

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian; Moreno, Jonathan; Ortiz Inostroza Francisco Raúl – Pan American Energy
pcutini@pan-energy.com, jmoreno3@pan-energy.com, fortiz@pan-energy.com

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian (pcutini@pan-energy.com)

Moreno, Jonathan (jmoreno3@pan-energy.com)

Ortiz Inostroza Francisco Raúl (fortiz@pan-energy.com)

Pan American Energy

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian; Moreno, Jonathan; Ortiz Inostroza Francisco Raúl – Pan American Energy
pcutini@pan-energy.com, jmoreno3@pan-energy.com, fortiz@pan-energy.com

1. SINOPSIS

Con el objetivo de contar con un modelo digital que permita el monitoreo del activo crítico y la determinación de su vida remanente basado en variables históricas y de monitoreo en línea, se realizaron gemelos digitales de los sobrecalentadores de dos calderas del Ciclo Combinado de Cerro Dragón, Chubut, el cual abastece de energía eléctrica a todo el yacimiento.

El modelo realiza un análisis por Creep según API 579, estimando el porcentaje de daño y la vida remanente en tiempo real, verificando la integridad en detalle y permitiendo realizar un mantenimiento predictivo, selectivo y estratégico para extender la vida útil de los activos de manera segura.

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian; Moreno, Jonathan; Ortiz Inostroza Francisco Raúl – Pan American Energy
pcutini@pan-energy.com, jmoreno3@pan-energy.com, fortiz@pan-energy.com

2. INTRODUCCIÓN

Un gemelo digital es una réplica virtual de un activo o proceso físico, reflejando el comportamiento, el rendimiento y el entorno de sus homólogos del mundo real en tiempo real.

Se utilizan para realizar simulaciones con variables reales y estudiar el comportamiento de un producto de forma digital, para después adaptar las soluciones al producto real de una manera eficiente.

Las simulaciones son modelos estáticos que no cambiarán a menos que los diseñadores agreguen más elementos. Sólo pueden reproducir lo que podría suceder y los cambios se limitan al conocimiento y la imaginación del diseñador. Por el contrario, los gemelos digitales comienzan como simulaciones y luego utilizan datos en tiempo real para actualizar y replicar automáticamente lo que le está sucediendo a un producto real existente.

Se pueden utilizar en distintas fases de la vida útil de un activo:

- *Diseño*: Permite optimizar los diseños de ingeniería. Con los gemelos digitales, se pueden explorar miles de alternativas de diseño hipotéticos en minutos sin riesgo y seleccionar la versión óptima para implementar.
- *Operaciones*: Los gemelos digitales permiten a los operadores de activos analizar el rendimiento operativo de un activo en tiempo real y ajustarlo en consecuencia.
- *Extensión de vida de activos*: Los gemelos digitales ayudan a extender la vida útil de los activos físicos al mejorar el diseño y las operaciones. Con los gemelos digitales, los operadores pueden verificar la integridad de sus activos en detalle y realizar un mantenimiento predictivo, selectivo y estratégico para extender la vida útil de los activos de manera segura.

Con el objetivo de contar con un modelo digital que permita el monitoreo del activo crítico y la determinación de su vida remanente basado en variables históricas y de monitoreo en línea, se realizaron gemelos digitales de los sobrecalentadores de dos calderas del Ciclo Combinado de Cerro Dragón, Chubut, el cual abastece de energía eléctrica a todo el yacimiento.

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian; Moreno, Jonathan; Ortiz Inostroza Francisco Raúl – Pan American Energy
pcutini@pan-energy.com, jmoreno3@pan-energy.com, fortiz@pan-energy.com

3. DESARROLLO

3.1. Descripción General del Proceso y los equipos

El Ciclo Combinado de PAE, ubicado en Cerro Dragón, consiste en 2 unidades de recuperación de calor HRSG: Heat Recovery Steam Generators. Se identifican como HRSG 9 y 10. Cada uno de ellos está acoplado a la salida de gases de una turbina de gas (GT), las cuales están diseñadas para operar en forma independiente, venteando los gases de las GT a la atmósfera a través de una chimenea, o bien en modo ciclo combinado acopladas a los HRSG.

