

Gestión de fallas humanas en la planta termoeléctrica de Ocoa: Estrategias para mejorar la eficiencia y la seguridad operativa.

Yeison Javier Henao Arias

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingenierías - ECBTI

Programa de Ingeniería Industrial

Acacías

2026

Gestión de fallas humanas en la planta termoeléctrica de Ocoa: Estrategias para mejorar la eficiencia y la seguridad operativa.

Yeison Javier Henao Arias

Trabajo para optar al título de Ingeniero Industrial

Director:

Ing. MBA Oscar Mauricio Cepeda Rosas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingenierías - ECBTI

Programa de Ingeniería Industrial

Acacias

2026

Página de Aceptación

Oscar Mauricio Cepeda Rosas

Director Trabajo de Grado

Nelson Alexander Morales Gauta

Jurado

Olga Lucia Arguello

Jurado

Dedicatoria

A mi madre Stella Arias ha sido de guía y reflejo, me ha dado apoyo para seguir adelante, enseñándome valores y formando buenos sentimientos.

A mi padre Hover Henao desde su condición vulnerable de educación he aprendido el manejo de proyectos en la vida real, el esfuerzo y sacrificio para poder lograr los objetivos. A mi esposa Angie Lorena Cortes e hijo Eliam David, que siempre han estado apoyándome, perseverando para que yo pueda sobre salir en la vida y aportar desde el conocimiento intelectual a la sociedad les dedico este trabajo.

Agradecimientos

A Dios, ser divino por darme la vida y guiar mis pasos día a día.

Al Ing. Oscar Mauricio Cepeda Rosas director Trabajo de Grado.

A los tutores por sus enseñanzas para desarrollarme profesionalmente y haberme proporcionado todos sus conocimientos, a la Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingenierías – ECBTI por su logística con el programa de Ingeniería Industrial. A la Universidad Nacional Abierta y a

Distancia – UNAD por la infraestructura y la tecnología.

Resumen

El propósito de la propuesta es desarrollar estrategias efectivas para la gestión de fallas humanas en la planta de proceso de generación de energía eléctrica Ocoa, donde permita evaluar las condiciones de los activos de la empresa, sus proveedores y clientes. Así como mejorar la eficiencia del proceso como la seguridad operativa de estas instalaciones. A través de un enfoque integral, de investigación documental de campo y estudios de casos con el fin de identificar las posibles fallas humanas que pueden ocurrir durante las operaciones cotidianas en la planta de energía eléctrica. Estas fallas se clasificarán según el impacto en la eficiencia y la seguridad operativa de la termoeléctrica de ocoa. Se utilizará metodología complementaria como método de evaluación general de riesgos, Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE). Con base en esta identificación, se desarrollarán capacitaciones de ambiente laboral, procesos y de mejora continua. Como medidas específicas para mitigar las fallas humanas identificadas, tales como la mejora de los procedimientos operativos, la implementación de programas de capacitación y la introducción de tecnologías de asistencia. El proyecto también incluirá unos resultados como indicadores y beneficiario de las medidas propuestas, así como la evaluación de su efectividad a lo largo del tiempo. Se espera que este enfoque contribuya significativamente a la optimización de la gestión de fallas humanas en la planta termoeléctrica de ocoa. Mejorando tanto su eficiencia como su seguridad operativa.

Palabras clave: Falla humana, seguridad operativa, eficiencia operativa, gestión de riesgos.

Abstract

The purpose of the proposal is to develop effective strategies for human fault management at the Ocoa power generation process plant, where it allows to assess the conditions of the company's assets, its suppliers and customers. As well as improving the process efficiency and operational safety of these facilities. Through a comprehensive approach, field documentary research and case studies in order to identify potential human failures that may occur during daily operations at the power plant. These failures will be classified according to the impact on the efficiency and operational safety of ocoa thermoelectric. Complementary methodology will be used as a general risk assessment method, Failure and Impact Modal Analysis (FMEA). On the basis of this identification, work environment, process and continuous improvement training will be developed. As specific measures to mitigate identified human failures, such as improving operational procedures, implementing training programmes and introducing assistive technologies. The project will also include results as indicators and beneficiaries of the proposed measures, as well as an evaluation of their effectiveness over time. This approach is expected to contribute significantly to the optimization of human fault management at the ocoa thermal power plant. Improving both its efficiency and operational safety.

Keywords: human failure, operational safety, operational efficiency, risk management.

Tabla de Contenido

Introducción	15
Problema	18
Descripción del problema	18
Procedimientos desactualizados	18
Falta de capacitación.....	18
Ambiente laboral	18
Dato histórico de reporte de falla – RCA TERMOCOA	26
Planteamiento del Problema	32
Justificación	50
Objetivos.....	52
Objetivo General.....	52
Objetivos Específicos	52
Ubicación.....	53
Fundamento Teórico	55
Antecedentes.....	55
Construcción del árbol causal.....	56
Secuencia	56
Marco teórico y conceptual	69
Marco teórico.....	71
Metodología.....	73
Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)	73
Técnicas para la recolección de los datos.....	80

Tipo Cualitativa	80
Tipo Cuantitativa	80
Fuentes de Información	80
Resultados Esperados	82
Procesamiento y Análisis de Resultados.....	86
Resultado	86
Análisis	88
Conclusiones.....	118
Recomendaciones	119
Referencias	120
Apéndices	124

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Condiciones de disparo de la Unidad LM6000 de la termoeléctrica de Ocoa</i>	20
Tabla 2 <i>Cantidad de fallas y eventos presentados en la termoeléctrica de Ocoa</i>	33
Tabla 3 <i>Análisis de riesgo de la falla según criticidad en la termoeléctrica de Ocoa</i>	34
Tabla 4 <i>Tipos de falla en la termoeléctrica de Ocoa según eventos registrados</i>	35
Tabla 5 <i>Eventos registrados en la termoeléctrica de Ocoa</i>	36
Tabla 6 <i>Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente</i>	74
Tabla 7 <i>Clasificación de la probabilidad de ocurrencia del modo de fallo</i>	77
Tabla 8 <i>Clasificación de la facilidad de detención del modo de fallo</i>	78
Tabla 9 <i>Cronograma</i>	81
Tabla 10 <i>Resultados Esperados</i>	82
Tabla 11 <i>Recursos Necesarios</i>	83
Tabla 12 <i>Estados de los eventos presentados en la termoeléctrica de Ocoa</i>	87
Tabla 13 <i>Salarios operativos del REGIMEN LEGAL para actividades contratadas por Ecopetrol s.a.</i>	94
Tabla 14 <i>Valor de una (1) hora de trabajo a partir de 1°. De enero/24 al 31 diciembre /24</i>	94

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Formato de reporte de falla, Evento Black out VRO</i>	26
Figura 2 <i>Formato de reporte de falla, costes y evidencias</i>	27
Figura 3 <i>Formato de reporte de falla, Antecedentes a la falla actual</i>	28
Figura 4 <i>Formato de reporte de Falla, Análisis de causa raíz de la falla</i>	29
Figura 5 <i>Formato de Reporte de falla, Hipótesis Confirmada</i>	30
Figura 6 <i>Formato de Reporte de falla, Desarrollo de la solución</i>	31
Figura 7 <i>Modelo Queso Suizo de Reason</i>	32
Figura 8 <i>Ubicación Planta Termoeléctrica de Ocoa coordenadas</i> <i>4°04'42.3"N 73°41'14.4"W</i>	53
Figura 9 <i>Investigación y análisis de accidentes e incidentes de trabajo</i>	56
Figura 10 <i>Construcción del árbol causal</i>	57
Figura 11 <i>Bienestar Invitación Charla Rh & Hsseq</i>	58
Figura 12 <i>Ejecución de charla de bienestar Rh & Hsseq</i>	50
Figura 13 <i>Actualización de las Políticas Gerencia de calidad / Hsseq /Colombia y</i> <i>Perú</i>	60
Figura 14 <i>Modelo permiso de trabajo formato físico</i>	61
Figura 15 <i>Formato de programación de la Planta Termocoa Masa Stork-Magnex</i>	62
Figura 16 <i>Programación de planta Termocoa Masa Stork-Magnex</i>	63
Figura 17 <i>Programación detallada de la Planta Termocoa Masa Stork-Magnex</i>	64
Figura 18 <i>Plataforma J5 Shift Operations Management Compañía Masa Stork-Magnex;</i> <i>Modelo Digital</i>	65

Figura 19 <i>Detalle de Permiso de Trabajo Frio Cargue de Agua; Plataforma J5</i>	66
Figura 20 <i>Generación Ordenes de Trabajo plataforma y2/y3. Planeación Masa Stork-Magnex</i>	67
Figura 21 <i>Reportes de Equipos en Falla y solicitud de avisos por Operaciones Masa Stork-Magnex</i>	68
Figura 22 <i>Propuesta preliminar de indicadores para la termoeléctrica de ocoa</i>	86
Figura 23 <i>Análisis Modal de Fallos y Efectos Potenciales Termoeléctrica de Ocoa</i>	88
Figura 24 <i>Falla Laboral Modo de Fallo Presupuesto del contrato</i>	89
Figura 24.1 <i>Resultado de Fallo, Presupuesto del contrato</i>	90
Figura 25 <i>Sobre tiempo laboral</i>	91
Figura 25.1 <i>Horario de turnos de trabajo 14x14 personal operación Termoeléctrica de ocoa abril 2025</i>	92
Figura 25.2 <i>Resultado de Sobre tiempo laboral</i>	93
Figura 26 <i>Confiabilidad de los procedimientos</i>	95
Figura 26.1 <i>Registro de archivo computador operadores de campo, Biblioteca</i>	96
Figura 26.2 <i>Instructivos ECP, operaciones de campo Termocoa</i>	97
Figura 26.3 <i>Instructivos de operación SOA-I estipulados por el cliente año 2008</i>	98
Figura 26.4 <i>Evidencia de instructivo SOA-I-375, Instrucción para arranque de turbo grupo</i>	99
Figura 26.5 <i>Instrucción para registro de paradas de equipos en la herramienta de confiabilidad RELINE para técnicos de mantenimiento SOC-I-414 versión 1</i>	100
Figura 26.6 <i>Resultado de confiabilidad de los procedimientos</i>	101
Figura 27 <i>Modos de falla superintendencia de operaciones central SOA-I-414</i>	102

Figura 28 <i>Modos de falla A2. Causas raíces del formato superintendencia de operaciones central SOA-I-414</i>	104
Figura 29 <i>Acoso Laboral</i>	105
Figura 29.1 <i>Resultado de Acoso Laboral</i>	106
Figura 30 <i>Carga Laboral 1.0</i>	107
Figura 30.1 <i>Resultado de Carga Laboral 1.0</i>	108
Figura 31 <i>Carga Laboral 2.0</i>	109
Figura 31.1 <i>Resultado de Carga Laboral</i>	110
Figura 32. <i>Contrato Laboral</i>	111
Figura 32.1 <i>Resultado de Contrato Laboral</i>	112
Figura 33 <i>Horario Laboral</i>	113
Figura 33.1 <i>Resultado de Horario Laboral</i>	114
Figura 34 <i>Capacitación</i>	115
Figura 34.1 <i>Resultado de Capacitación</i>	115
Figura 34.2 <i>Plataforma FOX_MAGNEX de aprendizaje, políticas y cursos éticos al cargo asignado</i>	116
Figura 34.3 <i>EGS-SOLUTIONS plataforma ARL seguros bolívar, seguridad laboral</i>	117

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Modos de Falla-Motores Eléctricos</i>	124
Apéndice B <i>Modos de Falla-Detectores de Fuego y Gas</i>	125
Apéndice C <i>Modos de Falla-Turbinas de Gas</i>	126
Apéndice D <i>Modos de Falla-Cambiadores de Calor</i>	127
Apéndice E <i>Modos de Falla – Sensores de Procesos</i>	128
Apéndice F <i>Modos de Falla – Turbo expansores</i>	129
Apéndice G <i>Modos de Falla – Recipientes</i>	130
Apéndice H <i>Modalidades de Falla – Cabezales de los Pozos y Árboles Xmas</i>	131
Apéndice I <i>Métodos de Detección</i>	132

Introducción

La industria de generación de energía, y en particular las plantas termoeléctricas desempeñan un papel crucial en el suministro de energía eléctrica para el desarrollo socioeconómico. Sin embargo, la complejidad de sus operaciones y la naturaleza de crítica de sus procesos las hacen susceptibles a fallas, muchas de las cuales tienen su origen en errores humanos la planta termoeléctrica de Ocoa, como instalación clave en el sistema energético regional que suministra la producción para los campos chichimene, castilla y Apiay, no es ajena a esta realidad.

Las fallas humanas en plantas termoeléctricas pueden tener consecuencias significativas, que van desde pérdidas económicas y retrasos en la producción hasta incidentes graves que ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente. Por lo tanto, la gestión efectiva de estas fallas es fundamental para garantizar la eficiencia y la seguridad operativa de la planta.

Este trabajo de grado se centra en el análisis de la gestión de fallas humanas en la planta termoeléctrica de Ocoa, con el objetivo de identificar estrategias para mejorar la eficiencia y la seguridad operativa. Se explorarán las causas subyacentes de las fallas humanas, se evaluarán las prácticas de gestión existentes y se propondrán recomendaciones para fortalecer la prevención mitigación de errores.

La investigación se basa en una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica, así como en el análisis de datos y entrevistas con personal de la planta. Se prestará especial atención a la identificación de factores humanos, organizacionales y tecnológicos que contribuyen a las fallas, así como a la evaluación de la eficacia de las medidas de control implementadas.

Se espera que los resultados de este estudio proporcionen información valiosa para la planta termoeléctrica de Ocoa y otras instalaciones similares.

“En este informe se expone el comportamiento de los accidentes de trabajo, las enfermedades calificadas de origen laboral y la mortalidad consecuencia de estos siniestros durante el 1° Cuatrimestre 2024, cifras expuestas en el Observatorio de la Seguridad y Salud en el Trabajo del Consejo Colombiano de Seguridad”. (*INSST-NPT 679, Ministerio de trabajo y asuntos sociales España, 2004, p.1*)

Se evidencia una reducción del 15,5% en el número de afiliados al SGRL al compararlo con el 1° cuatrimestre de 2023; de igual forma, el número de empresas afiliadas al SGRL disminuyó 8,6% respecto al mismo periodo de 2023. (*INSST-NPT 679, Ministerio de trabajo y asuntos sociales España, 2004, p.2*)

En relación con accidentes de trabajo se presentaron un total de 148.518 accidentes de trabajo, con una tasa en el periodo de 1,42 accidentes por cada 100 trabajadores, siendo esta tasa ligeramente menor con respecto a la tasa del año 2023. En promedio se presentaron 1.238 accidentes laborales por día durante el cuatrimestre. El sector “Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca” presentó la mayor tasa de accidentalidad con 4,71 accidentes por cada 100 trabajadores. (*INSST-NPT 679, Ministerio de trabajo y asuntos sociales España, 2004, p.4*)

Se calificaron en total 2.930 enfermedades de origen laboral, presentándose una tasa de 27,96 enfermedades calificadas por cada 100.000 trabajadores, la cual es menor en comparación con la del año 2023. El sector “Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social” presentó la mayor tasa con 80,02 enfermedades calificadas por cada 100.000 trabajadores. (*INSST-NPT 679, Ministerio de trabajo y asuntos sociales España, 2004, p. 5*)

En total se presentaron 90 muertes de trabajadores, alrededor de 6 muertes cada semana, con una tasa en el periodo de 0,86 muertes por cada 100.000 trabajadores, siendo 3,8 veces menor con relación a la del año 2023 y siendo la menor tasa de mortalidad de los últimos seis años. El sector “Extracción minas y canteras” fue el que mayor tasa presentó con 14,79 muertes por 100.000 trabajadores, superando 17 veces la tasa nacional. (*INSST-NPT 679, Ministerio de trabajo y asuntos sociales España, 2004, p.7*)

Problema

Mecánicos Asociados, empresa con experiencia en el sector de generación de energía eléctrica, tiene el desafío de mantener la producción de 43.0 megavatios hora (MWh) y 5-15 megavars amperios reactivos hora (MVARh) en el área de Termocoa. Sin embargo, la empresa enfrenta dificultades para lograr este objetivo debido a la presencia de fallas en los procesos, lo que genera un impacto negativo en la eficiencia, la seguridad y la confiabilidad de las operaciones.

Descripción del problema

Mecánicos Asociados presenta un problema crítico relacionado con la gestión e identificación de fallas en los procesos de generación de energía eléctrica en Termocoa. Las fallas se manifiestan en:

Procedimientos desactualizados

Los procedimientos para la operación y mantenimiento de los equipos no se han actualizado a la par de las nuevas tecnologías y requerimientos, lo que aumenta la probabilidad de errores y fallas.

Falta de capacitación

El personal no cuenta con la formación y el entrenamiento adecuados para operar los equipos de manera segura y eficiente, lo que incrementa el riesgo de fallas humanas.

Ambiente laboral

Arbitrariedad y falta de atención a los derechos y deberes de los trabajadores, lo que puede generar desmotivación, estrés y afectar negativamente la productividad y la seguridad operativa, así como también errores de distracción del personal.

Mecánicos Asociados tiene áreas en handover de su principal cliente Ecopetrol, de generación de energía eléctrica con máquinas térmicas para alimentar equipos de bombeo de pozos petroleros donde se ha ganado la experiencia en generación vs costos de producción a través de los años. Por lo tanto, su imagen es valiosa en el mercado minero energético.

Dependiendo de la capacidad del equipo, en donde tiene falencia en los procedimientos de los equipos por actualización, capacitación del personal y arbitrariedad en el ambiente de trabajo. No han contemplado la metodología que impacte positivamente para registrar el menor números de disparos posible de la unidad, se pretende llegar a la actualización de los procedimientos de los equipos auxiliares potenciados y sustituidos por redline (diagramas, unifilares modificaciones en borrador) de la máquina, así como también la gestión de capacitación del personal y velar por los derechos y deberes de los trabajadores. Donde se puedan verificar la seguridad de los trabajadores, el medio ambiente y los activos del cliente.

