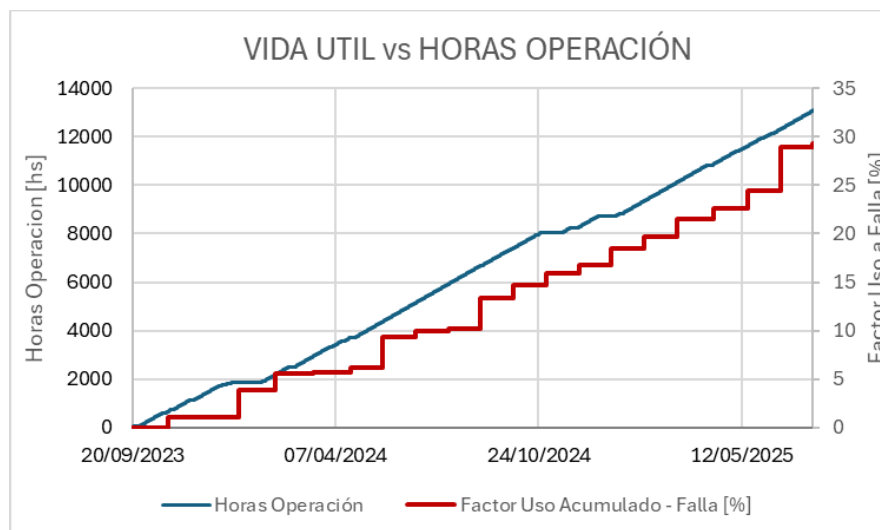


Figura 23. Cálculo de Factor de Uso a Fatiga vs Horas de Operación para el interducto rectangular (figura superior) y fuelle escape (fisura inferior)

En función de los resultados obtenidos de vida útil a falla y de operación segura que permiten definir los intervalos de inspección del análisis, se establecieron los siguientes planes de inspección y mantenimiento para las turbinas.

REEMPLAZO PREVENTIVO (Sin Margen Seguridad)			INTERVALO DE INSPECCION		
[Años]	[horas]	[Ciclos]	[Años]	[horas]	[Ciclos]
5.0	32000	200	1.0	8000	40

Plan de Inspección turbina con escape interducto

REEMPLAZO PREVENTIVO (Sin Margen Seguridad)			INTERVALO DE INSPECCION		
[Años]	[horas]	[Ciclos]	[Años]	[horas]	[Ciclos]
8.0	64000	250	2.0	16000	50

Plan de Inspección turbina con escape tipo fuelle

CONCLUSIONES

El estudio detallado realizado sobre las roturas de los escapes de turbina (interducto o fuelle) permitió la elaboración de un gemelo digital confiable empleando distintos tipos de herramientas como ser estudios metalográficos de falla, campañas de mediciones, elaboración de modelos de elementos finitos, análisis de aptitud para el servicio a fatiga e integración con los sistemas de operación de la turbina mediante algoritmos de *machine learning*.

Una vez obtenidos los gemelos digitales de las turbinas se determinaron los intervalos de inspección y reemplazo preventivo confiables para los distintos casos, que es el siguiente:

Interducto: reemplazo preventivo a los 5 años, con un intervalo de inspección cada año

Fuelle: reemplazo preventivo a los 8 años, con un intervalo de inspección cada 2 años

Como conclusiones y observaciones del análisis a fatiga se puede destacar:

- Los ciclos térmicos que más producen daño son los asociados principalmente a arranques y paradas. Estos producen ratcheting y fatiga de bajo ciclo.
- Las rampas de calentamiento rápidas durante el arranque generan factores de uso mayores que los de parada.
- La soldadura disímil entre los distintos materiales de la brida y del interducto/fuelle es uno de los principales factores de vida útil bajos.
- Dado que los valores de vida útil resultan muy bajos por tener en cuenta márgenes de diseño, se definen márgenes de seguridad menos estrictos para determinar la vida útil y los periodos de inspección de un modo más realista.

