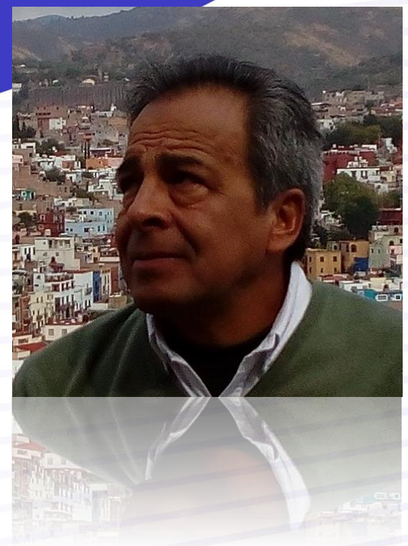
16 CONGRESO URUMAN
De la Dificultad a la Oportunidad
Confiabilidad Humana en el Mundo Digital

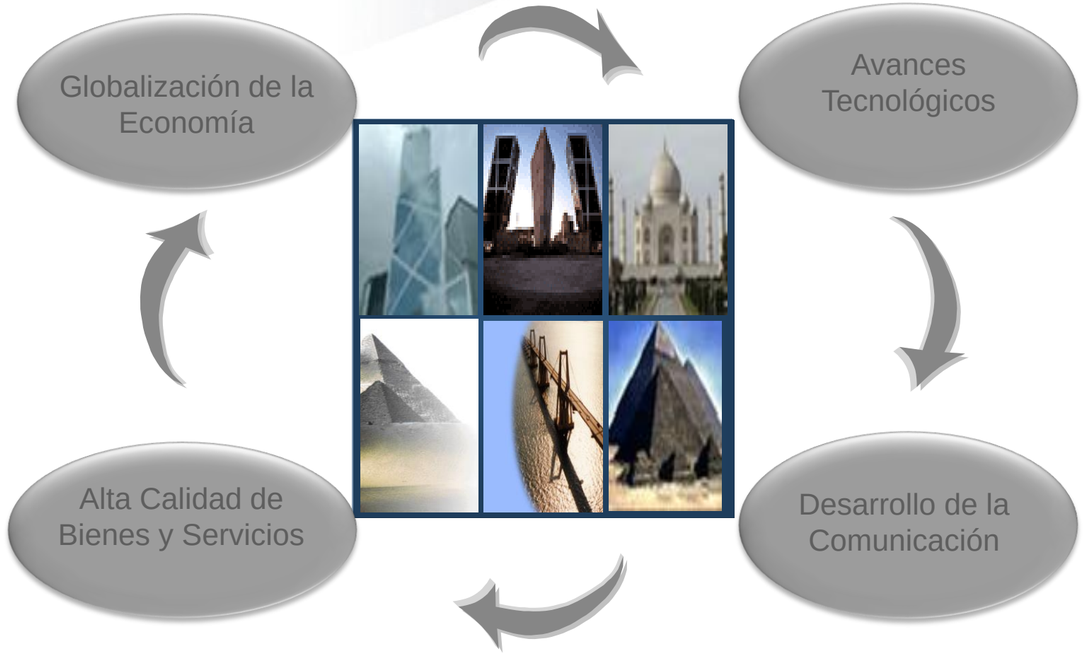


Diagnóstico Estratégico de Confiabilidad Humana de una Planta de Generación Eléctrica

Oliverio García Palencia – AMBE SAS – *19-XI-2020*

Agenda

- *Introducción*
- *Confiabilidad Humana*
- *Análisis de Confiabilidad Humana*
- *Actividades de la Investigación*
- *Diagnóstico Estratégico*
- *Confiabilidad del Operador*
- *Impacto en los Modos de Falla*
- *Plan de Mejoramiento*
- *Debate y Conclusiones.*



Fuente: Ivancevich, J.

"Podemos ignorar el cambio arriesgándonos a que los acontecimientos controlen nuestro destino, o podemos liderarlo, lo cual constituirá nuestra llave para el éxito".