Tabla 1

Condiciones de disparo de la Unidad LM6000 de la termoeléctrica de Ocoa

CONDICIONES DISPARO FSLO (DOES NOT CRANCK AUTOMATICALLY)							
TAG	Descripción	TAG	Descripción	TAG	Descripción	TAG	Descripción
SD_3 01	SPARE	SD_ 331	GEN LUBE OIL SUPPLY TMP HI HI	SD_ 361	LOW LIQUID BST PMP SUC PRESS	SD_3 91	SPARE
SD_3 02	GTG AIR INLET FLTR D/P HI HI (SW)	SD_ 332	SPARE	SD_ 362	LOW LIQ BST PMP DISCH PRESS	SD_3 92	SPARE

SD_3 03	SPARE	SD_ 333	GEN LUBE OIL SPLY PRESS LO LO (XMITTER)	SD_ 363	LIQUID FUEL SUPPLY SD DURING START	SD_3 93	GAS FUEL SPLY PRESS HI HI (SW)
------------	-------	------------	---	------------	---	------------	--------------------------------------

SD_3 04	GTG FIRE/GAS MONITOR SD	SD_ 334	GEN JACKING PUMP INLET LO LO (SW)	SD_ 364	CDP PURGE TEST TIME EXPIRED	SD_3 94	SPARE
SD_3 05	GAS SD L.E.L. TURBINE ROOM	SD_ 335	GEN LUBE OIL SPLY PRESS LO LO (SW)	SD_ 365	SPARE	SD_3 95	GT XN25 FAIL TO ACC TO 4600
SD_3 06	CRITICAL PATH SHUTDOWN	SD_ 336	SPARE	SD_ 366	SPARE	SD_3 96	GT XN25 FAIL TO ACC TO 6050
SD_3 07	GAS SD L.E.L. GENERATOR ROOM	SD_ 337	AC LUBE OIL PUMP FAILED	SD_ 367	N1N40_BI NODE FAULT	SD_3 97	ANY SHUTDOWN BELOW CORE IDLE

SD_3 08	GTG FIRE AGENT RELEASED	SD_ 338	SPARE	SD_ 368	N1N41_BI NODE FAULT	SD_3 98	GEN 86 TRIP (LOCAL)
------------	-------------------------------	------------	-------	------------	---------------------------	------------	------------------------

SD_3 09	GTG LUBE OIL LO PRESS (XN25>7.8K RPM)	SD_ 339	SPARE	SD_ 369	N1N42_BI NODE FAULT	SD_3 99	GEN 86 TRIP (REMOTE)
SD_3 10	GT LUBE LO LO PR (4.5<XN25<7. 8K RPM)	SD_ 340	SPARE	SD_ 370	N1N43_BI NODE FAULT	SD_4 00	SPARE
SD_3 11	FUEL VALVE OFF MIN	SD_ 341	MCC LOSS OF AC POWER (DC PMP ON)	SD_ 371	N1N44_BI NODE FAULT		
SD_3 12	LOW BATTERY VOLTAGE (125 VDC)	SD_ 342	A1_A02_Pi-CARD FAULT	SD_ 372	N2N06_AI NODE FAULT		
SD_3 13	STRT SKID HYD RES LVL LO LO (SW)	SD_ 343	A1_A03_Pi-CARD FAULT	SD_ 373	N2N12_AI NODE FAULT		

SD_3 14	STRT SKID HYD PMP VAC DP HI HI (SW)	SD_ 344	A1_A04_MPU CARD FAULT	SD_ 374	N2N08_RT D NODE FAULT		
SD_3 15	STRT SKID HYD PMP PRESS LO LO (SW)	SD_ 345	A1_A05_SIO CARD FAULT	SD_ 375	N2N09_RT D NODE FAULT		
SD_3 16	SPARE	SD_ 346	A1_A06_AIO - CARD FAULT	SD_ 376	N2N10_RT D NODE FAULT		
SD_3 17	GT XNSD FAIL TO MAKE CORE	SD_ 347	A1_A07_AIO - CARD FAULT	SD_ 377	N2N11_RT D NODE FAULT		
SD_3 18	GT XNSD FAIL TO BREAK AWAY	SD_ 348	A1_A08_DO - CARD FAULT	SD_ 378	N2N14_RT D NODE FAULT		
SD_3 19	LOCAL EMERGENC Y STOP	SD_ 349	A1_A09_ACT - CARD FAULT	SD_ 379	N2N45_BI NODE FAULT		

SD_3 20	REMOTE EMERGENC Y STOP	SD_ 350	A1_A10_ACT - CARD FAULT	SD_ 380	N2N46_BI NODE FAULT		
SD_3 21	GT XN25R FL ACC LT 6407	SD_ 351	SPARE	SD_ 381	N3N50_BI NODE FAULT		
SD_3 22	GT HYD STRTR FAIL TO ACC TO 1700	SD_ 352	A1_A12_BI1 GROUP FLT	SD_ 382	N3N15_RT D NODE FAULT		
SD_3 23	AFTER BOILER PURGE XN25 LT 1700	SD_ 353	A1_A12_BI2 GROUP FLT	SD_ 383	N3N16_RT D NODE FAULT		
SD_3 24	GT FAIL TO IGNITE	SD_ 354	A1_A12_BI3 GROUP FLT	SD_ 384	N3N17_RT D NODE FAULT		
SD_3 25	GT EXTERNAL OVERSPEED	SD_ 355	A1_A12_BO1 GROUP FLT	SD_ 385	N3N18_RT D NODE FAULT		

SD_3 26	GT STEP TO IDLE TO FSLO	SD_ 356	A1_A12_BO2 GROUP FLT	SD_ 386	N3N19_RT D NODE FAULT		
SD_3 27	GEN BRG TMP (DE) HI HI	SD_ 357	A1_A13_LON CARD FAULT	SD_ 387	N3N20_RT D NODE FAULT		
SD_3 28	GEN BRG TMP (NDE) HI HI	SD_ 358	SPARE	SD_ 388	N3N21_AI NODE FAULT		
SD_3 29	GEN BRG OIL DRAIN (DE) HI HI	SD_ 359	SPARE	SD_ 389	N3N22_AI NODE FAULT		
SD_3 30	GEN BRG OIL DRAIN (NDE) HI HI	SD_ 360	SPARE	SD_ 390	N3N49_BI NODE FAULT		


Nota. Códigos de fallas de la turbina. Tomado de Manual de Operación y mantenimiento GE

Energy Work Order. (20161/20162). [Turbine de Gas]

Dato histórico de reporte de falla – RCA TERMOCOA

Figura 1

RCA-Evento Black out VRO

	SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES APIAY		SOA-F-161	
	FORMATO DE REPORTE DE FALLA		Versión 2	1/5

1. REGISTRO DEL EVENTO DE FALLA

1.1. INFORMACIÓN GENERAL

Descripción del evento de falla BLACK OUT DE LA VRO POR APERTURA EN INTERRUPTORES 230KV 2L 110 Y 2M 010 EN SAN FERNANDO Y POSTERIOR SALIDA DE TERMOCOA			RCA-001-2023		
			Finalizado	SI	NO X
Fecha y hora de falla	16-may-2023 23:23:29.756	OTs → 21021719	TRM: \$4.328		
Descripción del impacto de falla			Costo de Reparación		
Daño en equipos	N/A		0		
Pérdidas de producción	Costos por no generación TEO 0,67 TES1 0,1 horas, TES2 0,9 horas, TES3 0,67 horas		USD \$ XXXXXX		
Impacto en el ambiente	N/A		0		
Impacto en las personas	N/A		0		
Otras	N/A		0		
Equipo ACR: Andrés Osorio, Antonio Valderrama, Nicolás Moreno					

1.2. VALORACIÓN RAM POTENCIAL DE LA FALLA (XXXXXX)

2. ANÁLISIS DE LA FALLA

2.1. SECUENCIA DE EVENTOS

23:22:55,566 Apertura interruptor Q01
 23:23:29,756 Salida frontera 230KV
 23:23:29,975 TEO pasa a modo ISO
 23:23:55,566 TEO se apaga por tiempo de SLM
 23:25:55,575 52-G TEO Abierto deslastrando 16 MW
 23:25:55,627 TES 2 pasa a modo ISO
 23:25:54,890 Opera función UNDERFREQ 1 OP del interruptor 160 de CDF-CENIT
 23:25:55,848 160 CDF-CENIT Abierto
 23:25:56,801 Opera función UNDERFREQ 2 OP del interruptor 52-G de TES 1
 23:25:56,833 52-G TES 1 Abierto deslastrando 38 MW
 23:25:56,807 Opera función UNDERFREQ 2 OP del interruptor 52-1 de TES 2
 23:25:56,865 52-1 TES 2 Abierto deslastrando 35 MW
 23:25:56,872 TES 3 pasa a modo ISO
 23:26:00,675 Opera función VOLT PER HERTZ 2 OP del interruptor 52-1 de TES 2
 23:26:00,742 CB-1 TES 3 Abierto deslastrando 22 MW
 23:26:04,046 Cierre frontera 230KV
 23:26:38,827 Salida frontera 230KV
 23:27:03,144 Cierre frontera 230KV
 23:28:01,982 160 CDF-CENIT Cierre
 23:31:14,604 52-G TES 1 Cierre
 23:39:38,407 CB-1 TES 3 Cierre


Modificó: Profesionales CIC Grupo Confiabilidad de Equipo Fecha: 21-Oct-2008	Revisó: Ing. Héctor Mora Coordinador CIC (E) Fecha: 31-Oct-2008	Aprobó: Ing. Edgar Paternina Jefe de Dpto. Mantenimiento PMI (E) Fecha: 31-Oct-2008
--	---	---

Nota: Cualquier documento, físico o magnético, que se encuentre fuera del portal de la Intranet, será considerado como copia no controlada, por lo que su consulta y uso es responsabilidad exclusiva del usuario.

Nota. Unidad de análisis de la falla. Por Bustos, E., y Vergara, A.,

Figura 2

Formato de reporte de falla, costes y evidencias

	SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES APIAY	SOA-F-161	
	FORMATO DE REPORTE DE FALLA	Versión 2	2/5

0:03:08,342 52-G TEO Cierre
0:22:37,357 52-1 TES 2 Cierre

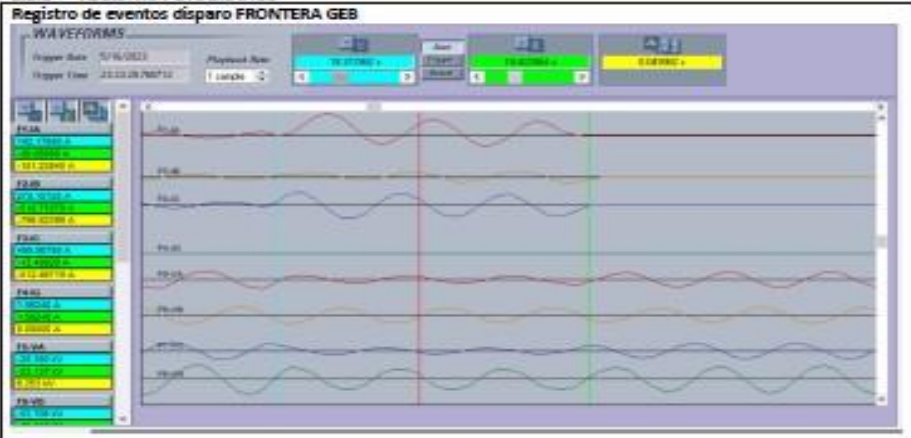
2.2. COSTOS

Costos de no generación de las unidades: TES1 0.9 horas, TES2 0.9 horas y TM 0.6 horas: \$17.089.920 (4.747 USD)

2.3. EVIDENCIAS

2.3.1 REGISTRO FOTOGRÁFICO

Registro de eventos disparo FRONTERA GEB



Registro de eventos disparo Termocou


Modificó: Profesionales CIC Grupo Confiabilidad de Equipo Fecha: 21-Oct-2008	Revisó: Ing. Héctor Mora Coordinador CIC (E) Fecha: 31-Oct-2008	Aprobó: Ing. Edgard Patemina Jefe de Dpto. Mantenimiento PM1 (E) Fecha: 31-Oct-2008
--	---	---

Nota: Cualquier documento, físico o magnético, que se encuentre fuera del portal de la Intranet, será considerado como copia no controlada, por lo que su consulta y uso es responsabilidad exclusiva del usuario.

Nota. Registro de evento. Por Bustos, E., y Vergara, A.,

Figura 3

Formato de reporte de falla, antecedentes a la falla actual

	SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES APIAY	SOA-F-161	
	FORMATO DE REPORTE DE FALLA	Versión 2	3/5

File Name: F:\Computador MINGRAMA\FICHAEvento 2008-05-18\Evento 15 y 16-05-2008-08-2183-17-0-01.txt

Show Number of Events: 7024

8 de 10 - 17:04 - 12/08/08
▶ ||

Event Number	Date/Time	Event	Data
17004	May 16 2008 22:08:11.213000	500V1 01 00 000	
17005	May 16 2008 22:08:03.833000	ACCIDENT EMER ALARMS	
17006	May 16 2008 22:08:03.833000	DISCONNECTOR OFF (C011)	
17007	May 16 2008 22:08:03.833000	21 THE 13 VDC OPD	
17008	May 16 2008 22:08:03.833000	60.4 600VAC 3p (001)	
17009	May 16 2008 22:08:03.833000	WILLIAMS 1 OPER	
17010	May 16 2008 22:08:03.833000	500V2 01 00 000	
17011	May 16 2008 22:08:03.833000	500V3 01 00 000	
17012	May 16 2008 22:08:03.833000	500V4 01 00 000	
17013	May 16 2008 22:08:03.833000	500V5 01 00 000	
17014	May 16 2008 22:08:03.833000	500V6 01 00 000	
17015	May 16 2008 22:08:03.833000	500V7 01 00 000	
17016	May 16 2008 22:08:03.833000	500V8 01 00 000	
17017	May 16 2008 22:08:03.833000	500V9 01 00 000	
17018	May 16 2008 22:08:03.833000	500V10 01 00 000	
17019	May 16 2008 22:08:03.833000	500V11 01 00 000	
17020	May 16 2008 22:08:03.833000	500V12 01 00 000	
17021	May 16 2008 22:08:03.833000	500V13 01 00 000	
17022	May 16 2008 22:08:03.833000	500V14 01 00 000	
17023	May 16 2008 22:08:03.833000	500V15 01 00 000	
17024	May 16 2008 22:08:03.833000	500V16 01 00 000	
17025	May 16 2008 22:08:03.833000	500V17 01 00 000	
17026	May 16 2008 22:08:03.833000	500V18 01 00 000	
17027	May 16 2008 22:08:03.833000	500V19 01 00 000	
17028	May 16 2008 22:08:03.833000	500V20 01 00 000	
17029	May 16 2008 22:08:03.833000	500V21 01 00 000	
17030	May 16 2008 22:08:03.833000	500V22 01 00 000	
17031	May 16 2008 22:08:03.833000	500V23 01 00 000	
17032	May 16 2008 22:08:03.833000	500V24 01 00 000	
17033	May 16 2008 22:08:03.833000	500V25 01 00 000	
17034	May 16 2008 22:08:03.833000	500V26 01 00 000	
17035	May 16 2008 22:08:03.833000	500V27 01 00 000	
17036	May 16 2008 22:08:03.833000	500V28 01 00 000	
17037	May 16 2008 22:08:03.833000	500V29 01 00 000	
17038	May 16 2008 22:08:03.833000	500V30 01 00 000	
17039	May 16 2008 22:08:03.833000	500V31 01 00 000	
17040	May 16 2008 22:08:03.833000	500V32 01 00 000	
17041	May 16 2008 22:08:03.833000	500V33 01 00 000	
17042	May 16 2008 22:08:03.833000	500V34 01 00 000	
17043	May 16 2008 22:08:03.833000	500V35 01 00 000	
17044	May 16 2008 22:08:03.833000	500V36 01 00 000	
17045	May 16 2008 22:08:03.833000	500V37 01 00 000	
17046	May 16 2008 22:08:03.833000	500V38 01 00 000	
17047	May 16 2008 22:08:03.833000	500V39 01 00 000	
17048	May 16 2008 22:08:03.833000	500V40 01 00 000	
17049	May 16 2008 22:08:03.833000	500V41 01 00 000	
17050	May 16 2008 22:08:03.833000	500V42 01 00 000	
17051	May 16 2008 22:08:03.833000	500V43 01 00 000	
17052	May 16 2008 22:08:03.833000	500V44 01 00 000	
17053	May 16 2008 22:08:03.833000	500V45 01 00 000	
17054	May 16 2008 22:08:03.833000	500V46 01 00 000	
17055	May 16 2008 22:08:03.833000	500V47 01 00 000	
17056	May 16 2008 22:08:03.833000	500V48 01 00 000	
17057	May 16 2008 22:08:03.833000	500V49 01 00 000	
17058	May 16 2008 22:08:03.833000	500V50 01 00 000	
17059	May 16 2008 22:08:03.833000	500V51 01 00 000	
17060	May 16 2008 22:08:03.833000	500V52 01 00 000	
17061	May 16 2008 22:08:03.833000	500V53 01 00 000	
17062	May 16 2008 22:08:03.833000	500V54 01 00 000	
17063	May 16 2008 22:08:03.833000	500V55 01 00 000	
17064	May 16 2008 22:08:03.833000	500V56 01 00 000	
17065	May 16 2008 22:08:03.833000	500V57 01 00 000	
17066	May 16 2008 22:08:03.833000	500V58 01 00 000	
17067	May 16 2008 22:08:03.833000	500V59 01 00 000	
17068	May 16 2008 22:08:03.833000	500V60 01 00 000	
17069	May 16 2008 22:08:03.833000	500V61 01 00 000	
17070	May 16 2008 22:08:03.833000	500V62 01 00 000	
17071	May 16 2008 22:08:03.833000	500V63 01 00 000	
17072	May 16 2008 22:08:03.833000	500V64 01 00 000	
17073	May 16 2008 22:08:03.833000	500V65 01 00 000	
17074	May 16 2008 22:08:03.833000	500V66 01 00 000	
17075	May 16 2008 22:08:03.833000	500V67 01 00 000	
17076	May 16 2008 22:08:03.833000	500V68 01 00 000	
17077	May 16 2008 22:08:03.833000	500V69 01 00 000	
17078	May 16 2008 22:08:03.833000	500V70 01 00 000	
17079	May 16 2008 22:08:03.833000	500V71 01 00 000	
17080	May 16 2008 22:08:03.833000	500V72 01 00 000	
17081	May 16 2008 22:08:03.833000	500V73 01 00 000	
17082	May 16 2008 22:08:03.833000	500V74 01 00 000	
17083	May 16 2008 22:08:03.833000	500V75 01 00 000	
17084	May 16 2008 22:08:03.833000	500V76 01 00 000	
17085	May 16 2008 22:08:03.833000	500V77 01 00 000	
17086	May 16 2008 22:08:03.833000	500V78 01 00 000	
17087	May 16 2008 22:08:03.833000	500V79 01 00 000	
17088	May 16 2008 22:08:03.833000	500V80 01 00 000	
17089	May 16 2008 22:08:03.833000	500V81 01 00 000	
17090	May 16 2008 22:08:03.833000	500V82 01 00 000	
17091	May 16 2008 22:08:03.833000	500V83 01 00 000	
17092	May 16 2008 22:08:03.833000	500V84 01 00 000	
17093	May 16 2008 22:08:03.833000	500V85 01 00 000	
17094	May 16 2008 22:08:03.833000	500V86 01 00 000	
17095	May 16 2008 22:08:03.833000	500V87 01 00 000	
17096	May 16 2008 22:08:03.833000	500V88 01 00 000	
17097	May 16 2008 22:08:03.833000	500V89 01 00 000	
17098	May 16 2008 22:08:03.833000	500V90 01 00 000	
17099	May 16 2008 22:08:03.833000	500V91 01 00 000	
17100	May 16 2008 22:08:03.833000	500V92 01 00 000	
17101	May 16 2008 22:08:03.833000	500V93 01 00 000	
17102	May 16 2008 22:08:03.833000	500V94 01 00 000	
17103	May 16 2008 22:08:03.833000	500V95 01 00 000	
17104	May 16 2008 22:08:03.833000	500V96 01 00 000	
17105	May 16 2008 22:08:03.833000	500V97 01 00 000	
17106	May 16 2008 22:08:03.833000	500V98 01 00 000	
17107	May 16 2008 22:08:03.833000	500V99 01 00 000	
17108	May 16 2008 22:08:03.833000	500V100 01 00 000	

LINEA DE TIEMPO

2.3.2 DOCUMENTOS ASOCIADOS A LA FALLA

N/A

2.4. ANTECEDENTES A LA FALLA ACTUAL

Eventos anteriores de block out en la VRO, han sido controlados realizando ajustes al EDAC y a la lógica ISO/DROOP de las turbinas, durante este evento se pudo evidenciar la correcta operación de la lógica del ISO/DROOP, este es un proceso de mejora continua, que debe realizarse para ajustar el sistema a los continuos cambios que se presentan en la operación.