REFERENCIAS

- API 579-1/ ASME FFS-1 2021 Fitness for Service.
- ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section VIII, Division 2
- www.code-aster.org
- <https://orangedatamining.com/>
- I2407-01-TGNA-01-02 Análisis de Falla Fuelle TC-04
- Service Bulletin 8.12/111D Oct 2011 / Apr 2015 IMPROVED VERSION OF THE BOLT-ON STYLE EXHAUST EXPANSION BELLOWS MITIGATES RISK OF LINER DETACHMENT ON PART-LOAD SOLONOX UNITS
- ANALISIS CAUSA DE PARO SOLAR T70 – MUY ALTA TEMPERATURA DE CASETA POR ROTURA EN FUELLE DE ESCAPE
- Fuelle Escape Equipos Solar 70S (06-12-2018). Informe TGN
- Unidad TC4 Informe de Termografia 06/06/2024
- Análisis Químico FUELLE DE ESCAPE SOLAR T70

- K. Relevamiento Dimensional Detalles Fuelle T70 - 24/10/2024
- L. Instrucciones de mantenimiento Conjunto turbocompresor impulsado por turbina de gas Taurus™ 70S
- M. Listas ilustradas de piezas Conjunto turbocompresor impulsado por turbina de gas Taurus™ 70S
- N. IN2411-01-TGNA-01-00 Análisis de Falla - Interducto TC04 Cochico
- O. OT N° 1303264 Fisura interducto de escape MARS100 TC03
- P. Reporte Técnico Rotura interducto TC-04; enero 2025.

CURRICULUM VITAE

MATÍAS VIGLIANO

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS

Ingeniero en Materiales, Instituto Sabato, CNEA

Maestría en Ingeniería Estructural Mecánica, UTN

Especialista en Ingeniería Gerencial, UTN

Posgrado en Gestión de Proyectos, UTN

EXPERIENCIA LABORAL

Transportadora de Gas del Norte SA. Especialista de integridad. Julio 2019 a la actualidad

Nucleoeléctrica Argentina SA, Unidad de Gestión Proyectos Nucleares. Jefe de Sección

Inspección de Componentes Mecánicos Nucleares, Septiembre 2015 – Julio 2018

Bureau Veritas SA, Central Nuclear ATUCHA II. Jefe de Sección Tecnología de los Materiales, Abril de 2008 - Agosto de 2015

EMANUEL BENITEZ

Ingeniero Electromecánico, graduado en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN FRP).

Nivel 2 en Partículas Magnetizables y Nivel 2 en Líquidos Penetrantes, según IRAM-NM-ISO 9712. Ingreso a TGN en 2018 como Mecánico de Gasoductos. Desde 2022 a la actualidad se desempeña como Analista de Integridad en el Departamento de Integridad de TGN.

ROCÍO GIANNETTI

Ingeniera en Materiales con sólida experiencia en modelos de elementos finitos, stress analysis, diseño y verificación de cañerías, recipientes a presión en industrias energética, nuclear y petroquímica. Participé y coordiné proyectos internacionales como ITER, CAREM25 y análisis estructurales para presas e infraestructura crítica. Amplia trayectoria en ensayos, mediciones y monitoreo en campo de vibraciones, pulsaciones, temperaturas y componentes mecánicos. Manejo avanzado de herramientas de simulación y diseño, y formación complementaria en Python y análisis de datos.

IVAN KNORR

Ingeniero Mecánico con más de 15 años de experiencia en stress analysis y diseño de cañerías y recipientes a presión en industrias energética, nuclear, petroquímica y de procesos. Especialista en FEA, pulsaciones, vibraciones, water hammer y verificaciones según ASME, API y normas internacionales. Amplia trayectoria liderando proyectos en Besna, CNEA, YPF, TGS, Total y otras compañías. Experiencia en monitoreo, ensayos, modelado hidráulico y diseño de componentes críticos para sistemas mecánicos complejos.