Cuando opera en modo ciclo combinado, un volumen significativo de gases de escape (TEG) provenientes de las turbinas de gas ingresan a alta temperatura a los HRSG. Éstos proveen el medio para recuperar una parte significativa de la energía térmica de dichos gases. A través de una serie de intercambiadores de calor, los HRSG producen vapor de alta presión y temperatura a partir de condensado relativamente frío. El vapor generado es derivado luego a una turbina de vapor (STG o ST).

Los HRSG son del tipo horizontal (flujo de flue gas horizontal a través de paneles de tubos finos posicionados verticalmente, que se unen hacia arriba y hacia abajo con colectores) con postcombustión. Tienen dos circuitos de agua/vapor independientes. Uno de alta presión (HP) y otro de baja presión (LP).

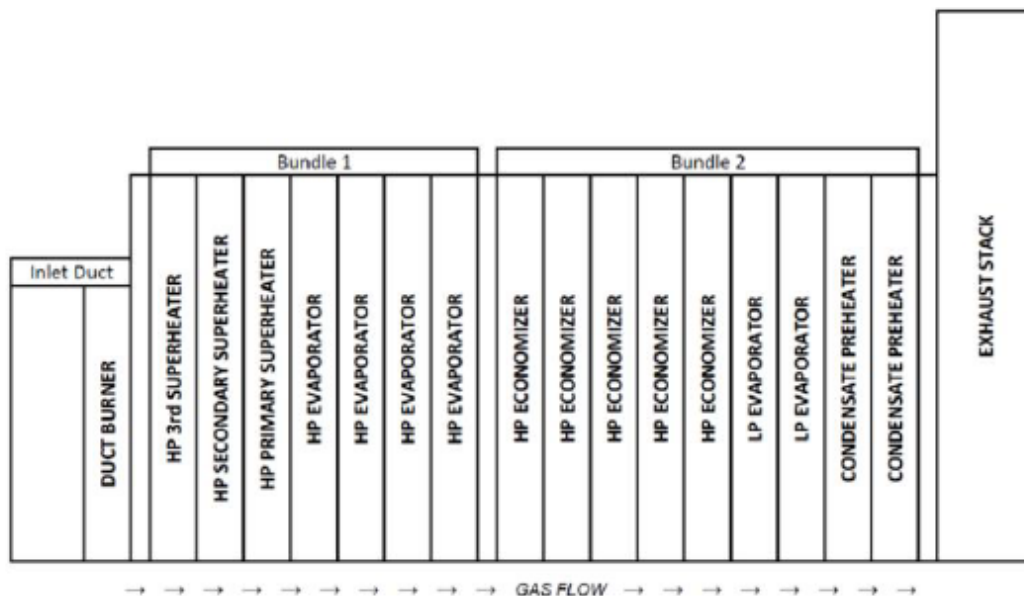


Figura 1. Diagrama general de la unidad.

Los equipos HRSG 9 y 10 son idénticos, contruidos en forma espejada. La zona de sobrecalentadores consiste en 3 etapas. En orden de menor a mayor temperatura de servicio, se denominan Primera Etapa (Platen #3), Segunda Etapa (Planteu #2) y Tercera Etapa (Planteu #1). El frente de llama de los quemadores, y por ende mayor temperatura de gases de combustión, se ubica frente a los tubos del sobrecalentador de Tercera Etapa.