Anónimo …

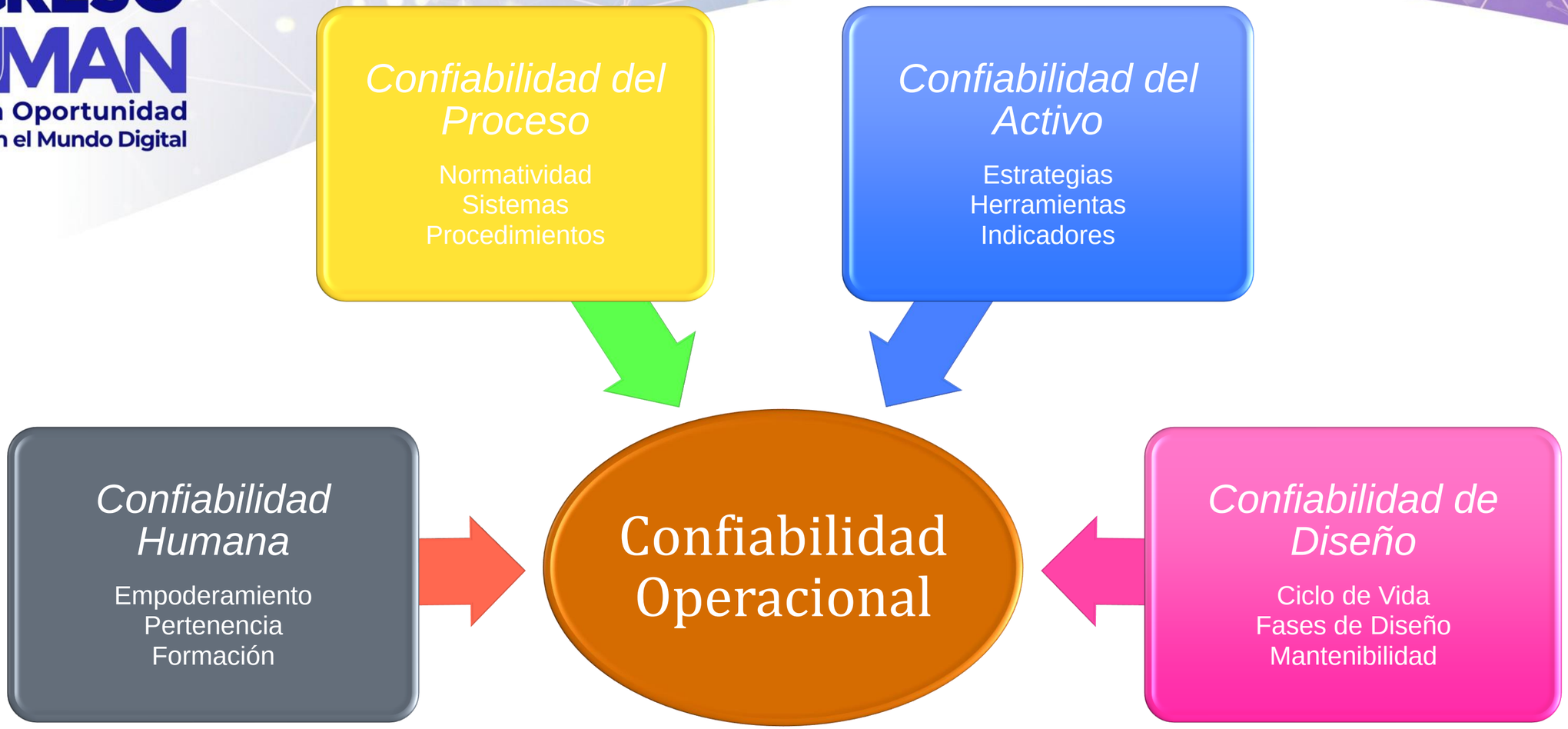
Reflexión Inicial

- *Para implementar la Ingeniería de Confiabilidad el primer paso es evaluar la madurez de la organización con respecto a las metodologías de confiabilidad, iniciativa que mide el nivel de desarrollo real, y busca alcanzar la Excelencia Operacional, a través de la aplicación de las prácticas de Clase Mundial.*

- *La clave de la Excelencia es el Talento Humano empoderado y comprometido, que utiliza gran parte de su tiempo en analizar las necesidades colectivas, en favor de las personas, la empresa y la sociedad.*

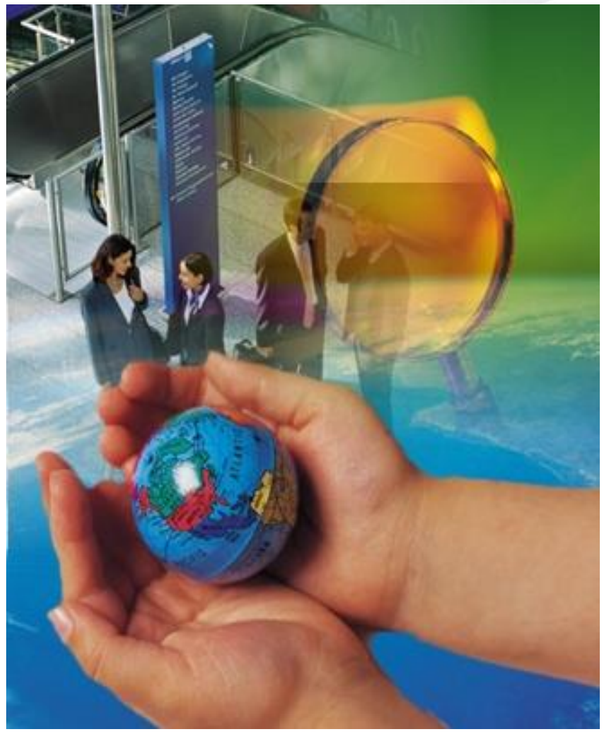
- *Las acciones de mejora continua de la Confiabilidad Humana buscan redimir el valor de las personas, guiar su conducta, principios y valores, hacia el desarrollo de una nueva Cultura Corporativa; para comprometer su capacidad total en favor de la productividad, competitividad y Sostenibilidad Organizacional.*

Introducción



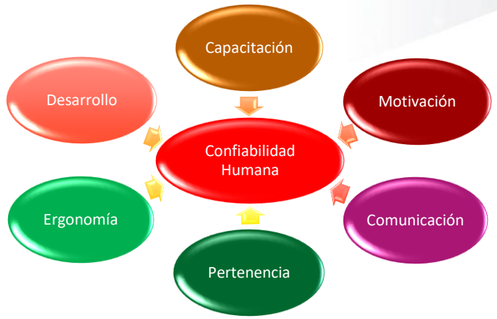
Fuente: Adaptada de The Woodhouse Parnertship Ltda. 2000.