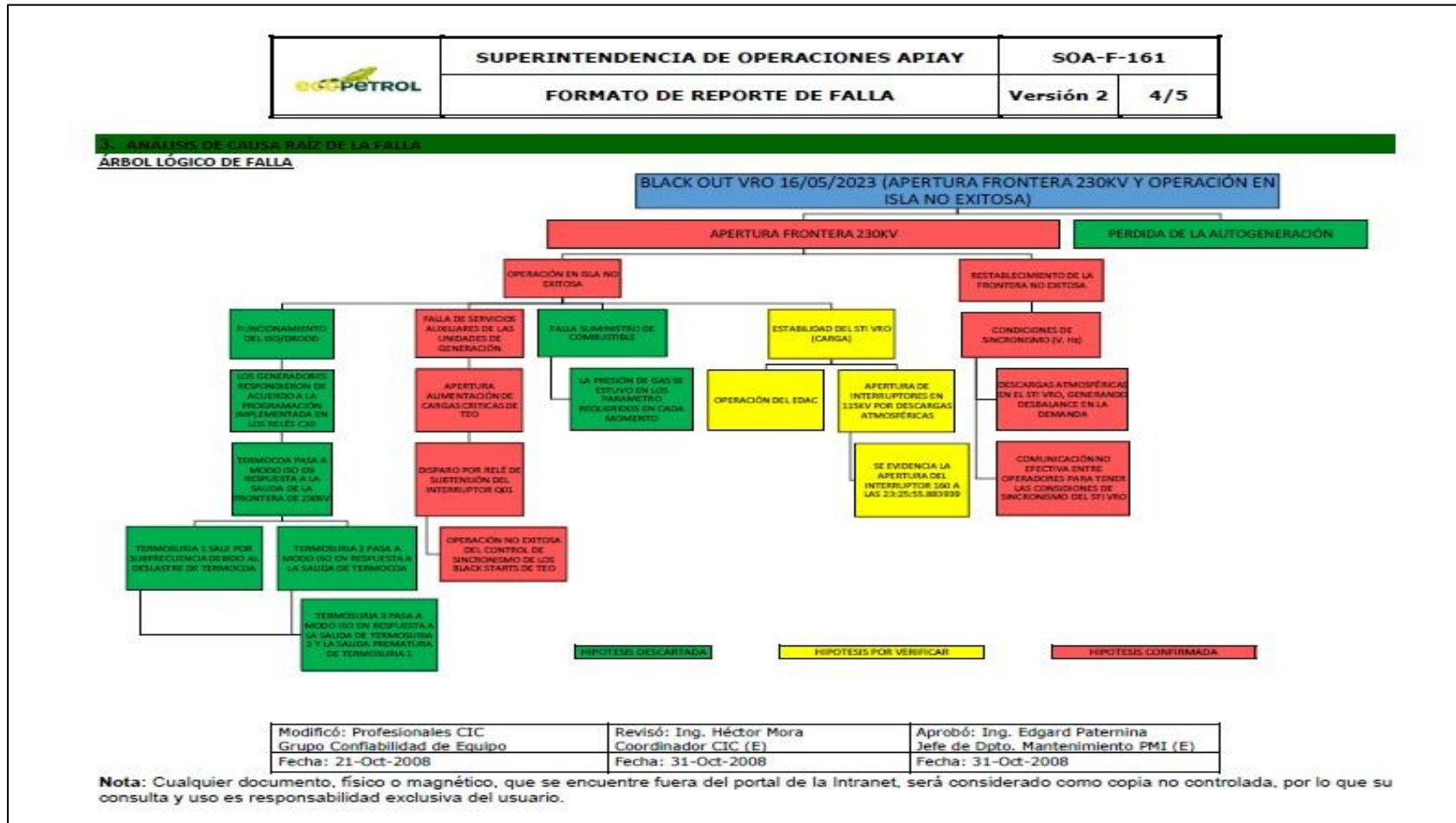
Modificó: Profesionales CIC Grupo Contabilidad de Equipo Fecha: 21-Oct-2008	Revisó: Ing. Héctor Mora Coordinador CIC (E) Fecha: 31-Oct-2008	Aprobó: Ing. Edgard Paternina Jefe de Dpto. Mantenimiento PMI (E) Fecha: 31-Oct-2008
---	---	--

Nota: Cualquier documento, físico o magnético, que se encuentre fuera del portal de la Intranet, será considerado como copia no controlada, por lo que su consulta y uso es responsabilidad exclusiva del usuario.

Nota. Antecedentes. Por Bustos, E., y Vergara, A.,

Figura 4

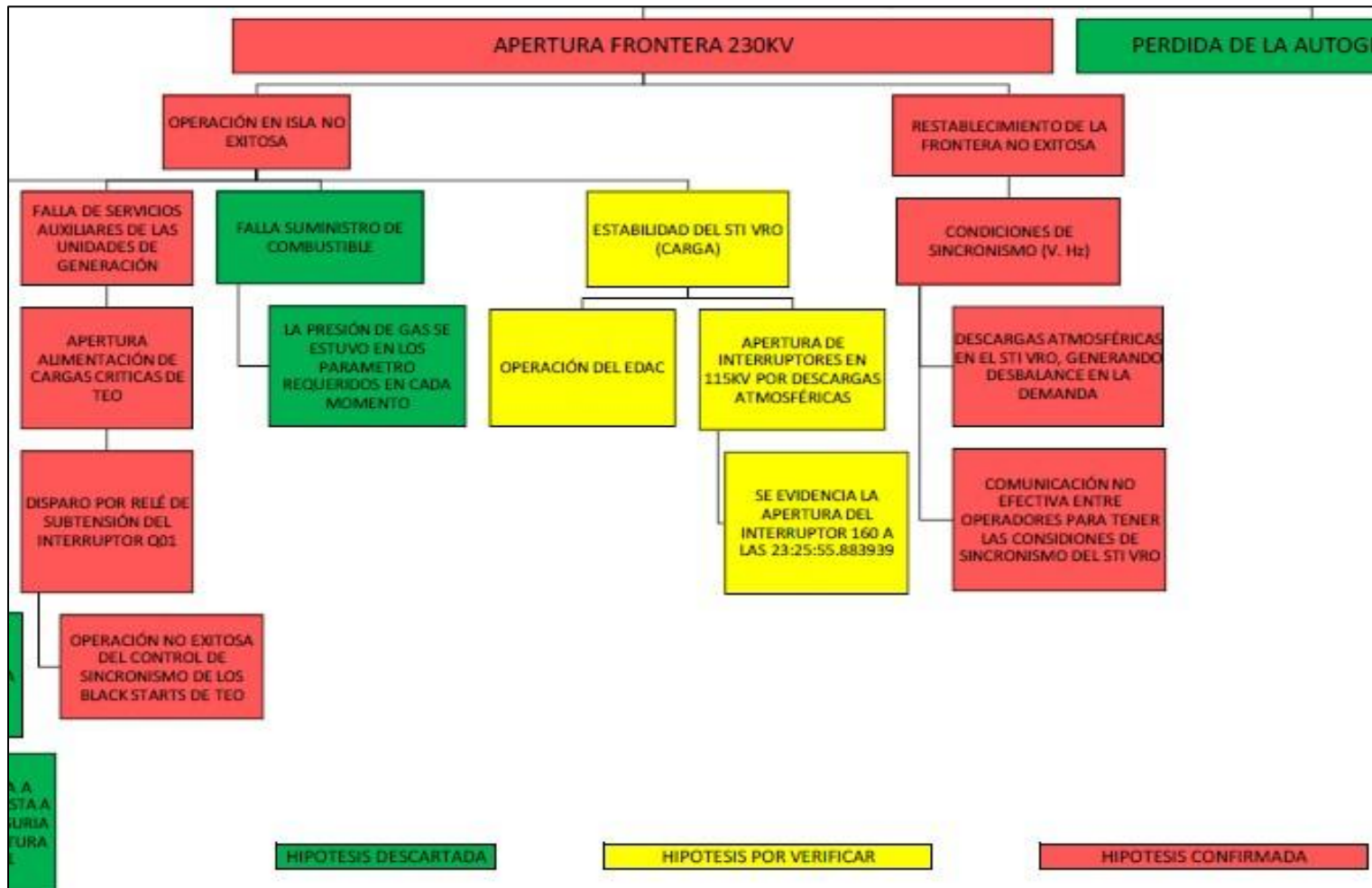
Formato de reporte de Falla, Análisis de causa raíz de la falla



Nota. Árbol lógico de falla Por Bustos, E., y Vergara, A.,

Figura 5


Formato de reporte de falla, hipótesis confirmada



Nota. Árbol lógico de falla. Por Bustos, E., y Vergara, A.,

Figura 6

Formato de reporte de falla, desarrollo de la solución

	SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES APIAY		SOA-F-161	
	FORMATO DE REPORTE DE FALLA		Versión 2	5/5

3.1. ACCIONES DE VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE FALLA

Sistema	Hipótesis de Falla	Acción de Verificación	Responsable	Fecha	Resultado	R	V
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		

4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

4.1. SOLUCIONES A LA CAUSA RAÍZ

Causa Raíz	Soluciones	Peso Acción	Responsable	Fecha	Costo Implementación
Operación no exitosa de los Black Starts de TEO	Ajustar el control de los black starts dejándolos en servicio una vez el interruptor Q01 realice su apertura y sincronice una vez la tensión de la red principal se normalice.	20%	Antonio Valderrama		
Disparo por relé de subtensión del interruptor Q01	Verificar el ajuste y pruebas de los relés de subtensión instalados en el interruptor Q01, de ser necesario se debe generar una nueva coordinación para estos equipos.	5%	Yezid Caicedo		
Operación del EDAC	Verificar que los parámetros del EDAC estén ajustados a los cambios continuos que presenta la operación.	20%	Andrés Osorio		
Apertura de interruptores en 115kV y/o 230kV por descargas atmosféricas	Realizar un estudio del nivel cerámico del Sistema de Transmisión Interno (STI) de la VRO, para identificar los circuitos más vulnerables a aperturas por descargas atmosféricas e instalarle descargadores a lo largo de la misma.	40%	Andrés Osorio		
Comunicación no efectiva entre operadores del CIO y Térmicas para generar condiciones de sincronismo	Para los cierres de interruptores que tenga sincronismo deberán tener una comunicación efectiva.	5%	Andrés Osorio/Antonio Valderrama		

4.2. ACCIONES DE MEJORA

Hallazgo	Acciones	Peso Acción	Responsable	Fecha	Costo Implementación
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

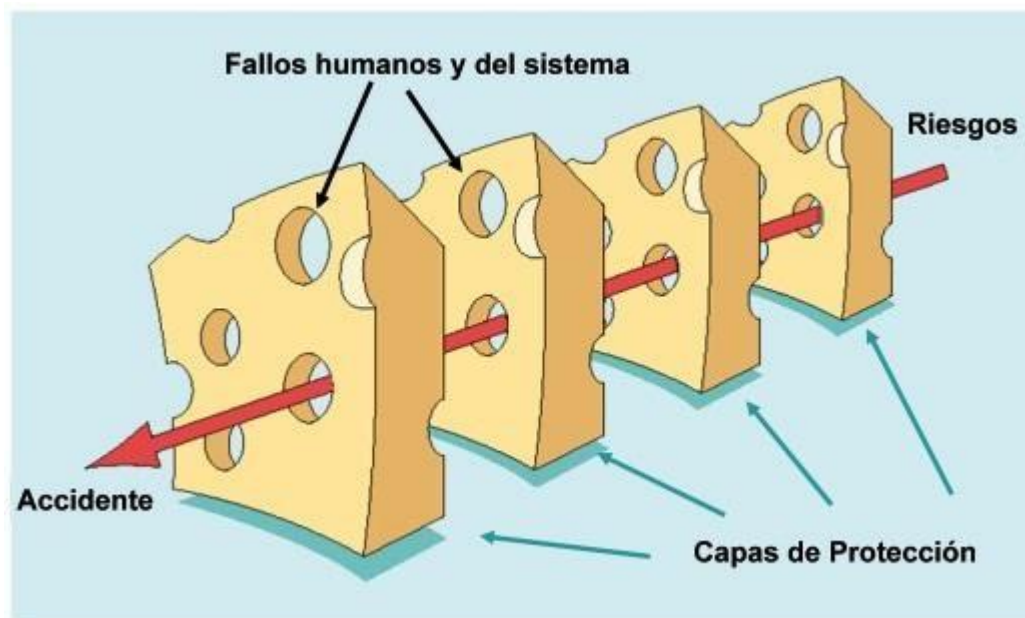
Modificó: Profesionales CIC Grupo Confiabilidad de Equipo Fecha: 21-Oct-2008	Revisó: Ing. Héctor Mora Coordinador CIC (E) Fecha: 31-Oct-2008	Aprobó: Ing. Edgard Patemina Jefe de Dpto. Mantenimiento PMI (E) Fecha: 31-Oct-2008
--	---	---

Nota: Cualquier documento, físico o magnético, que se encuentre fuera del portal de la Intranet, será considerado como copia no controlada, por lo que su consulta y uso es responsabilidad exclusiva del usuario.

Nota. Soluciones a la causa raíz. Por Bustos, E., y Vergara, A.,

Figura 7

Modelo Queso Suizo de Reason, Análisis y barreras de la prevención de fallas del sistema



Nota. Por Sejzer, R., (febrero 2023).

Este tipo de modelo es utilizado en las centrales eléctricas para determinar la causa de un accidente de trabajo y en su mayoría de las investigaciones de los fallos se implementa por los departamentos HSE.

Planteamiento del Problema

Por lo tanto, se hace necesario saber:

¿Cómo puede Mecánicos Asociados implementar un modelo de gestión de fallas efectivo para optimizar la generación de energía eléctrica en Termocoa, considerando los aspectos técnicos, organizacionales, humanos, y garantizando la seguridad, la eficiencia con el cumplimiento de los objetivos contractuales de Ecopetrol?

Tabla 2

Cantidad de fallas y eventos presentados en la termoeléctrica de Ocoa

	CANTIDAD DE EVENTOS	% DE EVENTOS
TEO	77	55,00%
TES	63	45,00%
	140	



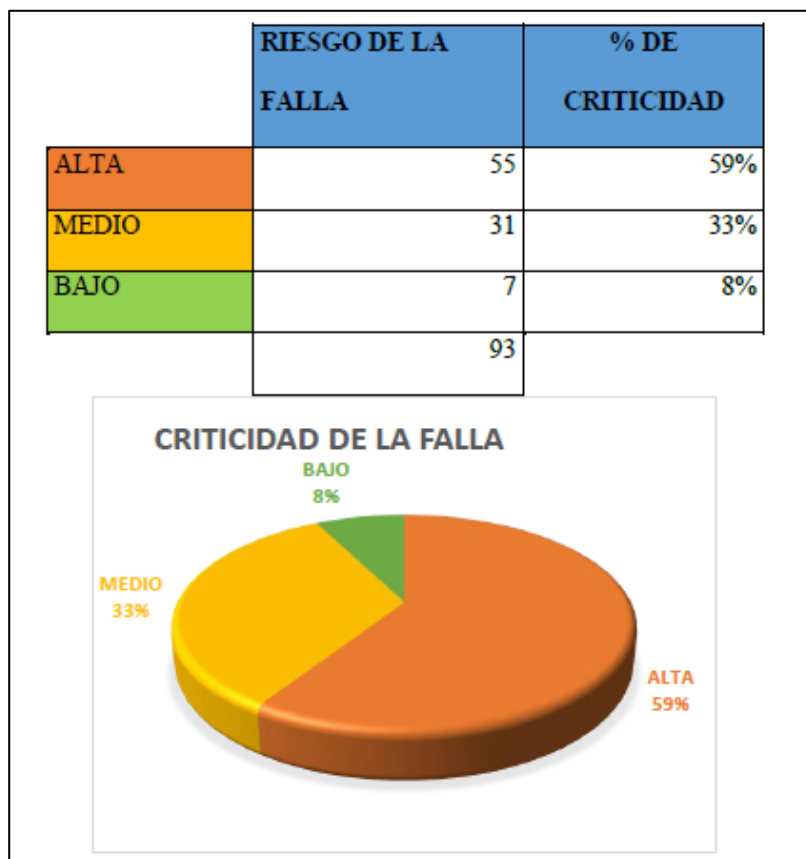
Nota. Reportes de equipos en falla y solicitud de avisos por operaciones Masa Stork - Magnex.

Tomado de la figura 21. Pág. 52

De una población de eventos registrados de 140 se destaca la muestra que supera el 55% de fallas en la termoeléctrica de Ocoa con respecto a otras unidades de generación asociadas al contrato esto lleva a la gestión de falla y trabajar en los hallazgos.

Tabla 3

Análisis de riesgo de la falla según criticidad en la termoeléctrica de Ocoa



Nota. Reportes de equipos en falla y solicitud de avisos por operaciones Masa Stork - Magnex.

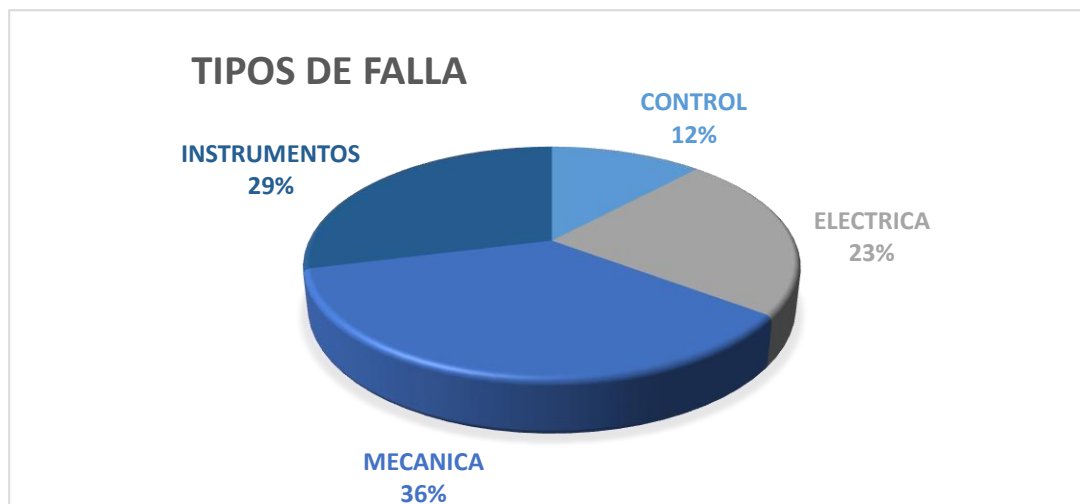
Tomado de la figura 21. Pág. 52

Se realiza filtro de datos según la categoría de riesgo de la falla, la cual en la termoeléctrica de Ocoa hay una existencia de eventos que poseen un alto criticidad sobre equipos reportados que pueden interferir con otros sistemas y afectar la producción.

Tabla 4

Tipos de falla en la termoeléctrica de Ocoa según eventos registrados

	TIPOS DE FALLA	% DE FALLAS
CONTROL	17	11,97%
ELECTRICA	33	23,24%
MECANICA	51	35,92%
INSTRUMENTOS	41	28,87%
	142	100,00%



Nota. Reportes de equipos en falla y solicitud de avisos por operaciones Masa Stork - Magnex.