Cada etapa está constituida por 72 tubos de 38.1mm (1½”) de diámetro y 3.2mm (1ra y 2da etapa) y 2.8 mm (3ra etapa) de espesor mínimo, dispuestos en dos filas. Los tubos de la primera y segunda etapa son aletados, mientras que los de la tercera etapa son lisos. Los tubos se conectan a

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian; Moreno, Jonathan; Ortiz Inostroza Francisco Raúl – Pan American Energy
pcutini@pan-energy.com, jmoreno3@pan-energy.com, fortiz@pan-energy.com

través de los niples a un colector inferior y uno superior. En estos colectores hay diversas conexiones a purgas, recirculaciones y cañerías de conexión de una etapa a la siguiente.

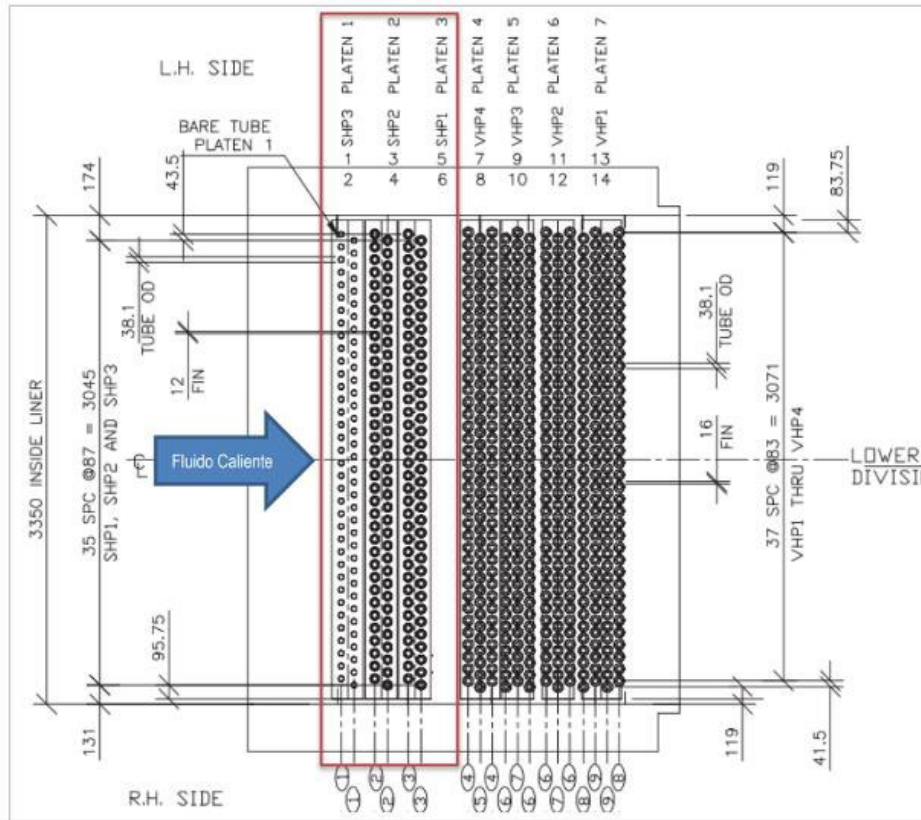


Figura 2. Vista del ordenamiento de tubos.

De acuerdo con lo mencionado, como el panel de tubos del sobrecalentador 3 es el más solicitado, se determina realizar un gemelo digital que permita realizar un análisis por Creep según API 579, estimando el porcentaje de daño y la vida remanente en tiempo real, verificando la integridad en detalle y permitiendo realizar un mantenimiento predictivo, selectivo y estratégico para extender su vida útil de manera segura.

3.2. Desarrollo del Gemelo Digital

Se definieron las siguientes etapas para la creación del Gemelo:

- 3.2.1. Digitalización del Modelo: En esta etapa se realizó la recreación de maqueta digital 3D. Se tomaron como referencia todos los planos constructivos (conforme a obra) y se complementaron con relevamientos de campo para reflejar la condición actual.