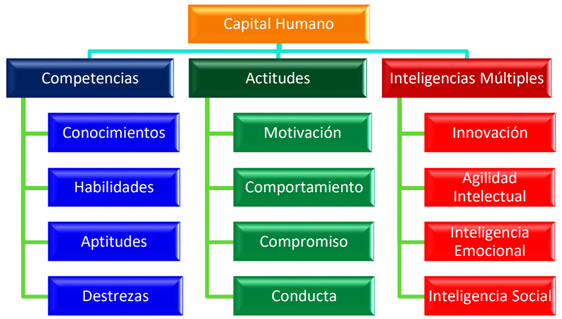
Frentes de la Confiabilidad



La Confiabilidad del Talento Humano puede definirse como "la capacidad de desempeño eficiente y eficaz de las personas, en todos los procesos, sin cometer errores derivados del conocimiento y del actuar humano, durante su competencia laboral, en un entorno organizacional específico".

Confiabilidad Humana





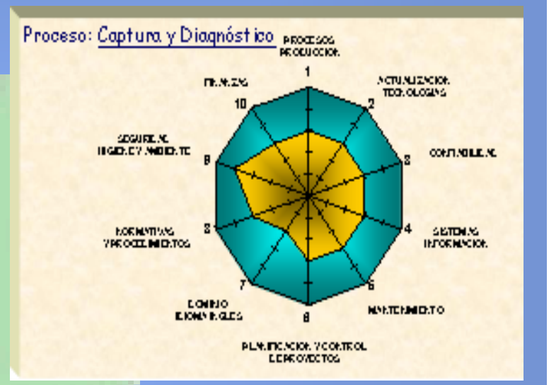
Gerencia del Conocimiento

Gestión del Conocimiento

Comunidades de Conocimientos

Lecciones Aprendidas

Mejores Prácticas



Desarrollar, mantener competencias y pericias claves

Visión compartida

Aprendizaje en equipo

Desarrollo Profesional individual

Fuente: Cáceres, 2004

Confiabilidad Humana

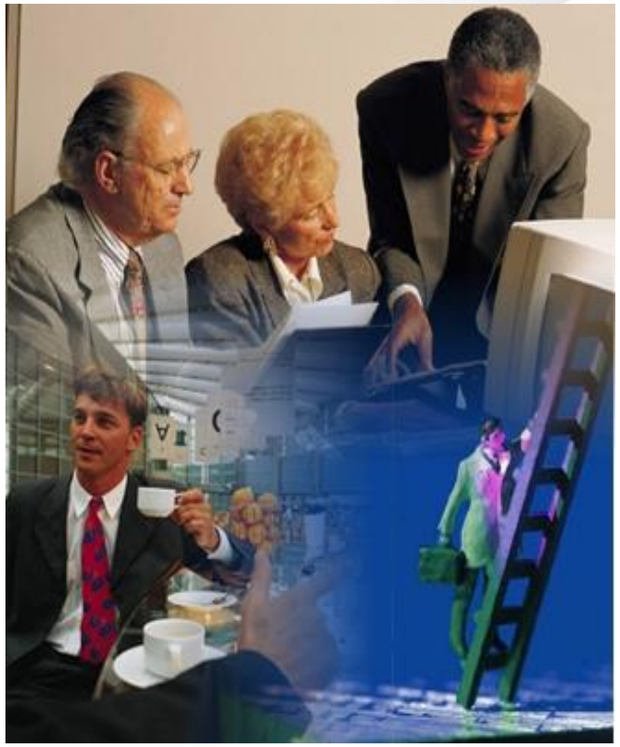
- *El Análisis de Confiabilidad Humana (HRA) es una técnica usada para identificar, analizar, cuantificar, documentar y sistematizar los posibles modos de error humanos en un sistema productivo, y los efectos de las fallas ocasionados en la confiabilidad global de los activos.*
- *Los análisis del comportamiento humano están entre las ciencias más polémicas, por esto hoy prevalecen múltiples enfoques para la caracterización de los problemas que originan errores humanos.*
- *El objetivo final del HRA es mejorar la Confiabilidad Humana a través de la reducción de los errores de los procesos.*

Análisis de Confiabilidad Humana

- *Evaluar los riesgos atribuibles a los errores humanos para definir los modos de error humano.*
- *Asegurar que las actuaciones del Talento sean identificadas e incorporadas en los análisis de seguridad de la planta.*
- *Cuantificar la probabilidad de éxito o fracaso de tales acciones.*
- *Determinar las estrategias que permitan mejorar el Desempeño Humano.*

Objetivos del HRA

Metodologías de aplicación del HRA



- *Recolección, Tabulación y Análisis de Información.*
- *Análisis Operacional de la Confiabilidad de planta.*
- *HRA del personal, utilizando las metodologías: THERP, CREAM, THEA y SRK.*
- *Diagnóstico Estratégico de Confiabilidad Humana.*
- *Definición del Plan y Programas de Mejoramiento de la Confiabilidad Humana.*

Actividades del Proyecto

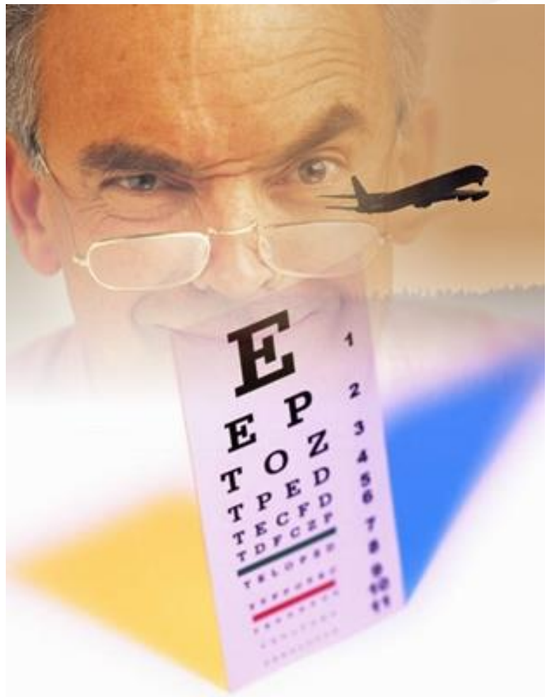
- *Revisión documental y trabajo de campo aplicando encuestas, entrevistas y observación directa al Talento de la PGE. Se aplicaron cinco encuestas para determinar el estado del mantenimiento y los factores humanos asociados con las fallas de los equipos; el clima organizacional y los factores motivacionales, la capacitación y entrenamiento personal; y el conocimiento que poseen sobre sus funciones, actividades y procedimientos desarrollados, así como sus recomendaciones para el mejoramiento continuo.*