Tomado de la figura 21. Pág. 52

Se identifican los tipos de fallas que interfiere en cada uno de los eventos que reportan los operadores. E influye en la clasificación según el hallazgo para interferir en la restauración y disponibilidad del equipo con mayor indicador de falla. Para esta muestra se identifican un alza del 36% de tipos de fallas que se identifican en la termoeléctrica.

Tabla 5*Eventos registrados en la termoeléctrica de Ocoa*

Unidad		
Criticidad Generación Requerimiento (Breve)		
ALTA	TEO	Cuarto Quimicos Pta De Tratamiento Agua N
ALTA	TEO	Banco Baterias Equipos control turbogruppo 125vdc
ALTA	TEO	Transf Alta Tension 115/13.8kva 80mva TEO
ALTA	TEO	Planta Diesel de Emergencia AXG8193 TEO
ALTA	TEO	Bomba de osmosis inversa B
ALTA	TEO	SE SOLICITA CORRECCIÓN DE TRAMO DE CABLEADO DEL CONECTADOR DEL CIRCUITO CUCHARON.
ALTA	TEO	SECADOR DE AIRE ELECTRICOS
ALTA	TEO	tanque de neutralizacion pta
ALTA	TEO	VERIFICACIÓN Y CONEXIÓN CAÑUELA DESCONECTADA LA ALIMENTACIÓN CIRCUITO CUCHARON
ALTA	TES	Computador en sala de control PCR (Multilin) se encuentra fuera servicio
ALTA	TES	Falla comunicacion SCADA gas por falla switch 3
ALTA	TES	FALLA EN UPS DE 15KVA Y 7,5 KVA CUARTO SATELITE
ALTA	TES	instalación medidor totalizador de flujo en linea de agua para rega a terceros

ALTACRI		
TICO	TEO	mantenimiento de secador de aire # 3
Alto	TEO	Bomba AP81313A Dosificadora Soda PTAP N
Alto	TEO	Bomba AP81313B Dosificadora Soda PTAP N
Alto	TEO	Bomba AP81314A Dosif.Hipoclorito PTAP N
Alto	TEO	Bomba AP81314B Dosif.Hipoclorito PTAP N
Alto	TEO	Bomba AP81315A Dosif.Coagulante PTAP N
Alto	TEO	Bomba AP81315B Dosif.Coagulante PTAP N
Alto	TEO	Bomba AP81316A Dosif.Floculante PTAP N
Alto	TEO	Bomba AP81316B Dosif.Floculante PTAP N
Alto	TEO	Motor Extractor Turb AEX8145A Enfr TO1 N
Alto	TEO	TEO_Estructura Compartimento Chiller N
Alto	TEO	CAMBIO DE CABLEADO POR BAJO AISLAMIENTO DE LA ometida Ccm Westing H TO1 N

		CAMBIO DE CHECK DE AIRE /AGUA Y COMPRA DE BERIA VENCIA POR GOLPE DE ARIETE DE LA LINEA. mbrana Filtrac AF8154A Ultrafiltr PTAP N
Alto	TEO	
		cambio de termostato heater de aceite del motor diesel de la Bomba sel Sistema Contraincendio Teo
Alto	TEO	
Alto	TEO	CAMBIO DEL Ventilador Axial ATE8151B Chiller TEO N
		CAMBIO TANQUE DE REFRIGERATE DEL GENERADOR DE TEO MERGENCIA (BLACK START) NUEVO TEO
Alto		
		CONTAMINACION DE LA LINEA DE AIRE POR FALLA DE TEO HECK ALIMENTACION SPRINT
Alto		
Alto	TEO	GENERADOR DE EMERGENCIA NUEVO
Alto	TEO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
Alto	TEO	SECADOR DE AIRE COMPRIMIDO
		SISTEMA DE AIRE INSTRUMENTOS TEO, TURBINA EN NERAL
Alto	TEO	
Alto	TES	Compresor A ts2 fuera de servicio

		Control Gavetas ABB, CCM TS2 fuera de servicio. (Ventilador nerador, Ventilador Turbina, Bombas NOx, Disponible.)
Alto	TES	
		Medidor de flujo de entrada de agua de pozo al clarificador se uentra fuera de servicio
Alto	TES	
BAJO	TEO	Bomba AP8156B Condensados Chiller TEO N
BAJO	TEO	CITY GATE
BAJO	TEO	Iluminacion del paquete de turbina turbo grupo
BAJO	TEO	PODA EN AREA DE CITY GATE
BAJO	TEO	Tablero 220vac Contraincendio S
BAJO	TEO	TEO_Estructura Compartimento Chiller N
		Scada control SIEMENS CCM 480VAC TS1: Presenta falla munición, no se tiene estado de interruptores del Arrancador dráulico, se tienen alarmas Falla Protección Tensión 24VCC –Q4 y arma Relé de Subtensión Acometida –G2.
BAJO	TES	
CRITICO	TEO	Valvulas De Diluvio Contraincendio Teo

		CAMBIO DE LA BOBINA DE CIERRE DEL INTERRUPTOR Q3 L GENERADOR DE EMERGENCIA (BLACK START) NUEVO O F/S
CRITICO	TEO	
CRITICO	TEO	CAMBIO DE VALVULA CHECKS DE SISTEMA SPRINT
CRITICO	TEO	Daño en tubería de retrolavado DE ULTRAFILTRACION
		REVISIÓN Y MANTENIMIENTO EQUIPO NOX- ACOUPLE OTOR -REDUCTOR
CRITICO	TEO	
		Se solicita mantenimiento correctivo a computador HMI LOCAL control de la turbina, el cual presenta falla de funcionamiento (no anca el sistema operativo windows)
CRITICO	TEO	
		Se observa deterioró en las botellas de ECARO25 de la unidad 1.
CRITICO	TES	
CRITICO	TES	BAJO NIVEL TRANFORMADOR DE 115KV 80MVAS DE TS1
CRITICO	TES	Fuga de aceite transformador 115 kva ts1
		INSPECCION CORREAS VENTILADORES DE TORRE HILLER TS1
CRITICO	TES	

		REPARACION DEL PUENTE PARA INGRESAR A TOMAR ONTADOR DE AGUA ESTACION SURIA
CRITICO	TES	
CRITICO	TES	Sistema contraincendios de TS3 en falla
		CAMBIO DE VALVULA CHECKS DE SISTEMA TRAFILTRACION A
MEDIA	TEO	
		CAMBIO DE VALVULA CHECKS DE SISTEMA TRAFILTRACION B
MEDIA	TEO	
		Daño en tubería de agua filtrada alimentación de las Osmosis erva y ultrafiltración.
MEDIA	TEO	
MEDIA	TEO	iluminacion oficinas y sala de control
MEDIA	TEO	iluminación laboratorio ccm PTAI
		Limpieza roceria subestacion electrica 115 Kv Linea TEO-CDO y ntera EMSA-OCO A
MEDIA	TEO	
MEDIA	TES	cambio de switches SCADA gas por fallas recurrentes
MEDIO	TEO	Bomba AP81516A Retrolav.Ultrafiltr PTAP
MEDIO	TEO	Bomba Distribucion Agua Residual

MEDIO	TEO	Alumbrado Externo Chiller TEO N
MEDIO	TEO	Bomba AP81516B Retrolav Ultrafiltr PTAP N
MEDIO	TEO	Bomba CDWP-2 AP81530B Chiller TEO
MEDIO	TEO	Bomba de agua fria B presenta falla sello en la bomba
MEDIO	TEO	Bomba de agua Helada A presenta falla fusible
CAMBIO DE RETEDOR SISTEMA DE EMERGENCIA DIESEL		
MEDIO		TEO ONTRA INCENDIO Bomba Diesel Sistema Contra incendio Teo
MEDIO	TEO	Carpa entrada al cuarto de baterías ccm TG
MEDIO	TEO	Corrección fuga de soda (Tanque ATK8157)
MEDIO	TEO	Cubierta interruptores cucharon, westin house, red principal
		Cubierta tablero AGWA, TB 75 kva 220vac, transferencia manual
MEDIO	TEO	b-siemens.
MEDIO	TEO	Daño medidor de flujo sistema Nox
LIMPIEZA ROCERIA SUBESTACION 115Kv Linea Teo -CDO y ontera Emsa -Ocoa		
MEDIO	TEO	

MEDIO	TEO	Manijas de puertas tableros en mal estado y f/s.
MEDIO	TEO	Motor BB Forwarding B Ap81902b ACPM TO1 N
MEDIO	TEO	Presencia de corrosion y desgaste agresivo de hierro
MEDIO	TEO	RODAMIENTOS DEL MOTOR
MEDIO	TEO	sello mecanico bomba agua fria en el CHILLER CWP2
MEDIO	TEO	tanque de agua filtrada
		Cambio de luminarias en cuartos de CCM TS1 , BOPT S2, Cuarto baterias y UPS de TS1, Chiller de TS2 y TS1
MEDIO	TES	
MEDIO	TES	daño en bomba A de filtracion
		Reposición de monitor HMI PTAP Sala de Control (Ver detalles de delo en columnas a la derecha)
MEDIO	TES	
(en blanco)		
	TEO	Motor Elec. Bomba B Enfr. Agua Caldera N
(en blanco)		
	TEO	Tablero De Distribucion 225kva Teo N

(en blanco)	TEO	ejemplo de solicitud
(en blanco)	TES	.TES 3 Se obseva fuga de aceite de turbina por sumideo C
(en blanco)	TES	· Ac -8222 Panel De Analítica Control De Ph Entrada Al arificador, Sensores En Falla O Descalibrados.
(en blanco)	TES	· Ac -8223 Panel De analítica Control De Orp Entrada Tanque ua Filtrada, Sensores En Falla O Descalibrados.
(en blanco)	TES	· Ac-8224 Panel De analítica Control De Ph Or Primer Paso, nsosres En Falla O Descalibrados.
(en blanco)	TES	· Ac-8228 Panel De analítica Control De Ph Línea De agua De mentación Chillers, Sensores En Falla O Descalibrados.
(en blanco)	TES	· Ac-8229 Panel De analítica Control De Ph Or Segundo Paso, nsosres En Falla O Descalibrados.
(en blanco)	TES	· Ait-8224 Panel De analítica Agua De Entrada Y Salida Or mer Paso, Calibrar Sensores.

(en blanco)	TES	<ul style="list-style-type: none"> • Ap 82538 A Bypass Tanque De Agua Para Chiller, Falla De cendido.
(en blanco)	TES	<ul style="list-style-type: none"> • Ap 82540 A Bomba De Alta Presión Or Primer Paso, Falla De cendido.
(en blanco)	TES	<ul style="list-style-type: none"> • Control Mark VI de la unidad TS2 fuera de servicio. Falla la ga de la aplicación.
(en blanco)	TES	<ul style="list-style-type: none"> • En falla inversor de UPS 3 del cuarto satélite.
(en blanco)	TES	<ul style="list-style-type: none"> • Fit 8228 Línea De Salida Tanque De Rechazos Atk 82538 Hacia Estación Suria, Ajustar Alarma Por Bajo Flujo.
(en blanco)	TES	<ul style="list-style-type: none"> • Fit 8290 Línea De Alimentación Water Sland Display Fuera De vicio.
(en blanco)	TES	<ul style="list-style-type: none"> • Fv 8232 Filtro A Arena Tipo Torpedo, Error De Posición Hmi.
(en blanco)	TES	<ul style="list-style-type: none"> • Fv 8245 Filtro A 20/40, Error De Posición Hmi. PTAP

(en blanco)	TES	· Fv 8250 Filtro B 20/40, Error De Posición Hmi. PTAP
(en blanco)	TES	· Fv 8251 Filtro B 20/40, Error De Posición Hmi. PTAP
(en blanco)	TES	· Fv 8259 Tk Intercambio, Error De Posición Hmi. PTAP
(en blanco)	TES	· Fv 8266 Tk Intercambio, Error De Posición Hmi. PTAP
(en blanco)	TES	· Fv 8271 Filtro A 20/40, Error De Posición Hmi. PTAP
(en blanco)	TES	· Lit 8235 Tanque Agua Pretratada Atk 82533 Falla De ualización Hmi.
(en blanco)	TES	· Lit 8236 Tanque Agua Permeada Atk 82535 Falla De ualización Hmi.
(en blanco)	TES	· Lit 8239 Tanque Agua De Rechazos Atk82538 Falla De ualización Hmi.
(en blanco)	TES	· Pendiente de cambio tarjeta control Wood Ward (La original se ñó, se instala tarjeta de segunda, nueva no sirvió,

(en blanco)	<ul style="list-style-type: none"> • Pit 8291 Descarga De Bombas Hacia Tanque Chiller Falla De ualización Hmi Y Display Fuera De Servicio.
	TES
(en blanco)	<ul style="list-style-type: none"> • Pit 8291 Línea De Salida Tanque De Rechazos Atk 82538, Falla Visualización Hmi.
	TES
(en blanco)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores de turbiedad, cloro residual y ph (Analítica) PTA uiere servicio de mantenimiento (Cambio o calibración)
	TES
(en blanco)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores pH y conductividad WI descalibrados, requieren vicio.
	TES
(en blanco)	
	TES
(en blanco)	<ul style="list-style-type: none"> • Sov 8216, Inyección De Sal, Falla De Apertura.
(en blanco)	
	TES
(en blanco)	<ul style="list-style-type: none"> • Tanque De Agua Cruda Atk82529, Falla Suiche De Nivel.
(en blanco)	
	TES
(en blanco)	<ul style="list-style-type: none"> • TS2 Secador de aire industrial presenta alarma.
(en blanco)	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula solenoide drenaje por alta conductividad Chiller TS1 ra de servicio.
	TES

(en blanco)	TES	<ul style="list-style-type: none"> Indicador en campo TT 8608 no despliega información
		<ul style="list-style-type: none"> Scada control SIEMENS CCM 480VAC TS1: Presenta falla municaci3n, no se tiene estado de interruptores del Arrancador dr3ulico, se tienen alarmas Falla Protecci3n Tensi3n 24VCC –Q4 y arma Rel3 de Subtensi3n Acometida –G2.
(en blanco)	TES	
(en blanco)	TES	<ul style="list-style-type: none"> SCI TS1 y TS3 deshabilitados.
(en blanco)	TES	<p>06:00 en ronda operativa se evidencian nuevamente altos niveles de ndensados (10 cm) en filtro coalescente A en city gate</p>
		<p>Actualmente no se cuenta con medidores de energ3a Neta en TS3, a se calcula restando a la Bruta el consumo interno, pero estos didores (de consumo interno) no cuentan con una fuente de mentaci3n regulada, por lo que cada vez que dispara TS3 se pierde a informaci3n y la energ3a Neta se calcula de un aproximado.</p>
(en blanco)	TES	
(en blanco)	TES	<p>Aires acondicionados Sald de control, Cuarto UPS, Cuarto de ter3as, est3n con unidades faltantes. Ducter3a se encuentra rota.</p>
(en blanco)	TES	<p>Falla cargador de Bater3as A, 125DC del BOP</p>

	Los 3 sistemas Chiller no cuentan con Stock de sensores (pH, nductividad, ORP y Fluorómetro) y tampoco se ha realizado cambio estos, que según recomendación manual propietario debe ser ualmente, no se cuenta con Buffers para verificación y calibración de os sensores.	
(en blanco)	TES	
(en blanco)		
	TES	PTAP
(en blanco)		
	TES	Se presenta fuga de aceite en transformador principal TS1.
(en blanco)		Sobre las 21:30 se evidencian altos niveles de condensados (40 cm) filtro coalescente A en Citygate y se drena
	TES	
(en blanco)		Válvula solenoide drenaje por alta conductividad Chiller TS1 fuera servicio.
	TES	
	Unidad Generacion	
Criticidad		Requerimiento (Breve)

Nota. Reportes de equipos en falla y solicitud de avisos por operaciones Masa Stork - Magnex.

Tomado de la figura 21. Pág. 52

Sistema de reporte de eventos, se empleó como estrategia para la recolección de información por parte operaciones para registrar equipos con fallas y hallazgos no resueltos.

Reportando condición de falla, consecuencias y posible impacto del evento.

Justificación

Al poner en práctica la gestión por procesos, la tendencia es que la organización trabaje de forma más integrada, tanto en equipos como en sistemas, siempre alineada con sus objetivos estratégicos. El enfoque está en lograr estos objetivos organizacionales, tales como ganancias en eficiencia, productividad, rentabilidad, reducción de costos y desperdicios y generación de valor para el cliente y otros. (Sydle, 2023)

La política y los procedimientos son esenciales para el buen funcionamiento de una organización. Estos elementos establecen las reglas, proporcionan orientación y simplifican los procesos internos, lo que resulta en un ambiente de trabajo más eficiente y consistente. (Serenty, 2023)

MECANICOS ASOCIADOS SAS, no cuenta con una estrategia de actualización de procedimientos en el área de operaciones y presenta ausencia de capacitaciones al personal. Por lo tanto, se evidencia que no está ejecutando medidas operativas que permitan la identificación y reducción de fallas humanas en el proceso de generación de energía eléctrica, lo cual surge el argumento para elaborar medidas de intervención y control que cause liquidar los procesos con un índice de falla alto dentro de la compañía en la subestación de Termocoa. Minimizando los factores de riesgos y mejorando los indicadores de producción con el cliente.

La empresa cumple con los requisitos mínimos para un sistema de gestión de calidad (SGC), utilizando la norma de la organización internacional de normalización (ISO) 9000 de procesos y procedimientos. Donde están codificados, verificados y aprobados por el cliente, gerente de la compañía y colaboradores del proyecto.

Como método de evaluación general de riesgos, Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE). Se tomará como registro de fallas de los procesos para diagnosticar sistemas realmente

graves que influyen cuando se para la producción y afecta al sistema de transporte de energía eléctrica.

La implementación de esta vía o elemento contribuye a la mejora continua de la empresa, ya que brinda un bienestar de trabajo y se es competitivo, seguro para prevenir daños del activo, al medio ambiente, a los trabajadores, y a la economía de la empresa.

Todas las termoeléctricas del país tienen interacción con seres humanos, esto implica la finalmente cumplir con los objetivos del proyecto donde su condición es generación de energía eléctrica. Si aplican el sistema análisis modal de fallos y efectos potenciales del trabajo de gestión de fallas humanas en la planta termoeléctrica de Ocoa: Estrategias para mejorar la eficiencia y la seguridad operativa pueden identificar situaciones que afectan a corto, mediano y largo plazo en diversos tipos de eventos donde se pueda mitigar el impacto social, económico, ambiental y de activos del cliente.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar e implementar un modelo de gestión de fallas efectivo para optimizar la generación de energía eléctrica en la planta de Termocoa de Mecánicos Asociados, considerando los aspectos técnicos, organizacionales y humanos, y garantizando la seguridad, la eficiencia y el cumplimiento de los objetivos contractuales con Ecopetrol.

Objetivos Específicos

Identificar y clasificar los aspectos técnicos más comunes que se presentan en los procesos de generación de energía eléctrica en Termocoa, detallando las características principales para la producción de energía, como aplicabilidad de normas estatales, objetivos y cumplimientos de la compañía con los colaboradores según el contrato, agentes omisos a la estructuración del sistema. Dentro de un periodo semestral de realización de la tesis.

Determinar qué factores humanos contribuyen a la ocurrencia de fallas en Termocoa, a través de investigación de patio y entrevistas a trabajadores. Dentro de un periodo semestral de realización de la tesis.