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian; Moreno, Jonathan; Ortiz Inostroza Francisco Raúl – Pan American Energy
pcutini@pan-energy.com, jmoreno3@pan-energy.com, fortiz@pan-energy.com

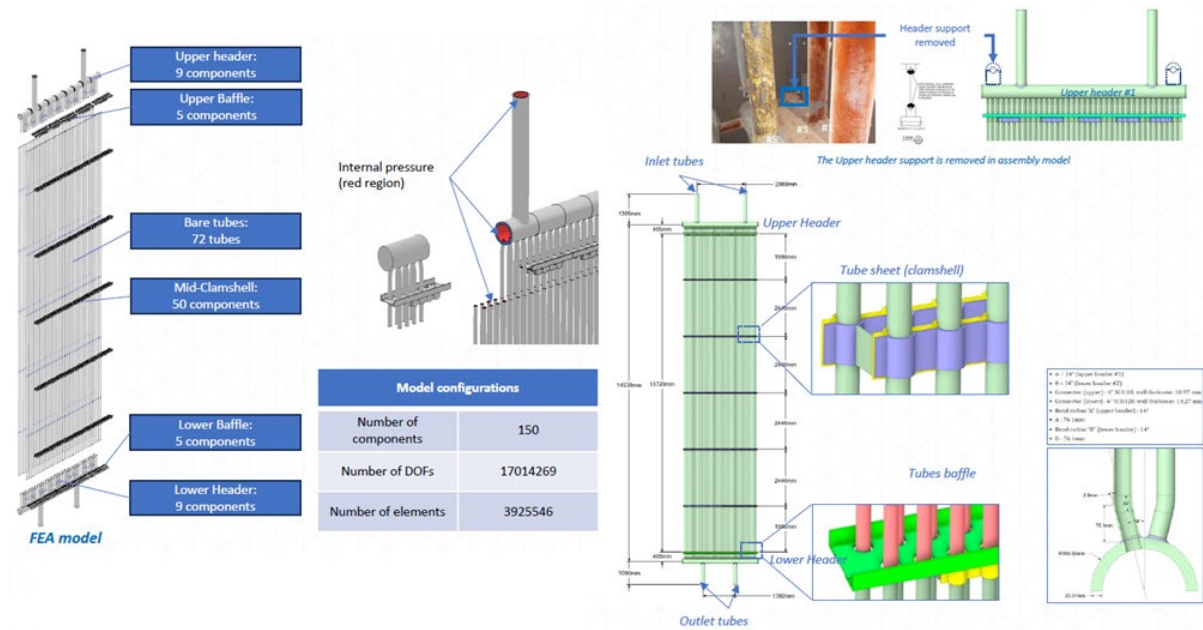


Figura 3. Modelo 3D de los Sobrecalentadores.

- 3.2.2. Captura de variables físicas: Se determinaron qué variables eran necesarias para alimentar al modelo.
- 3.2.3. Input de datos: las señales de monitoreo se alimentaron al modelo digital y se exportaron a un FEM: Finit Elements Model.