ÁREAS DE LA INVESTIGACIÓN	
1	Análisis de los aspectos relacionados al error humano.
2	Análisis de los factores humanos asociados a las fallas de los equipos.
3	Determinación de las causas de las fallas y el grado de aplicación de las técnicas de confiabilidad.
4	Evaluación de las actividades frecuentes y nivel de planeación de las mejores prácticas de mantenimiento.
5	Valoración de las soluciones para mitigar los errores y de aceptación de las metodologías de Confiabilidad.

Recolección de la Información

- *Para realizar el HRA, se usó una mezcla ecléctica de las principales metodologías aplicables, que combinó el Análisis Cognitivo CREAM (Cognitive Reliability & Error Analysis Method), la metodología THERP (Technique for Human Error Rate Prediction), el sistema SRK (Skills - Rules - Knowledges) y los cuestionarios planteados por la THEA (Technique for Human Error Assessment); se elaboraron cinco encuestas que se aplicaron al personal, para captar su percepción de la organización y su propio desempeño, lo cual dio lugar al diagnóstico de la PGE.*

Análisis de Confiabilidad Humana



- *Con base en el HRA, se diagnostica el estado real de la planta en lo referente a: procesos y documentación, causas comunes de falla, factores humanos asociados a las fallas y estrategias para mitigar los errores humanos; y esencialmente aspectos relacionadas con las personas, como programas de formación, motivación, desarrollo, trabajo en equipo, Gestión del Desempeño, clima laboral y Gestión del Conocimiento, acordes con la Planeación Estratégica Corporativa.*

Diagnóstico de la Condición Actual

No.	FORTALEZAS
1	La empresa mantiene una buena documentación técnica.
2	La seguridad en la planta es una política adoptada y apoyada por todos.
3	La Integración de la supervisión de operaciones y mantenimiento es la base del trabajo en equipo.
4	La adecuada revisión de los procedimientos facilita la detección de los posibles errores humanos.
5	Todos los trabajadores tienen las competencias para el óptimo desempeño de sus funciones.
6	Los trabajadores buscan fortalecer su autoestima y sentido de pertenencia.
7	La comunicación y relación con los jefes y los compañeros de trabajo es buena.
8	Los trabajadores se involucran en actividades que enriquecen el Clima Organizacional.
9	El tiempo planeado para las actividades de mantenimiento se ajusta al requerido.
10	La Dirección de Mantenimiento está involucrada y comprometida con el proceso de mejora continua.

Fortalezas de la PGE

No.	DEBILIDADES
1	No se emplean frecuentemente las metodologías de Confiabilidad Operacional.
2	La operación de la Sala de Control, es la función más crítica de la Planta de Generación.
3	No se evidencian planes ni programas de mantenimiento de largo plazo.
4	Realizar el Mantenimiento Proactivo fuera de tiempo reduce la confiabilidad de los equipos.
5	Los Análisis Causa Raíz (RCA) de las Fallas de los trabajos de emergencia, se realizan ocasionalmente.
6	No existe un plan de entrenamiento continuo, sistemático y estructurado para el personal.
7	La falta de competencias técnicas específicas del personal es el factor determinante de las fallas.
8	Las Lecciones Aprendidas no son socializadas y no forman parte de la Cultura Organizacional.
9	No se presta la debida atención a las recomendaciones y sugerencias de mejoramiento.
10	Los programas de incentivos y desarrollo del personal no se aplican efectivamente.

Debilidades de la PGE

No.	OPORTUNIDADES
1	Establecer un programa integral de Formación por Competencias para el personal de la PGE.
2	Afianzar políticas de Seguridad Humana, aplicando sistemas visuales y normas internacionales.
3	Crear Equipos Naturales de Trabajo para el análisis de los problemas críticos de la planta.
4	Incrementar las actividades culturales, sociales y deportivas para afianzar el sentido de pertenencia.
5	Realizar talleres sobre Gestión del Desempeño, Equipos de Alto Rendimiento y Análisis de Costos.
6	Diseñar un nuevo programa de incentivos, motivación, reconocimiento y desarrollo para el personal.
7	Aprovechar la disposición de los trabajadores de sacrificar su tiempo en nuevos programas de formación.
8	Gestionar la elaboración de un Manual de Confiabilidad Humana y Excelencia Operacional.
9	Revisar las políticas sobre manejo de la información y los procedimientos.
10	Diseñar planes para optimizar el Mantenimiento Proactivo de la PGE.