Analizar estrategias de gestión de fallas exitosas implementadas en otras empresas del sector eléctrico que se puedan implementar en la generación de energía eléctrica en Termocoa y así contribuir a la mejora de continua dentro de un periodo semestral de la realización de la tesis.

Diseñar un modelo de gestión de fallas adaptado a las necesidades y características de Termocoa, teniendo en cuenta a qué condiciones debe adaptarse para seguir produciendo en la zona en handover. Dentro de un periodo semestral de la realización de la tesis.

Ubicación

Figura 8

Planta Termoeléctrica de Ocoa coordenadas 4°04'42.3"N 73°41'14.4"W



Nota. Ubicación de la planta termoeléctrica. Tomado de Google Maps

La termoeléctrica de Ocoa se encuentra ubicada en el kilómetro 7 vía acacias, en el municipio de Villavicencio, Meta. Se fundó en el año 1993 en respuesta a la crisis energética que enfrentaba Colombia en el año 1992, funcionando inicialmente con ACPM como suministro de energía. Sin embargo, en junio de 1995 se cuenta con la infraestructura del gaseoducto desde Cusiana pasando por Ecopetrol Apiay aprovisionando a la unidad de gas natural para la generación de energía a partir del 23 de julio de 1995 y al momento de restablecerse de manera normal el suministro de energía en el país, esta quedó como fuente de respaldo hasta el año 1997 que paró su actividad completamente. (Méndez, R., 2017.)

En el año 2005 Ecopetrol realizó un estudio de expansión con el cual lograron determinar para el desarrollo de este nuevo proyecto, demandaría un mayor suministro de energía eléctrica, dando como resultado la adquisición de la termoeléctrica de Ocoa en el año 2009, la cual

generaba 8 MW en su etapa inicial, con los que abastecía a los campos petrolíferos ubicados en chichimene, castilla y Villavicencio (Méndez, R., 2017.)

En el año 2012 Ecopetrol instaló el sistema de electrodesionización debido a que había una nueva tecnología de inyección de agua atomizada a turbinas que presentaba unos requisitos para el agua de inyección con el fin de no dañar internamente la turbina; este cambio de tecnologías se dio debido a que hubo un aumento en la demanda de agua inyectada a la turbina para generar más potencia eléctrica aportada al sistema eléctrico de Ecopetrol, suministrada a los campos chichimene, castilla y Suria que trabajan con bombas eléctricas con el fin de extraer crudo; de esta manera la termoeléctrica de Ocoa cuenta actualmente con una capacidad de generación de 40 MW. (Méndez, R., 2017.)

Teniendo en cuenta los avances tecnológicos que ha sufrido la empresa y la constante evolución de las tecnologías para los sistemas de tratamiento de agua a nivel mundial que se están gestando actualmente, se considera necesaria la optimización de la planta de tratamiento de la termoeléctrica de Ocoa para así ampliar su capacidad de generación energía eléctrica y de la misma manera reducir su dependencia de la empresa EMSA S.A. ESP, quien le suministra un porcentaje de energía, y aumentar la producción de la empresa Ecopetrol. (Méndez, R., 2017.)

En el año 2025 se encuentra una instalación repotenciada donde actualizaron los sistemas de producción de agua filtrada, agua desmineralizada, con una PTAI de bajo costo de producción y materiales de comercio común. Así como también optimización del esfuerzo máquina reduciendo la temperatura con instalación de refrigeración a la entrada de aire en la turbina de potencia esto habilitó el factor de sostener la producción, reducción del desgaste abrasivo de las piezas metálicas y la disminución de mantenimientos de las turbinas. (Vergara, A., 2025.)

Fundamento Teórico

Antecedentes

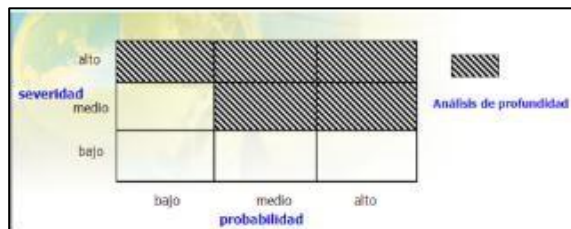
De acuerdo con la indagación de la “gestión de fallas humanas” relacionada con la idea de la idea proyectada para las instalaciones de una termoeléctrica, de determino que:

“Actualmente, en las empresas coexisten diversas interpretaciones sobre el accidente de trabajo. Desde el punto de vista histórico, parten de una concepción idealista: todo se debe a fuerzas sobrenaturales, al animismo o a la mala suerte. También, hay teorías encáusales donde el factor humano es el responsable de todo cuanto acontece, hasta llegar a los distintos intentos de explicación científica que comienzan con las explicaciones multicausales de los eventos, aunque sin una clara interrelación entre ellos, y culminan con los modelos sistémicos, que ayudan a comprender la interrelación entre las diferentes causas y la manera como se influyen y determinan entre sí”. (Betancur, F., y Canney, P., 2013, p.1)

“Por eso, es mucho más beneficioso para el sistema investigar y analizar los incidentes de trabajo, porque permite tomar acciones correctivas y preventivas antes de que ocurra una lesión. Para ello la empresa debe definir, según sea la frecuencia de su ocurrencia, los tipos de eventos que se deberán analizar de manera profunda”. (Betancur, F., y Canney, P., 2013, p.2)

Figura 9

Investigación y análisis de accidentes e incidentes de trabajo



Nota. Análisis de profundidad por Betancur, F., y Canney, P., (ARL sura) 2013

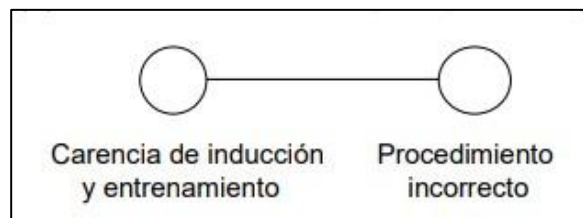
“Los datos que se recogen de la investigación de accidentes e incidentes se analizan periódicamente para definir tendencias y tomar decisiones oportunas de prevención enfocadas en lo importante”. (Betancur, F., y Canney, P., 2013, p.2)

Construcción del árbol causal

“El árbol de causas se ha constituido en un método eficaz para investigar y analizar los accidentes de trabajo. Es un procedimiento que permite remontarse hasta el origen de la cadena de disfunciones que terminó en lesiones personales o daños materiales. Cuando se simboliza la red de posibles eventos que terminaron en el acontecimiento no deseado, el diagrama adquiere la configuración de un árbol que se va agrandando en la medida en que se profundiza en las causas básicas”. (Betancur, F., y Canney, P., 2013, p.33)

Secuencia

Un antecedente (Y) tiene una causa directa única (X). Por lo tanto (X) es necesario y suficiente para que ocurra (Y). Cómo se puede ver figura 3

Figura 10*Construcción del árbol causal*

Nota. Betancur, F., y Canney, P., ARL sura (2013) p.33

“El árbol causal comienza a construirse mediante un razonamiento hacia atrás a partir de un evento o lesión. Este tipo de conexión lógica entre los antecedentes” (Betancur, F., y Canney, P., 2013, p.33)

Se percibe con investigación después de ocurrido un evento dando respuesta a un incidente o accidente dentro de lugar de trabajo. Pero las condiciones dignas de una operación y la confiabilidad de los procesos, esto no quiere decir que desaparezcan los peligros si no que se pueden mitigar. Elaborando un análisis de riesgo de todas las variables a intervenir para la función del proyecto y no solo en la intervención de la actividad del día.

Figura 11*Bienestar Invitación Charla Rh y Hsseq*

Nota. Representación del equipo RH y HSEEQ de Magnex para el bienestar laboral. Tomada del correo de la compañía

La compañía Masa Stork SAS – Magnex Group reporta que dentro de sus actividades con sus colaboradores incentivamos el bienestar porque es fundamental para nuestro éxito colectivo. Por ello, hemos desarrollado un método a través de entrevistas por medio de Microsoft 395, Teams y reuniones preoperacionales donde es un espacio seguro y confidencial que encontraran recursos y actividades para promover un ambiente de trabajo saludable y respetuoso. La violencia en el trabajo no siempre se manifiesta de forma evidente. A menudo, adopta formas sutiles que pueden pasar desapercibidas, pero que igualmente dañan nuestro bienestar y el clima laboral. “equipo del departamento de Bienestar MASA STORK – MAGNEX GROUP., 2025.”

Figura 12

Ejecución de charla de bienestar Rh & Hsseq

Charla: "Violencia sutil... que en realidad, no es tan sutil"

Fecha: 6 de marzo Mié: 2:00 pm a 3:00 pm

1. Nombre completo
YESÓN JAVIER HENAO ARIAS

2. Cédula / DNI
1121940315

3. Correo electrónico
YESON.HENAO@MAGNEXGROUP.COM

4. Género

Hombre
 Mujer
 No Binario

5. Seleccione el contrato al que pertenece

Administración Bogotá Nueva
 Minería (Drummond y Cemajón)
 Refinería / Tabacalca Cartagena / Tabacalca Barrancabermeja
 Oil & Gas: Energía (VRC, Nabil, Cusiana, Cupagua, Floreña, ENE)
 Transporte y Generación (CENIT Líneas, Cent Educativos, Oronsá, Hotel, Termoválvulas, Térmicas, Frontera, ODE, OBE)
 Magnex Perú

6. Aceptas la recolección y uso de tus datos personales para que sean tratados conforme a la política de Uso de Datos Personales de Mecánicas Asociados SAS - MAGNEK.

Sí
 No

Enviar

No se ha enviado su comentario. [Puedes cancelar.](#)

Microsoft 365

Este contenido es propiedad del propietario del formulario. Los datos que se envían se envían al propietario del formulario. Microsoft no es responsable de las prácticas de privacidad o seguridad de sus clientes, incluidas las que están en el propietario de este formulario. Para saber lo contrario, consulte [Microsoft Forms](#) (Encuestas, cuestionarios y sondajes con tecnología de inteligencia artificial. [¿Qué es esto? Formulario](#))
El propietario de este formulario no ha proporcionado una declaración de privacidad sobre cómo utilizamos los datos de sus respuestas. Por proporcionar información personal o confidencial, | [Ver más de este formulario](#)

Nota. Formulario de la charla de bienestar. Tomada del servidor Microsoft 365

La participación durante la charla de “violencia sutil... que; en realidad, no es tan sutil”. Se evidencian situaciones que la empresa quiere que el trabajador capte y tenga en cuenta a la hora de trabajar en equipo para identificar algún efecto y ser reportado a tiempo para evitar daños y perjuicios a corto, mediano o largo plazo. Siempre velando por la seguridad del colaborador.

Figura 13

Actualización de las Políticas Gerencia de calidad / Hsseq /Colombia y Perú



Apreciado equipo,

Coherente con nuestra nueva identidad corporativa “Soy Magnex!” y los elementos de alto nivel que integra; propósito, ambición y valores, nos complace informarles que hemos revisado y actualizado la totalidad de políticas corporativas de ORION, nuestro Sistema de Gestión Operacional (SIGO), adaptándolas a nuestro contexto de negocio actual y asegurando que estén enfocadas, única y exclusivamente, en las expectativas, comportamientos y compromisos que debemos abordar para operar en coherencia con estos elementos.

En línea con lo anterior, nuestras nuevas políticas corporativas para Magnex Colombia y los enlaces para consultarlas en ORION LIVE son:

TOKEN ID DOCUMENTAL & TÍTULO DE LA POLÍTICA	ENLACE DE CONSULTA
COL-0001	DECLARACION DE LA POLITICA OPERACIONAL Consultar
COL-0002	DECLARACION DE LA POLITICA DE SOSTENIBILIDAD Consultar
COL-0003	DECLARACION DE LA POLITICA DE AMBIENTES DE TRABAJO RESPETUOSOS, DIVERSOS, EQUITATIVOS, INCLUSIVOS Y LIBRES DE ACOSO LABORAL Y SEXUAL Consultar
COL-0004	DECLARACION DE LA POLITICA DE DESCONEXION LABORAL Consultar
COL-0005	DECLARACION DE LA POLITICA DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE Consultar
COL-0006	DECLARACION DE LA POLITICA DE VIAJES DE NEGOCIO Y SEGURIDAD VIAL Consultar
COL-0007	DECLARACION DE LA POLITICA PARA LA PREVENCION DEL CONSUMO DE SUSTANCIAS ALCOHOLICAS, PSICOACTIVAS Y DERIVADAS DEL TABACO EN EL TRABAJO Consultar
COL-0008	DECLARACION DE LA POLITICA DE CALIDAD Y MEJORAMIENTO CONTINUO Consultar
COL-0009	DECLARACION DE LA POLITICA PARA LA SEGURIDAD EN LA CADENA DE ABASTECIMIENTO, PREVENCION DEL LAVADO DE ACTIVOS Y LA FINANCIACION DEL TERRORISMO Consultar

La fecha de vigencia de estas políticas es 26 de febrero 2025 y aplican únicamente para las áreas funcionales y operativas de las entidades legales Magnex Latam S.L. Sucursal Colombia (NIT 900.619.863-2) y Mecánicos Asociados S.A.S. (NIT 891.102.723-2). Para cada una de las demás entidades legales, incluidas consorcios, se han definido políticas específicas.

Los invitamos a consultar y a operar en el marco de estas políticas y así continuar forjando juntos nuestro legado de GRANDEZA con Seguridad siempre, Integridad sin concesiones, Desarrollo sostenible, Innovación que dinamiza y Foco en el negocio del cliente.

GERENCIA DE CALIDAD | HSSEQ | COLOMBIA Y PERÚ



Nota. Nuevas políticas corporativas para Magnex colombia. Tomado de la plataforma Orión sistema de gestión operacional.

Gerencia de calidad Magnex Latam promociona este año 2025 el reporte actualizado de sus políticas corporativas con el proceso que ha tenido la compañía a evolución de la marca en el mercado buscando nuevos proyectos y la adaptación a los negocios existentes.

Figura 14

Modelo permiso de trabajo formato físico

ecopETROL		PERMISO DE TRABAJO		N° 146618	
GHS-F-128		VERSIÓN 03		ESTADO: 31/07/2016	
En caso de cualquier duda, consulte al Manual de Control de Trabajo GHS-F-364		Versión 1		VERSIÓN 03	
A. PERMISO EN FRIJO <input checked="" type="checkbox"/> PERMISO EN CALIENTE <input type="checkbox"/> PERMISO ELÉCTRICO <input type="checkbox"/>		FECHA DE DILIGENCIAMIENTO: 25/07/2016 VALORACIÓN DE RIESGOS: Dpto.			
REFERENCIA O EMPRESA EJECUTOR: Hecomas ESPECIALIDAD (EJ): EPM (M/M) PLANTA O LUGAR: Mantenimiento mecánico a sistema de regulación de la estación de gas Cologate		ACTIVIDAD FRECUENTE, REPETITIVA Y/O CON DISPERSIÓN GEOGRÁFICA: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> DIENES (EJ): DE (M/T) / (M/T) / (M/T): N/A TIPO DE SISTEMA (EJ): DEL TRABAJO: Sistema regulador catalítico			
B. PLANEACIÓN Y PREPARACIÓN PARA EL TRABAJO (Marque con el N° Consecutivo o con "X" cuando aplique)					
<input checked="" type="checkbox"/> ANÁLISIS DE RIESGOS <input type="checkbox"/> CERT. ESPACIO CONFINADO <input type="checkbox"/> CERT. AISLAMIENTO SAS <input type="checkbox"/> CERT. TRABAJO CON TENSIÓN EN REDES ELÉCTRICAS AERIAS DE MT (LÍNEA VIVA)		<input type="checkbox"/> VALORACIÓN DE RIESGOS <input type="checkbox"/> CERT. TRABAJO EN ALTA <input type="checkbox"/> CERT. RADIOGRAFÍAS INDUSTRIALES <input type="checkbox"/> PERMISOS (TRABAJOS SIMULTÁNEOS / SIMPOS) <input type="checkbox"/> PLAN DE LEJES DE CARGA <input type="checkbox"/> INTERFERENCIAS CON OTROS TRABAJOS O AFECTACIÓN A OTRAS ÁREAS <input type="checkbox"/> SI REQUIERE VERIFICAR CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y DIRECCIÓN DEL VIENTO <input type="checkbox"/> HORA DE SEGURIDAD (HSD) <input type="checkbox"/> DOC. CONTROL DE CAMBIOS DE PLANTA <input type="checkbox"/> AUTORIZACIÓN CORRIE DE VÍA <input checked="" type="checkbox"/> AUTORIZACIÓN USO AGUA DE CONTRAINCENDIO <input type="checkbox"/> PRUEBA DE GASES			
C. REQUISITOS ADICIONALES PARA ACTIVIDADES EN CALIENTE (Marque con el N° Consecutivo o con "X" cuando aplique)					
<input type="checkbox"/> SE INSTALARON BARRERAS PARA BARRERAS ESCORIAS O CHISPAS <input type="checkbox"/> SE CUBRIERON ADECUADAMENTE TODAS LAS ALICATILLAS <input type="checkbox"/> SE INSTALÓ PUESTA A TIERRA AL EQUIPO QUE GENERA ELECTRICIDAD ESTÁTICA <input type="checkbox"/> OTROS:		<input type="checkbox"/> EL EQUIPO DE OROSCOPIO TIENE VALORES CORRECTOS Y SOBRE ATARÁN LÍNEAS <input type="checkbox"/> SE RETIRARON LOS MATERIALES Y QUÍMICOS COMBUSTIBLES DEL ÁREA <input checked="" type="checkbox"/> N.A.			
D. REQUISITOS ADICIONALES PARA ACTIVIDADES ELÉCTRICAS (Marque con el N° Consecutivo o con "X" cuando aplique)					
EL NIVEL DE TENSIÓN DE OPERACIÓN NORMAL DEL EQUIPO O SISTEMA A INTERVENIR ES:					
TENSIÓN DC >= 120 VAC: <input type="checkbox"/> TENSIÓN: VAC TENSIÓN DC < 120 VAC: <input type="checkbox"/> TENSIÓN: VAC		BAJA TENSIÓN (BT = 23 (110V)) BAJA TENSIÓN (BT = 100 (240V)) MEDIA TENSIÓN (MT = 37.5 (940V)) ALTA TENSIÓN (AT = 69 (1740V))		TENSIÓN: VAC TENSIÓN: VAC TENSIÓN: VAC TENSIÓN: VAC	
COMO REPRESENTANTE DEL ÁREA ELÉCTRICA: HE VERIFICADO CON EL EMISOR Y EL EJECUTOR QUE TODOS LOS REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE ESTE TRABAJO HAN SIDO CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS DE RIESGOS Y EL RESPECTIVO PROCEDIMIENTO INSTRUCTIVO DE TRABAJO.					
FECHA EMISOR (EJECUTOR): FECHA HASTA (EJECUTOR):		NOMBRE: FIRMA Y REGISTRO O.C.C.		FECHA EJECUTOR (EJECUTOR): NOMBRE: FIRMA Y REGISTRO O.C.C.	
E. PRUEBA DE GASES					
FECHA PRUEBA (EJECUTOR): HORA PRUEBA (EJECUTOR): TIEMPO DE VALIDEZ: LEL, %: UEL, %: CO, ppm: H2S, ppm: OTRO: FECHA CALIBRACIÓN VIGENTE DEL EQUIPO DETECTOR: FIRMA DE LA PERSONA QUE REALIZA LA PRUEBA: REGISTRO O.C.C.		N.A.			
F. AUTORIZACIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA O RESPONSABLE DE ÁREA (AUTORIZO LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO)					
NOMBRE: CARGO: FIRMA: REGISTRO O.C.C.		FECHA:			
G. FIRMAS EMISIÓN Y REVALIDACIONES					
EMISOR: HE VERIFICADO CON EL EJECUTOR LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS EXCEPTO LOS TRABAJOS CON CERT. TRABAJOS CON TENSIÓN, LÍNEA VIVA Y LOS OTROS CONTROLES PARA MINIMIZAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A ESTE TRABAJO Y CONSIDERO SEGURO PROCEDER CON LA EJECUCIÓN DEL PERMISO.		EJECUTOR: HE VERIFICADO CON EL EMISOR LA APLICACIÓN DE LOS VALORES EXCEPTO LOS TRABAJOS CON CERT. TRABAJOS CON TENSIÓN, LÍNEA VIVA Y LOS OTROS CONTROLES PARA MINIMIZAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A ESTE TRABAJO Y HE COMPROBADO A COMUNICARLOS AL GRUPO EJECUTOR, CONSIDERO SEGURO PROCEDER CON LA EJECUCIÓN DE ESTE TRABAJO.			
FECHA EMISOR (EJECUTOR): FIRMA Y REGISTRO O.C.C.		FECHA EJECUTOR (EJECUTOR): FIRMA Y REGISTRO O.C.C.		N° PERSONAS EJECUTORAS: 4	
H. CIERRE (Controle el "NO" o "NA" en cada ítem)					
<input type="checkbox"/> EL TRABAJO HA SIDO TERMINADO <input type="checkbox"/> EL SITIO Y EL EQUIPO QUEDAN EN CONDICIONES SEGURAS <input type="checkbox"/> ENTREGO EL ÁREA LIMPIA Y LIBRE DE DESECHOS Y MATERIALES NOMBRE, FIRMA Y REGISTRO O.C.C. EMISOR:					
EMISOR: HE VERIFICADO QUE: <input type="checkbox"/> PARA TRABAJO EN CALIENTE HE VERIFICADO QUE NO HAY RIESGOS DE INCENDIO EN EL ÁREA INTERVENIDA <input type="checkbox"/> EL ÁREA QUEDA LIMPIA Y LIBRE DE DESECHOS Y MATERIALES <input type="checkbox"/> SE HAN REALIZADO Y ACEPTADO TODAS LAS PRUEBAS DE RIESGO <input type="checkbox"/> EL PERMISO DE TRABAJO HA SIDO SUSPENDIDO DEFINITIVAMENTE <input type="checkbox"/> HE NOTIFICADO LA TERMINACIÓN DE ESTE TRABAJO AL REPRESENTANTE DEL ÁREA ELÉCTRICA. NOMBRE: Radio/Telefono: NOMBRE, FIRMA Y REGISTRO O.C.C. EMISOR: FECHA:					
OBSERVACIONES:					