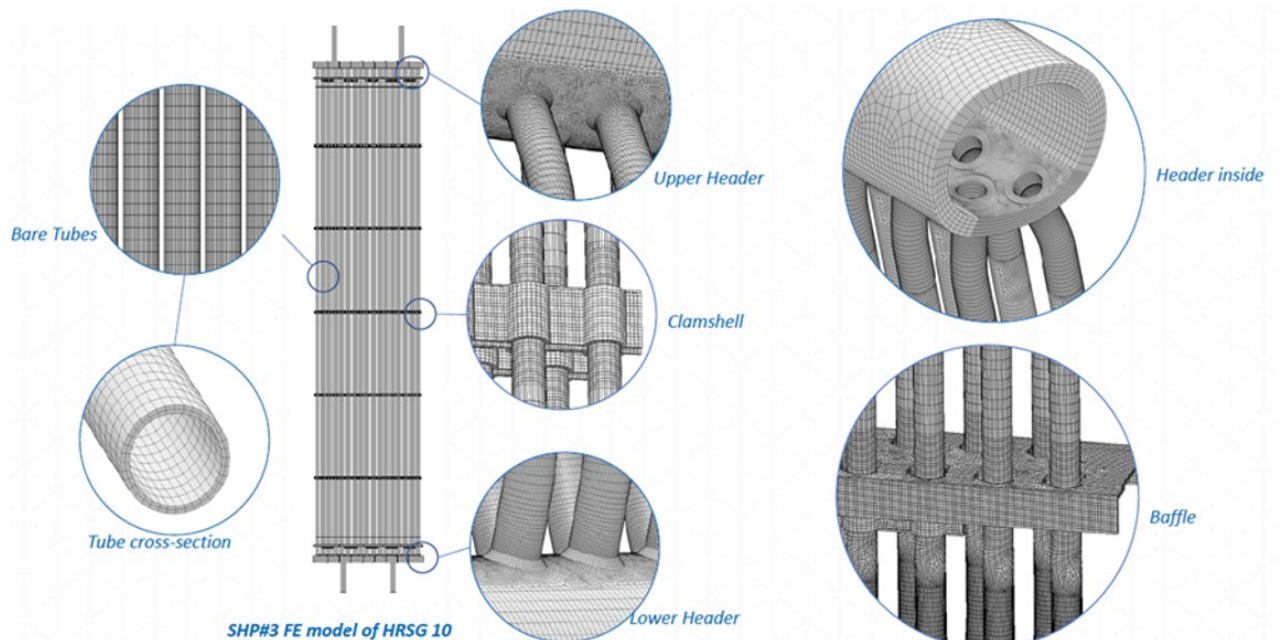


Figura 4. Modelo 3D de elementos finitos.

- 3.2.4. Ejecución computacional del FEM: entrega un output, en respuesta a los inputs aportados con las variables físicas.

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian; Moreno, Jonathan; Ortiz Inostroza Francisco Raúl – Pan American Energy
pcutini@pan-energy.com, jmoreno3@pan-energy.com, fortiz@pan-energy.com

- 3.2.5. El FEM entrega la respuesta reactiva (modos y deformaciones) del modelo real, bajo las condiciones impuestas por las variables físicas (los inputs) que se monitorean con los sensores instalados en el modelo real.