Oportunidades para la PGE

- *Con ayuda de la técnica CREAM, se analizaron las funciones y las responsabilidades principales de cada cargo del personal de la Planta de Generación.*

- *Usando el THERP se hizo el análisis de más de 700 actividades obtenidas de los análisis RCM de la planta, hechos en un proyecto anterior.*

- *Aplicando el método SRK (Skills – Rules - Knowledges) se logró la clasificación en los tres niveles dados, encontrando que al nivel de habilidades corresponde solo un 15%, al nivel de reglas un 48%, y al nivel de conocimientos un 37%. Las actividades de este nivel son las que tienen mayor probabilidad de generar errores.*

Diagnóstico de Confiabilidad Humana

FECHA DE PARADA	TBE Real (días)	TBE Proyectado (días)	EQUIPO que Falla
1 Marzo de 2008	90	90	Moto-Generador
24 Junio 2008	114		Caldera 2
12 Enero 2009	202		Caldera 1
4 Junio 2009	142	458	Caldera 1
10 Noviembre 2010	523	523	Generador
29 Enero 2011	79		Caldera 2
11 Septiembre 2012	589	668	Turbina
27 Enero 2013	137		Caldera 1
20 Abril 2013	82	219	Calderas 1 y 2
30 Junio 2013	102	102	No hay falla.

- *Con en el histórico de las fallas de la PGE y los reportes de ingeniería, desde enero del 2008 hasta junio del 2013, se determinó cuales paradas fueron debidas a errores humanos, y se obtuvieron nueve errores, que corresponden a las funciones del Operador de Planta.*
- *El cálculo del Tiempo Entre Errores (TBE) se obtiene entre el día en que el operador cometió el error y el día en que se comete un nuevo error.*

Análisis Weibull del Operador de Planta

- *El análisis detallado de los nueve errores permitió establecer que cuatro, debidos a exceso de confianza y estrés, eran fácilmente prevenibles con planes de capacitación y motivación, lo cual permite simular el análisis de su confiabilidad con solo cinco errores.*
- *La comparación de las dos gráficas muestra la influencia de las estrategias de Confiabilidad Humana en el rendimiento personal. Se observa para un periodo de 200 días la confiabilidad se duplica, la probabilidad de error se reduce a menos de una cuarta parte y el tiempo medio entre errores (MTBE) pasa de 229 a 412 días.*

Análisis Weibull del Operador de Planta

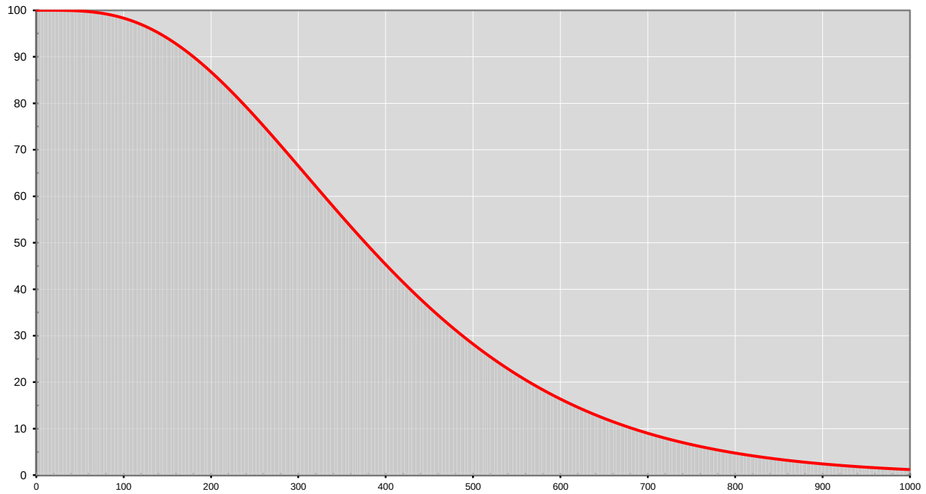
Función de Confiabilidad:

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t - T_0}{\eta}\right)^{\beta}\right]$$

Confiabilidad actual del Operador de Planta

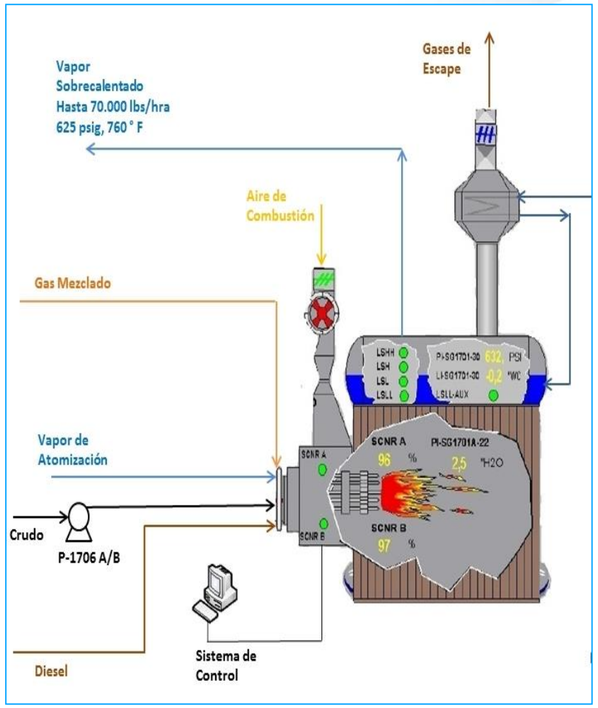
β = 1,3818, η = 500,2309, T_o = 0.0 días y MTBE = 229 días.

Confiabilidad proyectada del Operador de Planta



β = 0,9871, η = 386,3045, T_o = 0.0 días y MTBE = 412 días.