Nota. Permiso de trabajo formato GHS-F-128. Tomado de gestión HSE de Ecopetrol

Las empresas contratistas de Ecopetrol tienen la responsabilidad de ejecutar sus actividades comenzando con una evaluación y caracterización de la actividad a realizar para ello se organizaba en papel con una copia para poder atender estas actividades donde se tenía en cuenta los anexos que se debe tener para poder ejecutar la actividad de manera segura, exitosa, y sin ningún afecto para la compañía, por medio de los operadores se le daba firma de autorización para abrir el inicio de la actividad. En el inciso A Generalidades Dentro de los valores que se

tienen en cuenta es el tipo de permiso de trabajo en FRIO, CALIENTE o ELECTRICO. El riesgo de la actividad, los datos de la empresa ejecutante, descripción de la actividad, Inciso B. Planeación y preparación para el trabajo; como procedimiento de trabajo, certificados para la actividad, análisis de riesgos, entre otros. Inciso C. Requisitos adicionales para actividades en caliente. Inciso D. Requisitos adicionales para actividades eléctricas; el nivel de tensión se operación normal. Inciso E. Prueba de gases; Medidor con equipo certificado y anotación de parámetros. Inciso F. Autorización del área geográfica o responsable del área. Inciso G. Firmas Emisión y revalidación. Inciso H. Cierre. Este tipo de actividad para solicitar un trabajo se implementó un efecto de mejora ocasionando reducción de tiempo en la ejecución de la orden de trabajo, Minimizando costos de producción y mejorando los indicadores pactados con el cliente.

Figura 15

Formato de Programación de la Planta Termocoa Masa Stork-Magnex

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet titled 'Excel 20100311 a 20210428 Programación T's'. The spreadsheet is a complex grid with many columns and rows. The top part of the grid has several columns with headers, and the rows below contain detailed data. Some cells are highlighted in red, green, and blue, indicating different categories or statuses. The spreadsheet is displayed within a window titled 'Outlook'.

Nota. Planeación para la semana 14 dentro de las instalaciones de Termocoa. Tomado de matriz de planeación

En la **Figura 15** resaltamos el seguimiento al departamento de planeación con una de sus publicaciones de programación de la semana, donde se ve reflejado las actividades diarias a ejecutar por parte de los colaboradores de patio como lo es tecnico mecánico, tecnico electricista,

tecnico de instrumentación, operaciones y contratistas. Esto tiene un valor en porcentaje de los indicadores de cumplimiento con el cliente.

Figura 16

Programación de planta Termocoa Masa Stork-Magnex

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'Programación de planta Termocoa Masa Stork-Magnex'. The spreadsheet is organized into several sections:

- Header:** ECOPEPETROL ENERGÍA PARA EL FUTURO logo and company name.
- Organizational Info:** Cédigo: SGA-F-065, Elaborado: 11/04/2021.
- Regional Info:** VICEPRESIDENCIA REGIONAL, Gerencia: SGA, Gerencia Apoy: RR. AFAR.
- Weekly Schedule:** SEM 14, 31 marzo 2025. Emisor del Programa: Programador Instrumental, Lider / Jefe de area.
- Activity Table:** A table with columns: Actividad, Descripción, Equipo, Ubicación, Fecha de inicio, Fecha de fin, Estado, and other details. A red box highlights a specific activity, and a black oval highlights a row of equipment data.

Nota. Planeación para la semana 14 dentro de las instalaciones de Termocoa. Tomado de matriz de planeación

El enfoque de la construcción de este formato es resultado de los reportes y creaciones de avisos Y2 & Y3, el sistema arroja automáticamente la identificación de los equipos que requieren mantenimiento correctivo, preventivo o cambio de algún elemento por número de horas de operación esto facilita la divulgación y solicitud a los técnicos para que revisen exactamente el equipo que a lo mejor puede fallar en corto tiempo.

Figura 17*Programación detallada de la Planta Termocoa Masa Stork-Magnex*

Actividad	Actividades Relacionadas	miércoles 2 de abril examen mecánico	Denominación UT
Termocoa	GDA-GTEO-STRA-AGUA-AEID8151		Equipo De Electrodesionizacion Teo
Termocoa	GDA-GTEO-STRA-AGUA-AEID8151		Equipo De Electrodesionizacion Teo
Termocoa	GDA-GTEO-STRA-AGUA-AEID8151		Equipo De Electrodesionizacion Teo
Termocoa	GDA-GTEO-STRA-AGUA-AEID8151		Equipo De Electrodesionizacion Teo
Termocoa	GDA-GTEO-STRA-AGUA-AEID8151		Equipo De Electrodesionizacion Teo
Termocoa	GDA-GTEO-STRA-AGUA-AEID8151		Equipo De Electrodesionizacion Teo
Termocoa	GDA-GTEO-STRA-AGUA-AEID8151		Equipo De Electrodesionizacion Teo
Termocoa	GDA-GTEO-STRA-AGUA-AEID8151		Equipo De Electrodesionizacion Teo
Termocoa	GDA-GTEO-STRA-AGUA-AEID8151		Equipo De Electrodesionizacion Teo
Termocoa	GDA-GTEO-STRA-AGUA-AEID8151		Equipo De Electrodesionizacion Teo

Nota. Planeación para la semana 14 dentro de las instalaciones de Termocoa. Tomado de matriz de planeación

A través del seguimiento al contrato para la gestión de fallas humanas en la planta termoeléctrica de Ocoa: estrategias para mejorar la eficiencia y la seguridad operativa. Se evidencia la participación del departamento de planeación con el reporte de las actividades que se tienen que hacer por parte de las contratistas dentro de la termoeléctrica, así como los colaboradores de la compañía, dentro del reporte se evidencia que todos los martes y miércoles se solicita a planeación las actividades pendientes por parte de los colaboradores para que el día jueves de cada semana se presente la propuesta del cronograma de la semana siguiente como lo vemos en la ilustración 15, 16 y 17. El tipo de negocio amerita una programación para que no exista contra tiempos durante la ejecución de las actividades diarias a ejecutar por parte de los colaboradores y evitar retrasos en la ejecución de las actividades y cumplir con los indicadores e impactar positivamente al contrato con el cliente. (Masa Stork-Magnex Group., 2025).

Figura 18

Plataforma J5 Shift Operations Management Compañía Masa Stork-Magnex; Modelo Digital

#	Fecha de Solicitud	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Tipo de Permiso	Área	Empresa ejecutora	Especialidad	Descripción	Estado	Sub-estado	Valoración del Riesgo
C88416				Trabajo en Caliente			Mecánica, Metalmecánica	Extensión de Casing de 9'5ft con soldadura para instalación de sección B - Inspección de Pack off	Bonador		(5) Medio
PT.VRO- F34502				Trabajo en Frío	Termocoo > City Gate		Instrumentación	Calibración equipos de medición y toma de lecturas	Bonador		(4) Bajo
PT.VRO- F34501				Trabajo en Frío	Termocoo > City Gate		Instrumentación	Calibración equipos de medición y toma de lecturas	Bonador		(4) Bajo
PT.VRO- F34203				Trabajo en Frío	Termocoo > Zonas Verdes		Otros	L-Rooreria áreas verdes Termocoo	Bonador		(4) Bajo
PT.VRO- E41402				Trabajo Eléctrico	Termocoo > Aires Acondicionados		Eléctrica	Mantenimiento preventivo de Aire Acondicionado Central Cuartos Control	Bonador		(4) Bajo
PT.VRO- E47504					Planta De Tratamiento		Eléctrica	MANTENIMIENTO MOTOR ELECTRICICO BOMBA (APR1516A) BOMBA FILTRACION RETROLAVADO	Bonador		(3) Bajo
PT.VRO- E46903							Eléctrica	"SEM 14" Mantenimiento preventivo eléctrico motor apilador AGI 81510 PTA del tanque flocculante ATK 81510	Bonador		(3) Bajo
PT.VRO- F33506							Mecánica Eléctrica	CAMBIO DE CORREAS VENTILADOR (A) DEL CHILLERS TEO Y AJUSTE CORREAS (B)	Bonador		(4) Bajo
PT.VRO- E46607							Eléctrica	MANTENIMIENTO MOTOR ELECTRICICO BOMBA (APR1705) BOMBA DE ENFRIAMIENTO DE CALDERA)	Bonador		(3) Bajo
PT.VRO- E46503							Eléctrica	"APR161 Bomba Separador APF" MANTENIMIENTO PREVENTIVO MOTOR ELECTRICICO.	Bonador		(3) Bajo
PT.VRO- E46502							Eléctrica	"Bomba separador API EI APR161" MANTENIMIENTO PREVENTIVO REVISION DE PROTECCIONES MOTOR ELECTRICICO	Bonador		(3) Bajo
PT.VRO- E46402							Eléctrica	MANTENIMIENTO MOTOR ELECTRICICO Bomba APR1515A Aliment Líquido P120P	Bonador		(3) Bajo
PT.VRO- E46394							Eléctrica	MANTENIMIENTO MOTOR ELECTRICICO BOMBA (APR1511A) BOMBA FILTRACION RETROLAVADO	Bonador		(3) Bajo
PT.VRO- F33297							Civil	MOVILIZACION, CARGUE Y DESCARGUE DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y MATERIALES- TERMOCOO	Bonador		(5) Medio
PT.VRO- E46539							Eléctrica	MANTENIMIENTO MOTOR ELECTRICICO BOMBA (APR1516A) BOMBA FILTRACION RETROLAVADO	Bonador		(3) Bajo
PT.VRO- E45404							Eléctrica	Mantenimiento preventivo Motor eléctrico Bomba Sistema Contralavados Teo AP 8181A	Bonador		(3) Bajo
PT.VRO- E45445				Trabajo Eléctrico	Termocoo > Sistemas Auxiliares		Eléctrica	MANTENIMIENTO BANCO DE BATERIAS UNIDAD TEO (UPS 1 - PROTE 220w - UPS LIBERTY 16 kw) (OT 1218292 - 1218296 - 1220262)	Bonador		(3) Bajo

Nota. Permisos a distancia estructura digital. Tomado de la cuenta AAL GDA-GEA-TCOA

Después de publicar la programación el departamento de planeación como se observa en la **Figura 18**, automáticamente el técnico realiza la solicitud a través de la plataforma J5 la revisión de los documentos para la realización de la actividad y con la operación realiza la revisión detenidamente si y solo si los anexos, certificados, valoraciones del riesgo y procedimientos concuerdan con la actividad esto determina que el permiso es acto para tener la satisfacción de que la actividad se llevara a cabo de la manera más segura posible, eficiente, controlada y verídica, esto dará resultado a un protocolo de gestión exitosa en el cumplimiento de las actividades de campo. (Morales, M., 2025.)

Figura 19

Detalle de Permiso de Trabajo Frio Cargue de Agua; Plataforma J5

The screenshot displays a web interface for a 'Permiso de Trabajo Frio' (Cold Work Permit) in the J5 Operations Management system. The form is titled 'PERMISO DE TRABAJO EN FRÍO' and is associated with 'Sistema de Gestión HSE' and 'Gerencia de Seguridad Industrial y de Procesos'. The permit ID is 'PT-VRO-F33107' and it is in 'En Ejecución' (In Progress) status. The form includes a header with the company logo 'PETROL' and a version number 'Versión 3'. Below the header, there is a section for 'GENERALIDADES' (General Information) with the following details:

Fecha de diligenciamiento	2025-02-14 14:33	Fecha de Inicio Planificada	2025-03-01 06:00	Fecha de Finalización Planificada	2025-06-01 18:00
Empresa Ejecutora	INDEPENDENCE		/ Línea de servicio: Workover, Well Service, Otros		Orden Mto / OT Contrato: 3007627
Área	Producción-Orinoquia-Aplay > Generación Energía Eléctrica Aplay > Termocoa				Valoración de Riesgo Residual de la Actividad: (4) Bajo
¿El permiso afecta a otras áreas?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No				Actividad simultánea - secuencial: <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Equipo SAP					Permiso emitido de forma remota: <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Equipo(s) o Sistema Objeto del Trabajo	CARGADERO DE AGUA - TERMOCOA	No Aplica Equipo	<input type="checkbox"/>		Actividad Emergente: <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Descripción del Trabajo a realizar	CARGUE DE AGUA INDUSTRIAL TERMOCOA - INDEPENDENCE RIG 15				
Herramientas Principales y/o Equipos	Mangueras de succión de 3", 2", Camión cisterna, Carro tanque, Herramienta menor.				

Below the general information, there is a section for 'Especialidad' (Specialty) with a grid of checkboxes for various skills:

Especialidad	Activado	Especialidad	Activado	Especialidad	Activado
Mecánica	<input type="checkbox"/>	Electrónica	<input type="checkbox"/>	Well Service	<input checked="" type="checkbox"/>
Instrumentación	<input type="checkbox"/>	Calidad	<input type="checkbox"/>	Perforación	<input type="checkbox"/>
Eléctrica	<input type="checkbox"/>	Civil	<input type="checkbox"/>	Completamiento	<input type="checkbox"/>
Electromecánica	<input type="checkbox"/>	Comunicaciones	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>
Metalmecánica	<input type="checkbox"/>	Workover	<input checked="" type="checkbox"/>	¿Cuál?	Transporte de agua industrial

Nota. Sistema de gestión HSE, gerencia de seguridad y de procesos. Tomado de j5 pt-vro-f33107

J5 shift Operations Management es una Plataforma digital de gestión de operaciones que ayuda a las empresas a administrar sus procesos de turno. Se caracteriza por permitir configurar aplicaciones de forma similar a una hoja de cálculo, permite integrar información de software de terceros y unos de sus beneficios autoriza a las empresas gestionar áreas y activos operativos, purifica los flujos de trabajo, aumenta la seguridad de procesos, Optimiza la excelencia general del turno. Es una solución de gestión de operaciones aprobada y comprobada con una capacidad de configuración similar a la de una hoja de cálculo y una escalabilidad empresarial. Se ejecuta en la plataforma de gestión de operaciones integral para automatizar las tareas rutinarias y garantizar el cumplimiento de la solución de gestión de operaciones j5. (Hexagon AB., 2022.)

<https://hexagon.com/es/products/j5-operations-management-solutions>

Figura 20

Generación Ordenes de Trabajo plataforma y2/y3. Planeación Masa Stork-Magnex

Orden	Z2PM 21383143	Mecánica de banco estación Teo SEM 11		
Stat.sist.	ABIE IMOP KKMP PREC	Otep		
<p>Datos cab. Oper. Componentes Costes Objetos Datos adic. Emplaz. Planific. Control</p>				
Responsable				
Gpo.plan.	O&M / 1088	Operación & Mtto	Aviso	300612088
Rs.pto.tr.	DTEOEGDA / 1088	Termocoa Profesion...	Costes	COP
			Cl.actv.PM	N03 NMT Operaciones
			EstdInstal	
Fechas				
Inic.extr.	17.03.2025	Prioridad	L - Baja	
Fin extr.	23.03.2025	Revisión	SE122025 PROG MTTO SEM12 del 17 al 2	
Objeto de referencia				
Ubic.téc.	GDA-GTEO-INFR-ICI...	Edificio De Talleres Y Bodega Teo		
Equipo	10008314	Taller Principal Mantenimiento Termocoa		

Nota. Plataforma de creación de avisos. Tomado de gestión de procesos programación.

Se determina la función de ejecutar y programar actividades a través de la plataforma creando eventos que son denominados Y2 y Y3 dependiendo el tipo de actividad, nivel de riesgo y tiempo que se cuenta para la realización de la actividad, dentro de los programas de mantenimiento son encargados de generar y crear automáticamente las ordenes de trabajo donde se ven afectadas las condiciones de trabajo. La plataforma es funcional crea y abre horas de trabajo para ordenes de trabajo emergentes que son actividades que ocurren imprevistas no planeadas, pero se tienen contempladas, para el contrato y el tipo de negocio como lo es industria de generación de energía eléctrica.

Figura 21

Reportes de Equipos en Falla y solicitud de avisos por Operaciones Masa Stork-Magnex

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following structure:

- Title:** PONERO EN FUNCIONAMIENTO LA FALLA DEL MOTOR DEL VENTILADOR
- Columns:**
 - Column 1: Equipment ID (e.g., 1000000001)
 - Column 2: Location (e.g., 1000000001)
 - Column 3: Description (e.g., POSIBLE FALLA POR MALA PRESION DEL AGUA)
 - Column 4: Status (e.g., NO)
 - Column 5: Action/Status (e.g., SIN OTRO TIPO DE AVERIA)
 - Column 6: Date/Time (e.g., 10/01/2025)
 - Column 7: Other details (e.g., EL DETECTOR DEL AGUA Y EL BOMBA)
 - Column 8: Final status (e.g., CAMBIADO)
- Content:** The spreadsheet contains multiple rows of data, each representing a specific equipment issue. The rows are color-coded: green for 'CAMBIADO' (Changed) and red for 'REPORTEADO' (Reported).