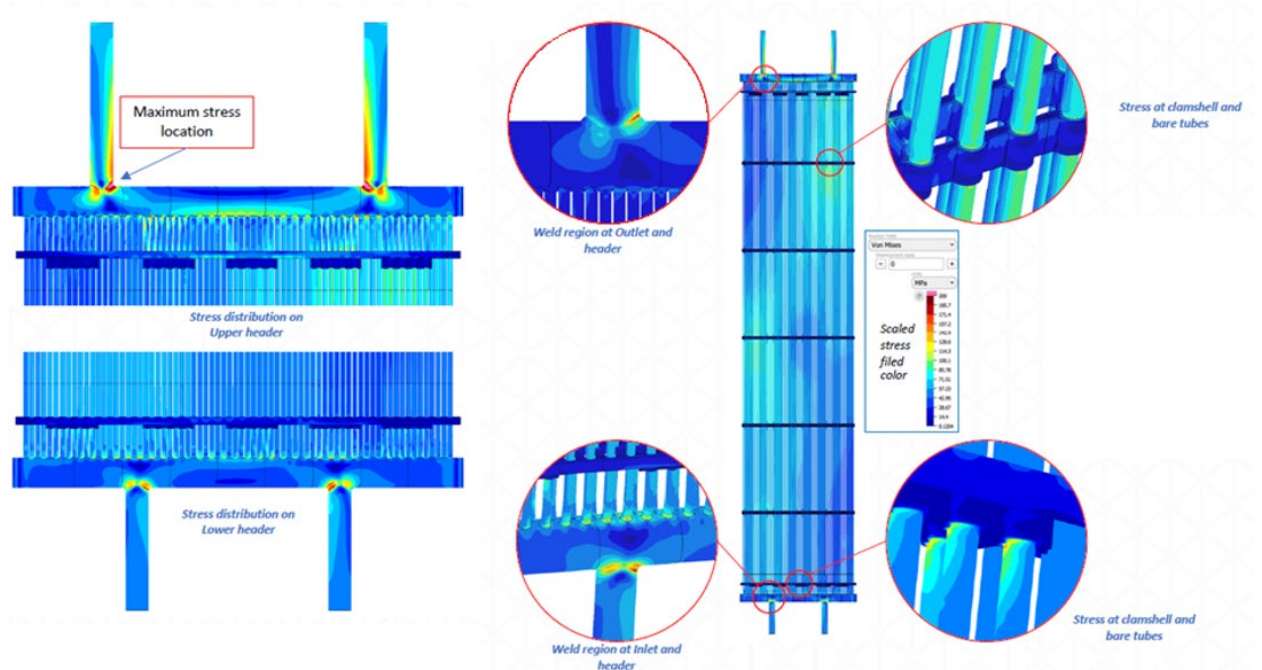


Figura 5. Análisis de Stress.

- 3.2.6. La respuesta reactiva (outputs) nos indica el tipo de acción correctiva a implementar, plan de inspección y determinación de vida útil.
- Es posible impactar los resultados obtenidos por el modelo FEM en tiempo real a través de métodos subsecuentes de cálculo asociados a la casuística de cada problema. En este caso cálculo de Creep, según API 579 Part 10.5 (Método Omega), para la obtención del porcentaje de deterioro por Creep y vida remanente.

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian; Moreno, Jonathan; Ortiz Inostroza Francisco Raúl – Pan American Energy
pcutini@pan-energy.com, jmoreno3@pan-energy.com, fortiz@pan-energy.com

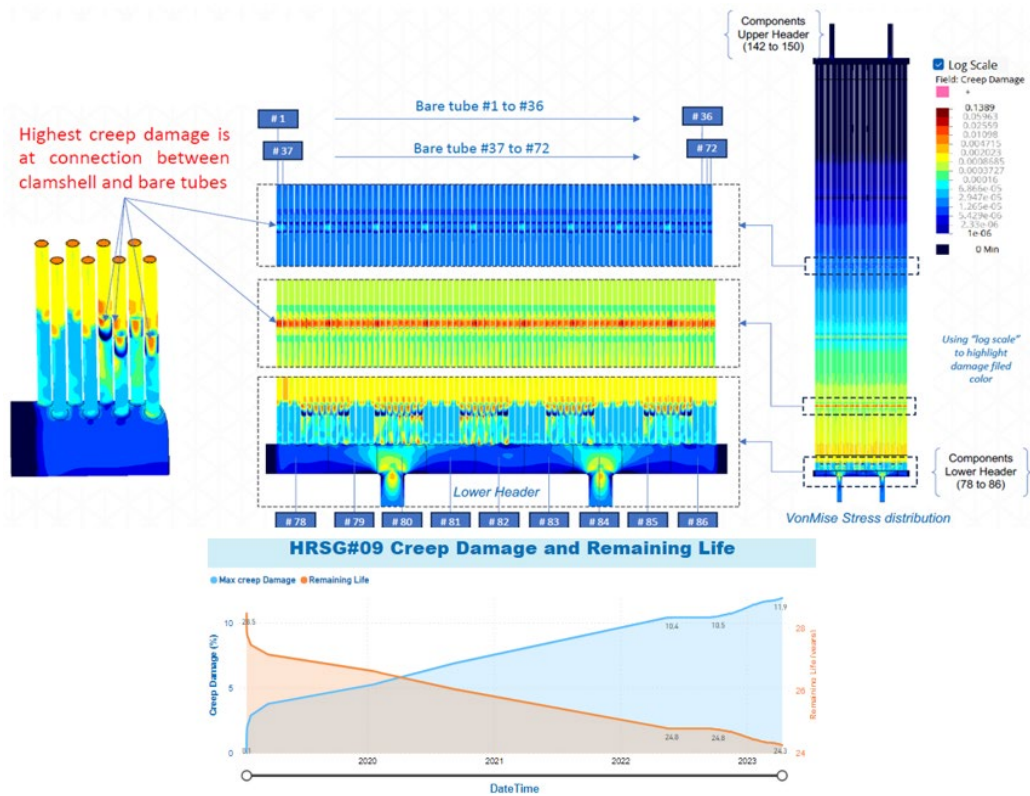


Figura 6. Análisis de Creep.