Confiabilidad del Operador



- *Para definir la responsabilidad de cada cargo sobre un modo de falla, se parte de la premisa de que cada Falla Funcional tiene múltiples Modos de Falla, y para cada modo de falla existe un conjunto de actividades dirigidas a minimizar la presencia de las fallas, para lo cual se pondera cada actividad de 0 a 5 según su influencia en cada modo de falla. El resultado de este análisis para la Caldera 1, cuando no opera en las condiciones de diseño, se muestra en la tabla, y se concluye que la responsabilidad mayor sobre la falla funcional le corresponde al técnico mecánico.*

Impacto en los Modos de Falla

16 CONGRESO URUMAN
De la Dificultad a la Oportunidad
Confiabilidad Humana en el Mundo Digital

Modos de Falla Considerados

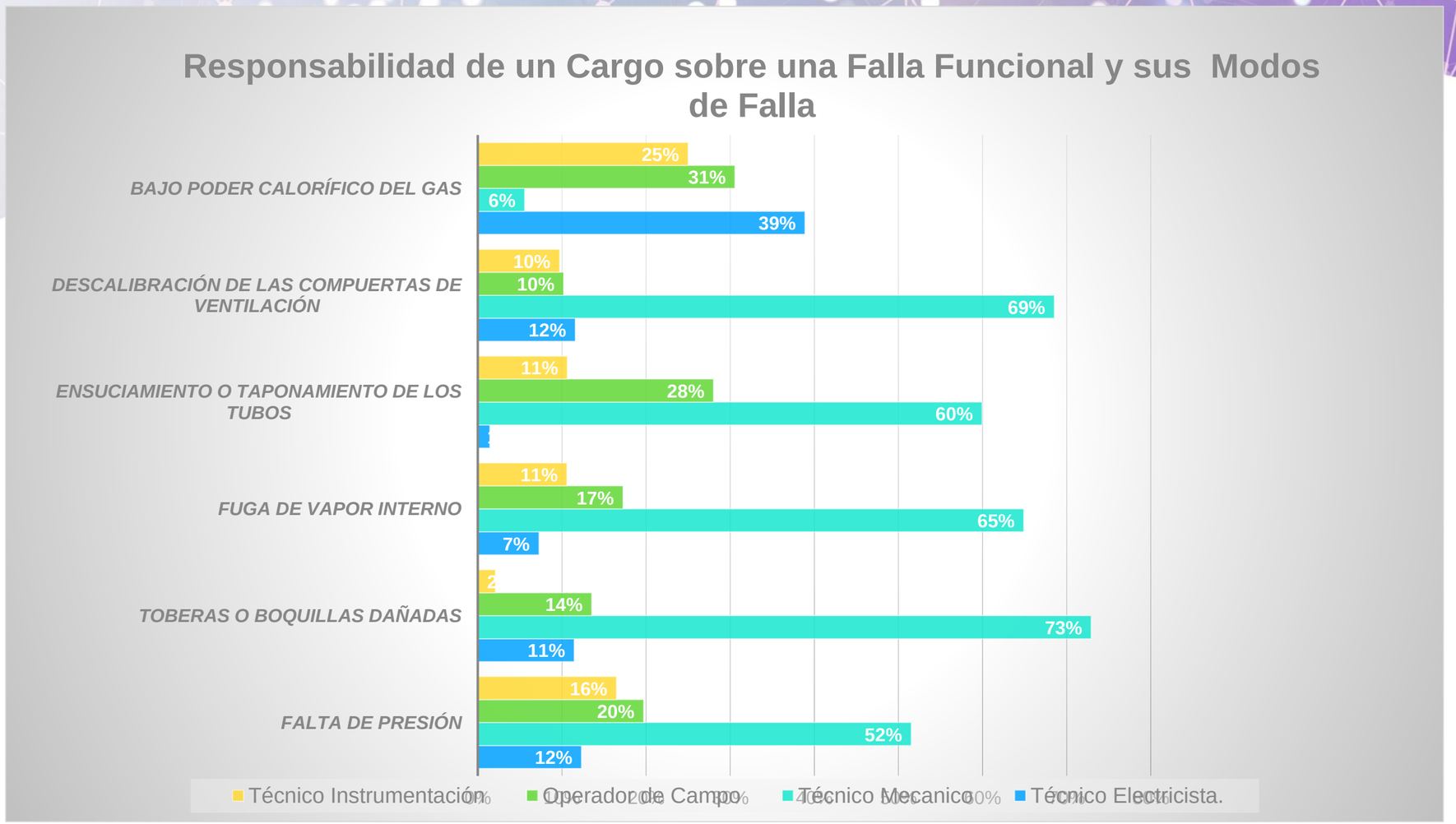
- Bajo Poder Calorífico del Gas
- Calibración de las Compuertas de Ventilación
- Ensuciamiento o taponamiento de los tubos
- Fuga de vapor interno
- Toberas o boquillas dañadas
- Falta de presión.

Equipo: Caldera Acuotubular SG-1701.
Función: Producir hasta 70000 Libras/Hora de Vapor a 625 psig y 7600 F
Falla Funcional: No produce 70000 Libras de Vapor / Hora.