Nota. Solicitud de avisos medio de plataforma on line de share Point Excel Bustos, E., y Vergara, A.,

La evidencia del formato hoja de Excel en línea, compartido por la compañía y el cliente establecieron como caracterización para que se lleve a cabo el cumplimiento de los indicadores de la programación y combatir las campañas por la seguridad del cliente con los contratistas, el cliente solicita la información de requerimientos y detalles del requerimiento que se necesita dentro de las instalaciones de la termoeléctrica de Ocoa, tomando en cuenta los criterios técnicos de los ingenieros de operaciones y técnicos de campo que conocen el árbol de equipos el funcionamiento y comportamiento de normal de los equipos auxiliares. Solicita que central o unidad de generación, quien solicita, Ubicación técnica en SAP, Equipo de SAP, Criticidad del equipo en el momento del reporte, Posible impacto dentro la termoeléctrica, Estado actual del equipo, Evidencia de la falla o condición del activo de Ecopetrol. (Bustos, E., y Vergara, A., 2025).

Marco teórico y conceptual

Para desarrollar la aplicación de medidas estratégicas de identificación y reducción de fallas humanas en el proceso de generación de energía eléctrica para la planta de Termocoa con área en handover por MECANICOS ASOCIADOS SAS, con la recopilación de información a todos los operarios de turno de la planta, se realizó la ejecución de cada uno de los pasos para la efectividad de este proyecto aplicado contribuyendo al mejoramiento continuo del proceso; promoviendo la investigación y evaluación del tipo problema que se presenta con el personal. Donde el objetivo de gestionar las posibles fallas humanas con el propósito de mejorar la eficiencia operativa y garantizar la seguridad del personal y de las instalaciones, mediante la identificación, análisis y aplicación de estrategias efectivas de prevención y corrección de errores humanos.

Contemplamos la información sobre las políticas de la compañía, donde hacen visible su liderazgo y compromiso a la implementación efectiva de ORION, con el Sistema de Gestión Operacional (OMS):

ST20000.000.010003 V5.0-Politica integral de operaciones

ST20000.000.010004 V5.0-Politica promoción y respeto derechos humanos

ST20000.000.010005 V5.0-Politica de sostenibilidad

ST20000.000.010006 V6.0-Politica salud, seguridad y medio ambiente

ST20000.000.010007 V5.0-Politica prevención consumo alcohol y drogas psicoactivas en el trabajo

ST20000.000.010008 V5.0-Politica prevención tabaquismo en el lugar trabajo

ST20000.000.010009 V7.0-Declaración de la política de seguridad vial

ST20000.000.010010 V5.0-Politica de calidad y mejoramiento continuo

ST20000.000.010011 V5.0-Politica de tecnologías de la información y comunicación.

ST20000.000.010012 V5.0-Politica de seguridad física y viajes de negocio.

ST20000.000.010013 V5.0-Politica de abastecimiento

ST20000.000.010014 V7.0-Politica gestión seguridad cadena abastecimiento

ST20000.000.010015 V4.0-Politica continuidad del negocio

ST20000.000.010016 V3.0-Politica desconexión laboral

ST20000.000.010017 V3.0-Politica prevención lavado activos y financiación del terrorismo

ST20000.000.010018 V3.0-Politica diversidad, equidad e inclusión.

Se pretende con este proyecto fortalecer la política de calidad y mejoramiento continuo, en donde se evidencia el problema, enfoque a procesos y mejoramiento continuo de los procedimientos para el arranque, puesta en marcha, sincronismo y parada de los equipos donde se encuentran desactualizados. Los aprobadores, responsables y repotenciación de máquinas lo que puede interferir en el mal funcionamiento de algunos de los procesos aumentando los costos de producción de mano obra, repuestos, proveedor, cliente.

- **Falla humana:** errores de percepción, errores de decisión, errores de ejecución.
- **Seguridad operativa:** gestión de riesgos, prevención de accidentes, cultura de seguridad, y estándares y normativas aplicables a la industria energética.
- **Eficiencia operativa:** optimización de procesos, mejora continua, gestión de la calidad, y maximización del rendimiento de los recursos y equipos en la planta termoeléctrica de Ocoa.
- **Gestión de riesgos:** Enfoques y metodologías para identificar, evaluar y mitigar los riesgos asociados con las actividades y operaciones en la planta, incluyendo análisis de riesgos laborales y análisis de modos de falla y efectos (AMFE).

Marco teórico

“La AMFE fue aplicado por primera vez por la industria aeroespacial en la década de los 60, e incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 titulada “procedimiento para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad”. En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector de automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. Este método también puede recogerse con la denominación de AMFEC (análisis de fallos, Efectos y su criticidad), a introducir de manera remarcable y más precisa la especial y más precisa la especial gravedad de las consecuencias de los fallos”. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.1)

Teorías y modelos de gestión de fallas humanas en tornos industriales, el modelo AMFE. Aunque la técnica de aplicar para analizar un producto o proceso se determina para cualquier fase del proyecto.

“Este método es válido para cualquier tipo de proceso o situación, entendiendo que los procesos se encuentran en todos los ámbitos de la empresa, desde el diseño y montaje hasta la fabricación, comercialización y la propia organización en todas las áreas funcionales de la empresa. Evidentemente, este método a pesar de su enorme sencillez es usualmente aplicado a elementos o procesos clave en donde los fallos que pueden acontecer, por sus consecuencias puedan tener repercusiones importantes en los resultados esperados. El principal interés del AMFE es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias, con lo que se puede convertir en un riguroso procedimiento de detección de defectos potenciales, si se aplica de manera sistemática”. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.1)

Investigaciones previas sobre la gestión de fallas humanas en la planta termoeléctrica de Ocoa, incluyendo estudios de casos, análisis de incidentes, y buenas prácticas identificadas en los libros del proceso. “La aplicación del AMFE por los grupos de trabajo implicados en las instalaciones o procesos productivos de los que son en parte conductores o en parte usuarios en sus diferentes aspectos, aporta un mayor conocimiento de estos y sobre todo de sus aspectos más débiles, con las consiguientes medidas preventivas a aplicar para su necesario control. Con ello se está facilitando la integración de la cultura preventiva en la empresa, descubriéndose que mediante el trabajo en equipo es posible profundizar de manera ágil en el conocimiento y mejora la calidad de los productos y procesos reduciendo costes”. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.1)

La teoría relacionada con la mejora de la eficiencia operativa de la planta industrial, termoeléctrica de Ocoa tiene enfoques de optimización de procesos tanto de materia primas, producción, obra de mano, recursos.

Los principios y prácticas de seguridad industrial no se pueden excluir de estos tipos de investigación de procesos donde se debe evidenciar la seguridad de los trabajadores para con los equipos de la planta, incluyendo la teoría de sistemas de seguridad, la teoría de la cultura de seguridad, y estándares internacionales como la norma OHSAS 18001 (y su sucesora, la norma ISO 45001).

Metodología

Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

Para el desarrollo y complementar la hoja de análisis para la aplicación del método AMFE de forma genérica. El esquema de presentación de la información que se muestra en la metodología tiene un valor netamente educativo con la finalidad de destacar fallas de la operación de la planta termoeléctrica de Ocoa por la empresa MECANICOS ASOCIADOS SAS. En donde la información es correlacionada por los operarios y se manifiestan a través de la entrevista pudiéndose adaptar a las características e intereses de la empresa.

1. Denominación del componente e identificación

Debe identificarse el producto o parte del proceso incluyendo todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del proyecto o del proceso propiamente dicho.

2. Operación o función

Se describirán todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso o parte del proceso productivo considerado, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción y de transporte.

3. Fallo o modo de fallo

El “modo de fallo potencial” se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente. Los modos de fallo potencial se deben describir en términos

“físicos” o técnicos, no como síntomas detectables por el cliente. el error humano de acción u omisión en principio no es un modo de fallo del componente analizado.

4. Efecto/s del fallo

Cuando ocurre el fallo potencial se debe describir como lo percibe el cliente, pero también como repercute en el sistema, se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del proceso.

5. Causas del modo de fallo

Constituye en el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo, es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible.

6. Severidad

Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencia, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación.

Tabla 6

Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente

SEVERIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema.	1
	Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, este observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importar. es fácilmente subsanable	2-3

<p>Moderada</p> <p>defectos de relativa importancia</p>	<p>El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observa deterioro en el rendimiento del sistema.</p>	<p>4-6</p>
<p>Alta</p>	<p>El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.</p>	<p>7-8</p>
<p>Muy Alta</p>	<p>Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o</p>	<p>9-10</p>
	<p>involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde a un 10.</p>	

Nota. Clasificación de la gravedad del fallo. Tomado de (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.4)

7. Causas potenciales

Es posibilidad de que se produzca una causa específica y de lugar al modo de fallo. Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información. Utilizar datos históricos o estadísticos.

Tabla 7

Clasificación de la probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

OCURRENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy baja Improbable	Ningún fallo de asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es conduible.	1
Baja	Fallos asilados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente.	4-6
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	7-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Nota. Clasificación de la frecuencia del modo de fallo. Tomado de (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.4)

8. Ocurrencia

Con que frecuencia se presenta la causa potencial

Tabla 8

Clasificación de la facilidad de detención del modo de fallo

DETENCION	CRITERIO	VALOR
Muy alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectable con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción.	4-6
pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10

Nota. Clasificación de la facilidad de detención del modo fallo. Tomado de (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

9. Controles presentes

Se debe reflejar todos los controles existentes actualmente para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

10. Detención

Indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, sea detectado con antelación suficiente para evitar daños, a través de los “controles actuales” existentes.

11. Numero de prioridad de riesgo (NPR)

Es el producto de los tres factores que lo determinan dado que tal índice de prioridad de intervención suele llamarse número de prioridad del riesgo. Debe ser calculado para todas las causas de fallo.

12. Acciones recomendadas

Generalmente el tipo de acción correctora que elegiremos seguirá los siguientes criterios, de ser posible:

Cambio en el diseño del proceso

Cambio del proceso de fabricación

Incremento del control o la inspección.

13. Asignación y fecha limite

Se deberá indicar quien es el responsable de cada acción y las fechas previstas de implantación.

14. Acciones implementadas

Puede ser de gran utilidad recogerlo para facilitar el seguimiento y control de las soluciones adoptadas siguiendo los lineamientos de gestión operacional se determina por resultados de prioridad de riesgo, se presentan en función de los modos de fallos más recurrentes en la planta de Termocoa de la compañía a cargo Mecánicos Asociados SAS con el fin de mitigar el riesgo de la operación.

Técnicas para la recolección de los datos

Este proceso de investigación con base en la problemática, se utilizó la siguiente técnica de recolección de datos:

Tipo Cualitativa

Método exploratorio:

Se utilizó para recopilar información de acuerdo con la problemática evidenciada, con el fin de obtener un diagnóstico claro, donde se compilaron documentos, fuentes bibliográficas y haciendo referencia a la obtención de información que se pueda encontrar en registros escritos y materiales que parten de conocimientos o investigaciones previas, para dar respuesta a la investigación posterior.

Tipo Cuantitativa

Método descriptivo:

Técnica de investigación para la obtención de información y datos detallados cuantitativos donde se pueden evidenciar cifras porcentuales de cabalidad estacionaria valor otorgado al indicador Severidad, Ocurrencia y la detención del efecto falla humana en la termoeléctrica de Ocoa.

Fuentes de Información

Fuentes Primaria:

Información recopilada por entrevistas e información de los libros de historia a colaboradores de la central termoeléctrica de Ocoa.

Fuentes Secundarias:

Registros bibliográficos relacionados, informes publicados por entes públicos y privados.

Tabla 9*Cronograma*

CRONOGRAMA							
ACTIVIDAD	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Inicio del proyecto							
Revisión de registros e informes							
Definición del alcance del proyecto							
Recopilación de datos							
Análisis modal de fallos y efectos							

Tabla 10*Resultados Esperados*

RESULTADO/PRODUCTO ESPERADO	INDICADOR	BENEFICIARIO
Documentación	Cumplimiento, Proceso, resultado	Colaboradores, interventoría, cliente.
Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)	Cumplimiento, estructura	Colaboradores, interventoría, cliente.
Informe de evaluación de causas potenciales y controles presentes	Estructura, Diseño y Cumplimiento.	Interventoría, cliente.
Informe de la implementación de medidas correctivas y preventivas para la compañía.	Estructura, Diseño y estructura	Interventoría, cliente.

Tabla 11*Recursos Necesarios*

RECURSO	DESCRIPCION	PRESUPUESTO
Equipo humano	Documentalista Técnico Mantenimiento Eléctrico Técnico Mantenimiento Mecánico Técnico Mantenimiento Instrumentista Técnico de Operación y Mantenimiento Ingeniero de Operaciones A Ingeniero de Operaciones B	\$ 19.700.000
Equipos y Software	Computador (Paquete office) Usuario Relay Multilin information. Software de simulación	\$ 4.600.000
Viajes y Salidas de Campo	Inspección visual y registro de área local Transporte de la casa a la empresa.	\$ 1.000.000
Materiales y suministros	Archivos Registros de eventos (operaciones)	

	Mesa y silla. Estación con protección de lluvia y sol EPP's adecuados al área de exposición	\$ 2.500.000
--	---	--------------


Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"> • Protection & Control Reference guide vol. 22, pages. 85, 155, 235, 243, 301, 487. www.GEDigitalEnergy.com Turbina de Gas: Montaje, PEM, Operación y Mantenimiento. Renovetec Editorial ISBN: 978-84-617-0450-7; García Garrido Santiago 2019. http://www.renovetec.com/renovefree • Monitoreo IDEAM, http://www.pronosticosalertas.gov.co/archivosradar. • GE Energy Work Order 20161/20162. Turbine de Gas – Manual de Operación y mantenimiento. ELC Project. Manager, Technical Publications 16415 Jacinto Port Blvd. Houston, Texas 77015. U.S.A 	
TOTAL		\$ 27.800.000

Procesamiento y Análisis de Resultados

Resultado

Figura 22

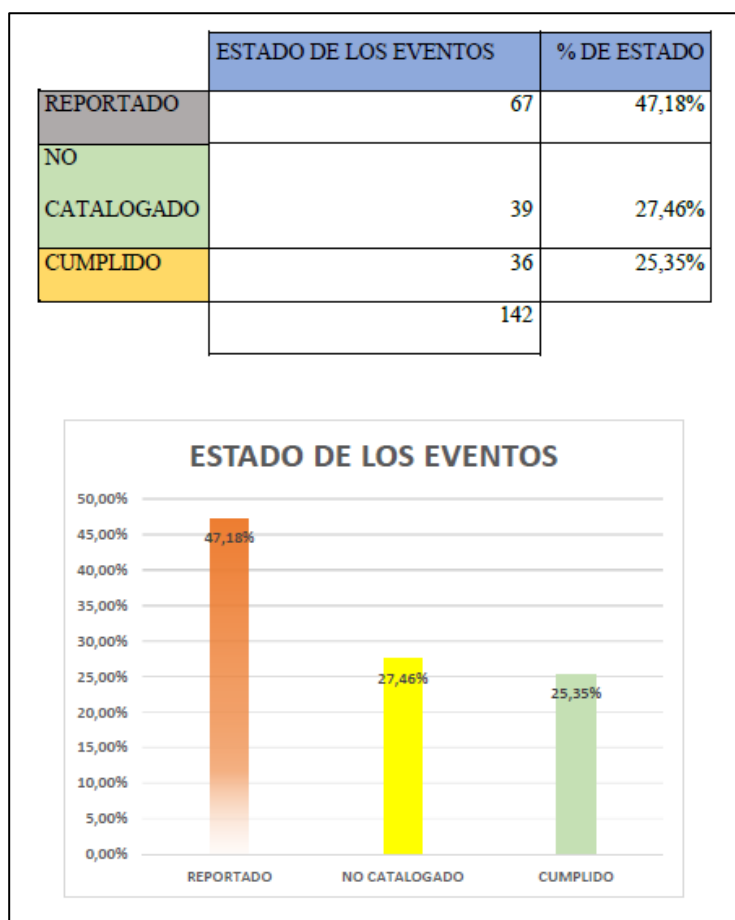
Propuesta preliminar de indicadores para la termoeléctrica de Ocoa

		INDICADORES DE GESTIÓN Y ANALISIS DE ESTRATEGIAS EN LATERMOELECTRICA DE OCOA			CÓDIGO:	Pro- Grado-1
					VERSIÓN:	1
					FECHA DE APROBACIÓN	5/05/2025
					PÁGINA	1 de 1
NOMBRE DEL INDICADOR:				PROCESO:		
OBJETIVO:						
FORMULA PARA EL CÁLCULO:	% severidad * %Ocurrencia * % Detencion = NPR	NUMERADOR:		DENOMINADOR:		
UNIDAD DE MEDICIÓN:	Porcentual %	META:		FUENTES DE INFORMACIÓN:		
FRECUENCIA DE MEDICIÓN DEL INDICADOR:	Tri-mestral	FRECUENCIA DE ANÁLISIS DEL INDICADOR:	Tri-mestral	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL INDICADOR:		
TENDENCIA ESPERADA: (Creciente o Decreciente)		TIPO DE INDICADOR:		RANGO DE GESTIÓN:	CRÍTICO > 1 y <=3 de la meta del periodo	ACEPTABLE >4 y <=6 de la meta del periodo
					SATISFACTORIO >7 y <=10 de la meta del periodo	
FECHA DE CREACIÓN: (DD/MM/AAA)			FECHA ÚLTIMA MODIFICACION: (DD/MM/AAA)			
CONTROL DE CAMBIOS						
VERSION	FECHA	DESCRPCIÓN DEL CAMBIO	REVISÓ:	APROBÓ:		

Nota. Indicadores de gestión y análisis de estrategias en la termoeléctrica de Ocoa. Elaborado para la estructura de la propuesta

Tabla 12

Estados de los eventos presentados en la termoeléctrica de Ocoa



Nota. Reportes de equipos en falla y solicitud de avisos por operaciones Masa Stork - Magnex. Tomado de la figura 21. Pág. 52

La muestra gestiona el estado para atender la falla, lo cual nos indica que los eventos reportados por los operarios un 25.35% de ellos han sido atendidos y valorados a tiempo, tenemos una medición del 27.47% de equipos en falla no catalogados en el cual se evaluó falta de cooperación para gestionar la falla y llevarla a cabo con el protocolo de gestión. La atención de reportes supera el 47.18% que muy atentamente se han registrado los hallazgos con las posibles causas y consecuencias de los equipos de procesos.