En la Figura 7, se detalla la arquitectura de cálculo del gemelo.

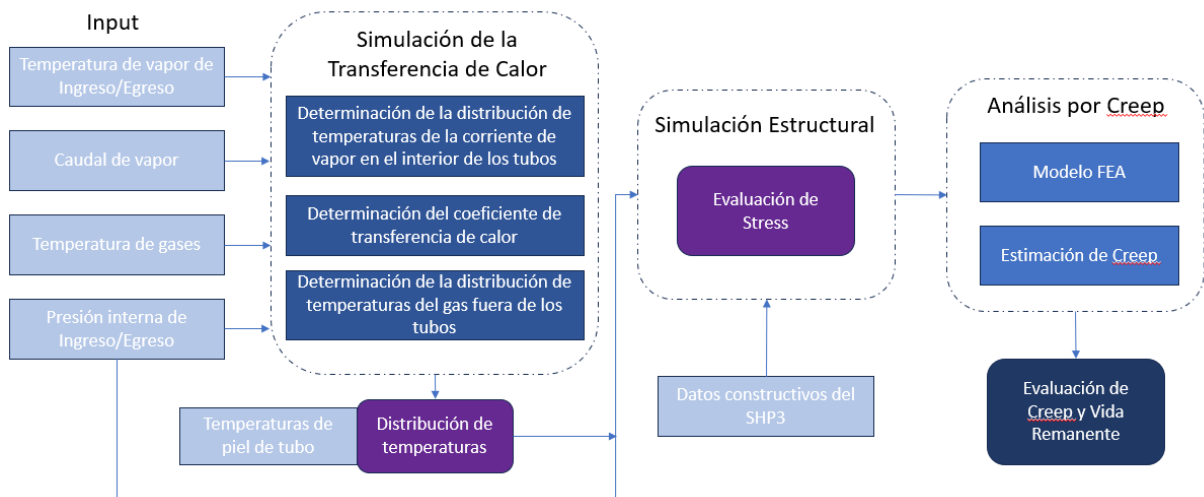


Figura 7. Workflow de cálculo del gemelo digital.

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian; Moreno, Jonathan; Ortiz Inostroza Francisco Raúl – Pan American Energy
pcutini@pan-energy.com, jmoreno3@pan-energy.com, fortiz@pan-energy.com

4. CONCLUSIONES

Hoy en día se encuentra operativo el sistema, a partir del cual se han generado tableros de control donde se predice la vida remanente y ventana operativa de cada caldera, el porcentaje de daño por creep y el nivel de stress por componente.