Actividades / Modos de Falla	Falta de presión	Toberas o boquillas dañadas	Fuga de vapor interno	Suciedad o tapado de los tubos	Mala Calibración de las compuertas ventilación	Bajo Poder Calorífico del gas	Personal Responsable
Ajustar o cambiar la empaquetadura del bonete			3				TM
Ajustar varillaje de accionamiento y calibrar apertura de dámper					4		TE TM OP
Alinear toberas del quemador	2	4	2	2	1		TM
Análisis Termográfico						4	TE
Apretar los pernos			3		3		TM
Cambiar acople			3				TM
Cambiar difusor		3					TE TM
Cambiar empaque de prensaestopas	3	3					TM
Cambiar empaquetadura	3	3	4				TM OP
Cambiar la boquilla	3	4					TE TM
Cambiar las chumaceras					3		TM
Cambiar los empaques de la brida	2		4				TM
Cambiar sello mecánico u O-ring	3		3				TE TM
Cambiar y calibrar válvula de seguridad	4		4				TE TM OP TI
Corregir escapes en tuberías y accesorios	3		4	4			TM OP
Inspección visual de Calderas	3					1	OP TI
Inspección Visual de instrumentos de control	4		3				OP TI
Inspección y prueba hidrostática de la caldera	4	2	4	2	2		TM TI
Inspeccionar Junta de los tubos con el domo en Prueba Hidrostática			4				TE TM OP
Inspeccionar las toberas del quemador	3	5	4				TM

Actividades vs. Modos de Falla

16 CONGRESO URUMAN
De la Dificultad a la Oportunidad
Confiabilidad Humana en el Mundo Digital



Impacto de las Actividades en las Fallas

SISTEMA INTEGRAL DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL

Confiabilidad Humana	Confiabilidad de los Activos	Confiabilidad de los Procesos	Confiabilidad de Diseño	Confiabilidad Clase Mundial
Formación por Competencias	*Buenas Prácticas de Mantenimiento*	*Buenas Prácticas Operativas*	*Ingeniería de Mantenibilidad*	*Análisis RAM*
Equipos de Trabajo	*Estrategias de Confiabilidad*	*Procedimientos Operativos*	*Análisis del Costo del Ciclo de Vida*	*Análisis CRB*
Gerencia del Desempeño	*Herramientas de Confiabilidad*	*Seguridad de los Procesos*	*Diseño de Proyectos*	*Optimización Integral de Mantenimiento*
Liderazgo y Motivación	*Entorno Operativo*	*Análisis de Riesgos*	*Proyectos de Rediseño*	*Total Productive Scorecard*
Gestión del Conocimiento	*Sistema de Información*	*Administración del Cambio*	*Satisfacción Total de los Clientes*	*Responsabilidad Social Corporativa*

Sistema de Confiabilidad Operacional

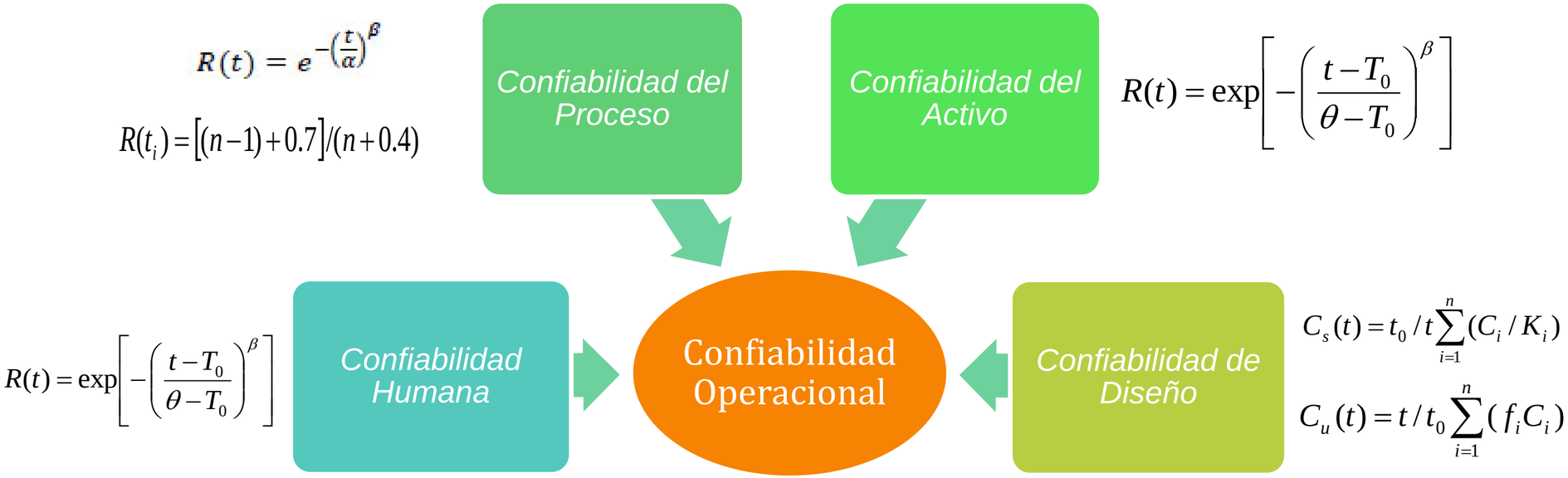
$$Ro(t) = Rhm \times Rpm \times Ram \times Rdm$$

$$t_{mediana} = T_0 + (\eta)(\ln 2)^{1/\beta}$$

*OEE=Disponibilidad*Eficiencia*Calidad*

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}$$

$$R(t_i) = [(n-1)+0.7]/(n+0.4)$$



$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-T_0}{\theta-T_0}\right)^{\beta}\right]$$

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-T_0}{\theta-T_0}\right)^{\beta}\right]$$

$$C_s(t) = t_0 / t \sum_{i=1}^{n} (C_i / K_i)$$

$$C_u(t) = t / t_0 \sum_{i=1}^{n} (f_i C_i)$$

LCC = CI + N (CO+CM+CP)