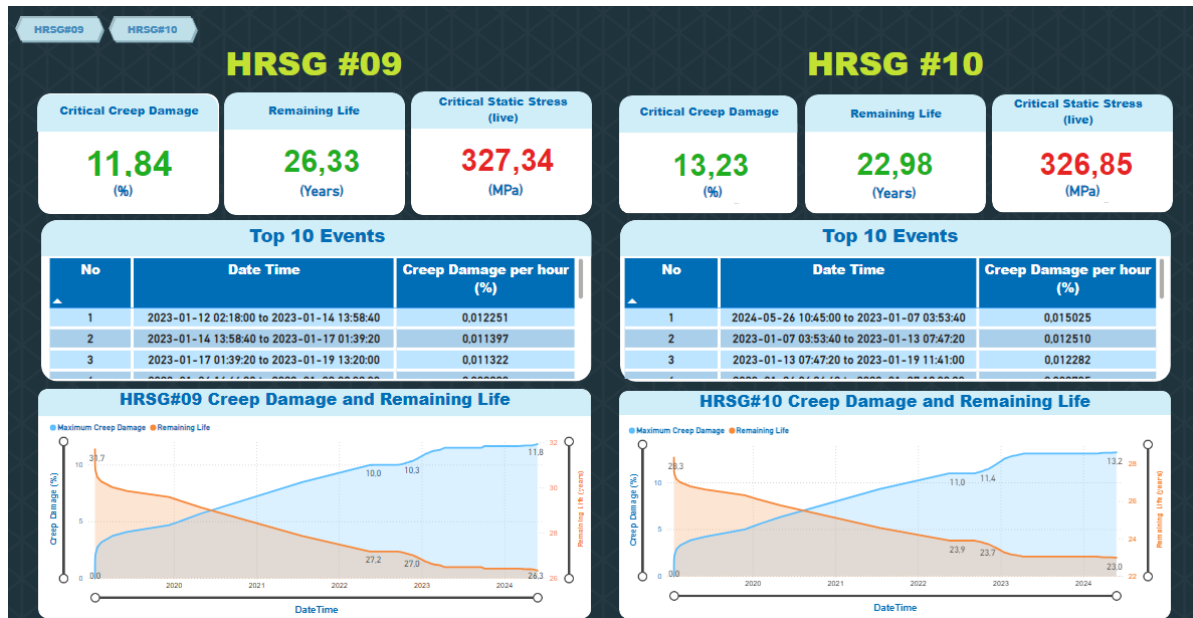


Figura 8. Tablero de control de las calderas.

GEMELO DIGITAL EN SOBRECALENTADORES DE CALDERAS

Cutini, Pablo Adrian; Moreno, Jonathan; Ortiz Inostroza Francisco Raúl – Pan American Energy
pcutini@pan-energy.com, jmoreno3@pan-energy.com, fortiz@pan-energy.com

5. BIBLIOGRAFÍA

API 579-1/ASME FFS-1: aptitud para el servicio (FFS) – 2021

Curso Superior de Resistencia de Materiales - Fred Seely – 1986

Laboratorio de Ensayos Industriales - Antonio Gonzalez Arias – 2008

Resistencia de Materiales - Timoshenko Gere – 2015

6. CURRICULUMS VITAE

Nombre y Apellido: Pablo Adrián Cutini

Puesto: Ingeniero de Integridad de Facilities

Educación: Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica Nacional FRBB

Trayectoria: 20 años de experiencia en stress análisis y monitoreo basado en condición, 10 años en ingeniería de proyectos y 5 años trabajando en Pan American Energy como Ingeniero de Integridad.

Nombre y Apellido: Jonathan Moreno

Puesto: Ingeniero de Integridad de Facilities

Educación: Ingeniero Químico, Universidad Nacional del Sur (2016)

Trayectoria: 8 años de experiencia en ensayos no destructivos e integridad mecánica y corrosión. 5 años trabajando en Pan American Energy como Ingeniero de Integridad.

Nombre y Apellido: Francisco Raúl Ortiz Inostroza

Puesto: Líder regional integridad Facilities

Educación: Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica Nacional FRBB (2001), Diplomatura Gestión Activos, Universidad Austral (2015), Project Manager, Universidad de Belgrano (2014)

Trayectoria: 17 años de experiencia en integridad mecánica desempeñándose como Líder regional integridad Facilities (Dic 2020 – Presente, CABA), Coordinador integridad (Mar 2019 - Dic 2020, Neuquén), Coordinador integridad mecánica (Sep 2017 - Feb 2019, Neuquén), Key User SAP (Jun 2014 - Sep 2017, CABA), Integrity Engineer (Oct 2010 - Jun 2014, Chubut), Ingeniero Mecánico (Oct 2007 - Oct 2010, Chubut).