Confiabilidad Operacional de una Planta

No.	Proyecto	Objetivos
1	FORMACIÓN POR COMPETENCIAS	Desarrollar y fortalecer las competencias del personal
		Elaborar el programa de Formación Integral
		Incrementar las comunicaciones entre el personal
		Aumentar el Sentido de Pertenencia e identidad
		Optimizar los Indicadores de Desempeño.
2	CREACIÓN DE EQUIPOS NATURALES DE TRABAJO	Implementar las técnicas para trabajar en equipo
		Entender los principios de los Equipos Naturales de Trabajo (NWT).
		Desarrollar Equipos Naturales de Trabajo
		Crear la cultura del Mejoramiento Continuo
		Asumir los roles de Equipos de Alto Desempeño.
3	MOTIVACIÓN Y SENTIDO DE PERTENENCIA	Definir actividades e impulsores de Motivación
		Fortalecer el Talento Humano
		Favorecer el Desarrollo Integral de los trabajadores
		Motivar condiciones para mejorar el desempeño personal
		Reconocer o premiar los resultados de excelente desempeño.
4	GESTIÓN DEL DESEMPEÑO	Proveer el aprendizaje colaborativo a lo largo de la vida
		Revisar el cumplimiento de los objetivos del cargo
		Facilitar el mejoramiento continuo del desempeño
		Encontrar la posición o el cargo acorde a las competencias
		Brindar oportunidades de crecimiento y desarrollo.
5	GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	Desarrollar y consolidar el Capital Intelectual
		Elaborar y difundir la Guía de Conocimientos y Destrezas
		Mejorar seguridad de las personas, el ambiente e infraestructura
		Trasladar el éxito de una actividad a otras actividades
		Lograr el mejoramiento continuo del mantenimiento.

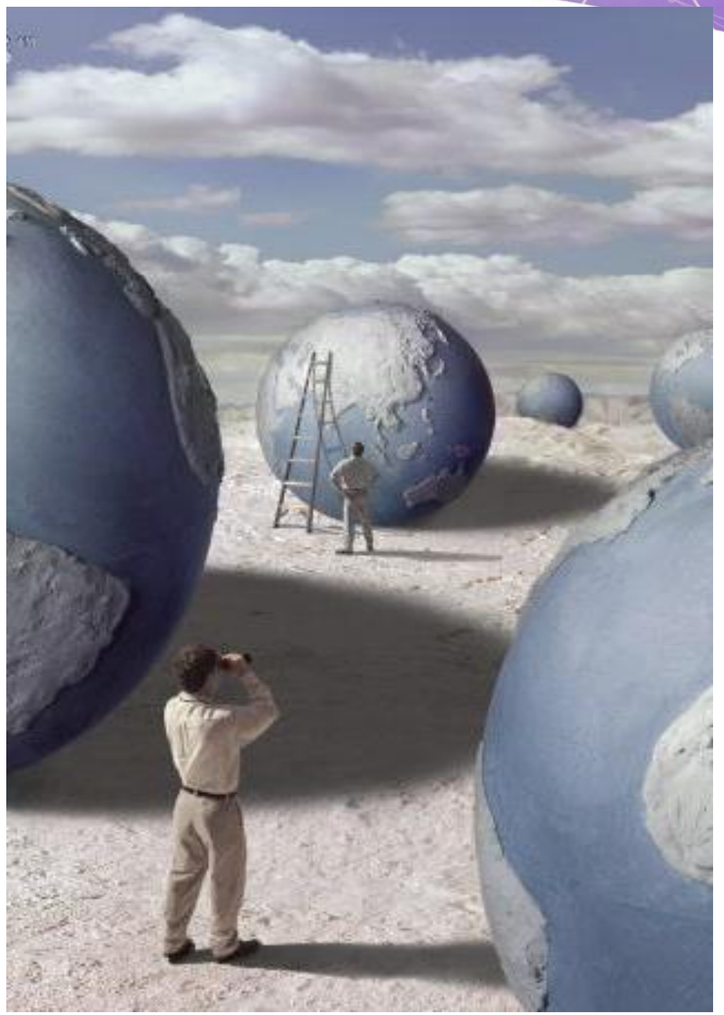
Programas de Mejoramiento

- *El trabajador no falla como las máquinas, solo comete errores. La mejora de la Confiabilidad Humana busca recuperar el valor de las personas.*
- *El personal no solo es una fuente potencial de errores, sino que influye sobre la confiabilidad de los sistemas, dada su capacidad para anticipar, analizar, predecir y actuar sobre las fallas y sus causas, y sobre sus propios errores.*
- *La gestión de la Confiabilidad Humana implica la creación de una nueva cultura y un proceso efectivo de Gestión del Conocimiento. En la planta se requieren operadores y mantenedores que conozcan de Gestión de Activos y Confiabilidad Operacional.*
- *El Desarrollo del Talento Humano es el proceso primordial para lograr la competitividad y asegurar la Sostenibilidad de la Planta.*

Conclusiones

"Gerenciar la Confiabilidad del Talento Humano no es solo la base para el éxito industrial, sino el componente primordial de los procesos de Gestión del Talento Humano que persiguen la Excelencia Operacional en la actual Sociedad del Conocimiento".

Oliverio García Palencia



Reflexión Final

"Si no cambias, te extingues..."
Spencer Jhonson
¿Quién se ha llevado mi queso?

Epílogo

16 CONGRESO URUMAN
De la Dificultad a la Oportunidad
Confiabilidad Humana en el Mundo Digital

Muchas Gracias

oligar52@yahoo.com

Preguntas?