Análisis

Figura 23

Análisis Modal de Fallos y Efectos Potenciales Termoeléctrica de Ocoa

AMFE: ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS POTENCIALES TERMOELECTRICA DE OCOA															
Proyecto de Generacion Termoaplay				Proveedor del material: Mecanicos Asociados SAS & Magnex group						Yeison Javier Henao Arias					
Energía electrica				Fecha de asignacion de registro : Año 2025						Interventor					
Fecha AMFE inicial : 17 de febrero de 2025							Fecha AMFE última revision: 26 de marzo de 2025								
Funcion	Modo de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa Potencial del fallo	Condiciones existentes				Indice prioritario del riesgo (NPR)	Estado y Accion Recomendadas	Area responsable acción correctora	Resultados				Indice prioritario del riesgo (NPR)
				Controles actuales	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)				Accion correctora	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)	

Nota. Encabezado para la tabla de análisis modal de fallos. Tomado de (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

El objetivo principal de este proyecto de grado gestionar las principales fallas humanas que ocurren para el contrato de la termoeléctrica de Ocoa, que estrategia se puede implementar o los requerimientos necesarios a utilizar para mejorar la eficiencia y la seguridad operativa. A veces tenemos que ver la causa raíz del problema para poder erradicarlo y poder tener una solución sustentable, dentro del proyecto aplicado se destaca el factor humano como parte fundamental, que es el elemento detrás de la máquina. Esta relación hombre-máquina es fundamental diagnosticar una posible falla del sistema o proceso. (Grajales. A., 2025)

Figura 24*Falla Laboral Modo de Fallo Presupuesto del contrato*

Funcion	Modo de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa Potencial del fallo	Condiciones existentes				Indice prioritario del riesgo (NPR)	Estado y Accion Recomendadas	Area responsable acción correctora
				Controles actuales	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)			
FALLA LABORAL	Presupuesto Contrato	Costos no presupuestados	Impacto negativo al contrato	Evaluación de costos por parte del cliente	7	8	8	448	Interventoría del cliente, detallamente.	Ecopetrol

Fuente. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

En la función falla laboral, modo de fallo presupuesto el contrato según la valoración de los colaboradores del proyecto térmicas Apiay se estima la falta de recursos económicos a las respuestas del cliente con el contratista en handover Masa Stork – Magnex Group. Donde se visualiza que hay acciones que no se contemplan a la hora de ejecutar el proyecto, como lo es la gestión de pagos extras, recargos festivos y dominicales, así como emplear recursos de ley 50 y la adecuación para que los empleados tomen sus días de ley familia. (Vergara, A., 2025)

Figura 24,1

Resultado de Fallo, Presupuesto del contrato

Resultados				
Accion correctora	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)	Indice prioritario del riesgo (NPR)
Contratista Masa Stork: evalua el caso de cada trabajo y realiza pago retroactivo y bonos por falta de acuerdo USO-MASA	10	3	5	150

Nota. Acción correctora contratista MASA. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Para esta falla el cliente comparte a través del mecanismo del derecho laboral en mesa de trabajo la guía de aspectos laborales en actividades contratadas por Ecopetrol, gestión de abastecimiento. Código GAB-G-013; elaborado 01 de febrero de 2024 en su versión 18. En donde el alcance 2.2 de su desarrollo página 3. Describe puntualmente que: contiene aspectos laborales que obligatoriamente deben observar todos los intervinientes en la cadena de abastecimiento de bienes y servicios de Ecopetrol durante las etapas de dicho proceso para estructuración de los costos de los contratos, la configuración de la oferta económica y verificar el cumplimiento en la ejecución de los contratos, así como en el balance y cierre de estos. Durante la ejecución del contrato el contratista debe cumplir con las obligaciones laborales derivadas de las actualizaciones que Ecopetrol emita sobre la presente guía. (GAB-G-013 Guía de aspectos laborales en actividades contratadas por Ecopetrol., 2024.)

Figura 25

Sobre tiempo laboral.

Funcion	Modo de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa Potencial del fallo	Condiciones existentes					Estado y Acción Recomendadas	Area responsable acción correctora
				Controles actuales	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)	Indice prioritario del riesgo (NPR)		
FALLA LABORAL	Sobre tiempo laboral	Trabajo en descansos a los colaboradores	Paradas de planta, Mto A turbina cada 1000 horas de operación.	Programacion	5	8	4	160	El pago de las horas extras.	Masa stork
		Turnos & disposicion de 12 horas laborales diarias	Paradas de planta, Mto A turbina cada 1000 horas de operación.	Ninguno	5	7	5	175	El pago recargos dominicales	Masa stork

Nota. Acción correctora contratista MASA. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos.

AMFE, 2004, p.5)

Los horarios de los trabajadores tienen una falencia por sobre tiempo laborado utilizando el tiempo de descanso que se le debe retribuir al trabajador en descanso compensado y si se trabaja en dinero, y ocasionalmente presentan un excedente en su salario mensual donde el registro de los colaboradores tiene solicitudes de no disponer al personal en tiempo descanso si este no se puede cumplir. Lo cual hacen caso omiso por las condiciones horas de trabajo máquina que implica la intervención del hombre para no afectar los indicadores de generación para con el cliente.

el cálculo efectivo dependiendo si es domingo y/o festivo. También reiteran que los trabajadores están a la espera de una respuesta por parte de la compañía Masa Stork – Magnex Group. Y que haga cumplir el contrato con el cliente en su totalidad. (Vergara, A., 2025)

Figura 25.2

Resultado de Sobre Tiempo laboral

Resultados				
Accion correctora	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)	Indice prioritario del riesgo (NPR)
Reconocimiento de las horas extras	7	8	3	168
Programacion de turnos con anticipacion	2	10	3	60

Nota. Resultados. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Como resultado ante AMFE se evidencia en la figura 17.2 donde según los operarios reportan el pago retroactivo y espacios que la empresa ha abierto para escuchar y conciliar con los trabajadores. (Vergara, A., 2025.)

Tabla 13

Salarios operativos del REGIMEN LEGAL para actividades contratadas por Ecopetrol s.a.

NIVEL	Salario básico diario	Auxilio transporte diario	Subsidio alimentación diario	Salario base liquidación	Cesantías 1 día	Intereses Cesantía 1 día	Vacaciones 1 día	Prima legal 1 día	Total prestaciones de 1 día
1	55.464	5.400	25.846	60.864	5.072	1.69	2.536	5.072	12.682
2	65.648	5.400	25.846	71.048	5.921	1.97	2.960	5.921	14.804
3	73.724	5.400	25.846	79.124	6.594	2.19	3.297	6.594	16.487
4	89.316	5.400	25.846	94.516	7.876	2.62	3.938	7.876	19.693
5	110.477	5.400	25.846	115,877	9.656	3.21	4.828	9.656	24.143

Nota. Aumento salarial año 2024: I.P.C. 9.28% - Auxilio transporte: 15 %. Tomado de la Guía de aspectos y condiciones laborales de actividades contratadas por Ecopetrol S.A., 2024

Para el año 2024, se tiene un valor parcial según el ajuste del I.P.C. del 9.28% a partir del nivel del cargo al que aplica según su experiencia en la industria. Esta información según la tabla 4 salarios operativos del régimen legal para actividades contradas por Ecopetrol s.a.

Tabla 14

Valor de una (1) hora de trabajo a partir de 1°. De enero/24 al 31 diciembre /24

NIVEL	Básico diario	Vr. Hora ordinaria	R.N. 35%	D.F.D.S. 75%	H.E.D. 1.25%	H.E.N. 1.75%	D.F.D. 1.75%	D.F.N. 2.10%	H.E.D.F.D. 2.00%	H.E.D.F.N. 2.5%	Total, prestaciones de 30 días		
1	55.464	6.933	2.427	5.200	8.666	12.133	12.133	14.559	13.866	17.333	12.682	30	380.460
2	65.648	8.206	2.872	6.155	10.258	14.361	14.361	17.233	16.412	20.515	14.804	30	444.120
3	73.724	9.216	3.226	6.912	11.520	16.128	16.128	19.353	18.432	23.040	16.487	30	494.610
4	89.316	11.165	3.908	8.351	13.956	19.539	19.539	23.447	22.330	27.913	19.693	30	590.790
5	110.477	13.810	4.834	10.358	17.263	24.168	24.168	29.001	27.620	34.525	24.143	30	724.290

Nota. RN: Recargo nocturno. DFDS: dominical/festivo diurno sencillo. HED: hora extra diurna.

HEN: hora extra nocturna. DFD: domingo / festivo diurno. DFN: domingo / festivo nocturno.

HEDFD: hora extra/dominical/festiva diurna. HEDFN: hora extra dominical/festiva nocturna.

Tomado de la Guía de aspectos y condiciones laborales de actividades contratadas por Ecopetrol S.A., 2024

Como se observa en la tabla 5 valor de una (1) hora de trabajo a partir de 1°. De enero/24 al 31 diciembre/24, calculo según del nivel de experiencia del trabajador por horas trabajadas se permite establecer la claridad de lo conciliado y hacer uso de la guía de aspectos y condiciones laborales de actividades contradas por Ecopetrol para el mejoramiento continuo del factor Hombre-máquina para el proceso de generación de energía eléctrica y optimizar costos de producción por fallas humanas e interferencias al sistema por errores de la cadena de abastecimiento de la compañía y el cliente. (Vergara, A., 2025)

Figura 26

Confiabilidad de los procedimientos

Funcion	Modo de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa Potencial del fallo	Condiciones existentes					Estado y Accion Recomendadas	Area responsable accion correctora
				Controles actuales	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)	Indice prioritario del riesgo (NPR)		
FALLA LABORAL	Confiabilidad de los procedimientos	Actualización de los procedimientos	Operación indecuada de equipos.	En proceso de actualizacion	4	6	4	96	Recoleccion de la informacion y disposicion en biblioteca.	Masa stork

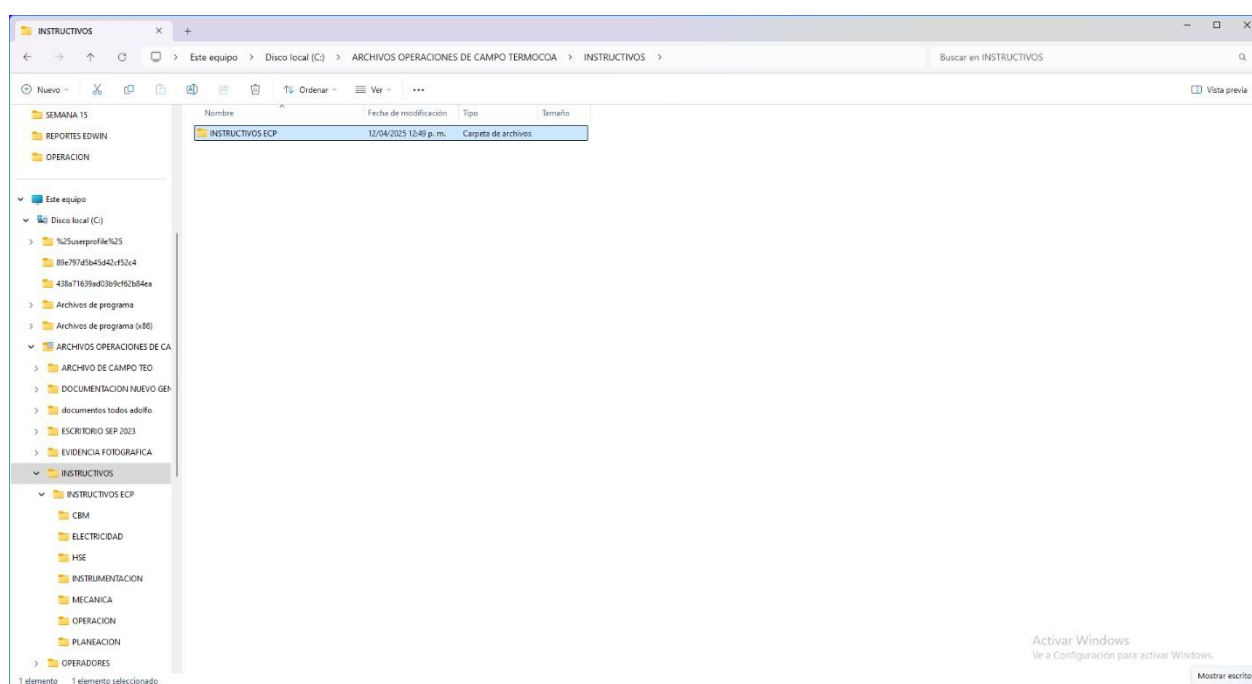
Fuente. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Para efectuar la función de falla laboral con el modo de fallo de confiabilidad de los procedimientos se evidencia en sitio las disposiciones en físico de las condiciones de la biblioteca los operadores y la disposición de elementos para registrar paradas de equipos y diagnosticar en la investigación el por qué se debe aplicar la falla laboral como efecto potencial de fallas en la termoeléctrica de Ocoa. Dentro de la inspección los procedimientos se encuentran con fecha desactualizada, con equipos instalados del año 2000, 2005, 2008, 2012, 2015 y 2019. Esto

ocasiona desconfianza de la operación con desconocimiento de los equipos de la planta. Así como ubicación de cada pequeño instrumento cuando asiste interventoría o levantamiento de planos esto ocasiona retrasos en el desarrollo de nuevos proyectos para la mejora para las instalaciones. (Vergara, A., 2025)

Figura 26.1

Registro de archivo computador operadores de campo, Biblioteca

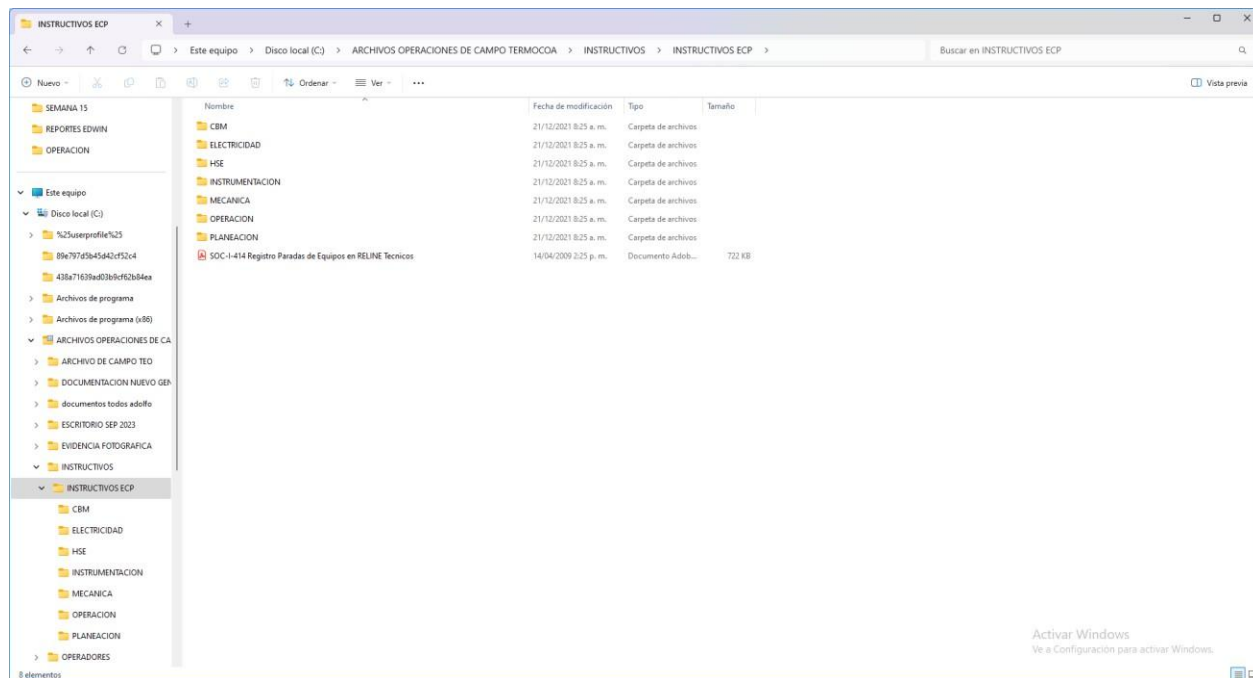


Nota. Ubicación de los archivos de operaciones para los procedimientos. Tomado de la entrevista a (Vergara, A., 2025)

Es una búsqueda de la carpeta de instructivos Ecopetrol Cliente del contrato Magnex Group, La compañía tiene procedimientos propios de cada equipo para la ejecución del mantenimiento programado en donde cada equipo es revisado según el dictamen del operador de campo y sala como lo podemos ver en la figura 1 Registro de archivo computador operadores de campo, Biblioteca. (Vergara, A., 2025)

Figura 26.2

Instructivos ECP, operaciones de campo Termocoa

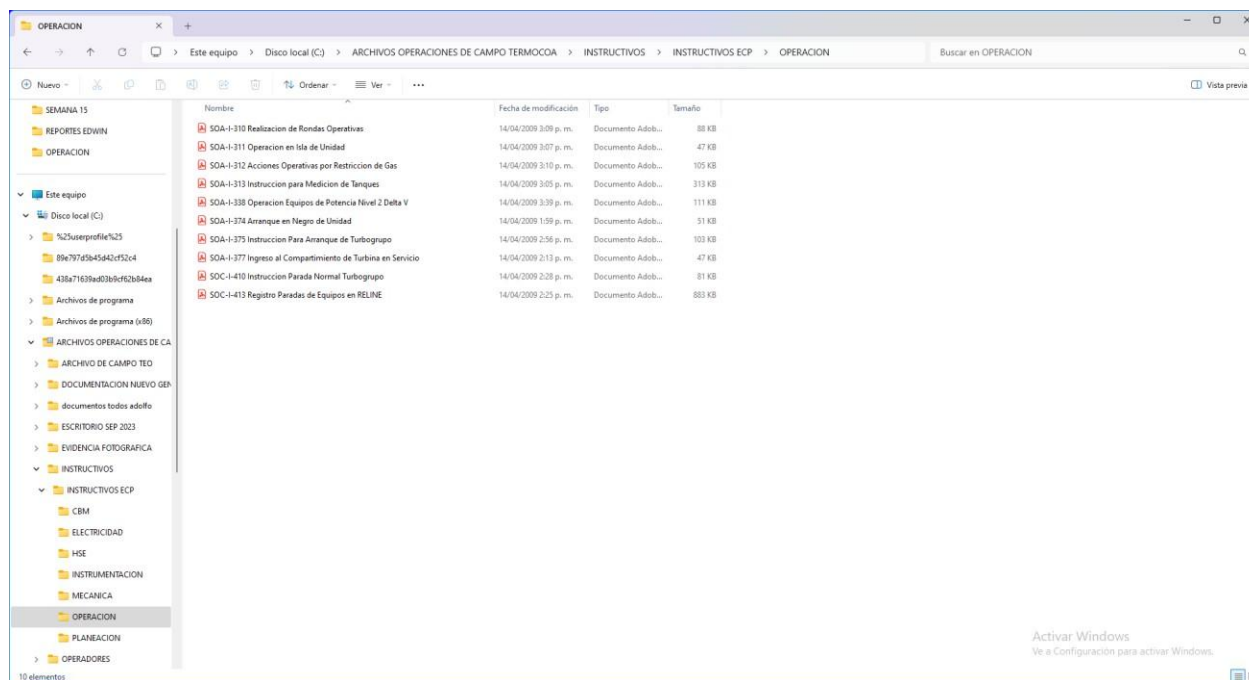


Nota. Ubicación de los archivos de operaciones para los procedimientos. Tomado de la entrevista a (Vergara, A., 2025)

Según la figura 18.2 se evidencia la investigación con respecto a los archivos de la operación de campo Termocoa donde se revisan los instructivos de Ecopetrol cliente de Mecánicos Asociados SA / Magnex Group, tiene existencia de los diferentes departamentos de mantenimiento y operaciones de los cuales se encuentran CBM, eléctricos, HSE, instrumentación, mecánica, operación, planeación. (Vergara, A., 2025)

Figura 26.3

Instructivos de operación SOA-I estipulados por el cliente año 2008



Nota. Ubicación de los archivos de operaciones para los procedimientos. Tomado de la entrevista a (Vergara, A., 2025)

Buscando en los instructivos de operación como se evidencia figura 18.3 Instructivos de operación SOA-I estipulados por el cliente año 2008; los procedimientos desactualizados que se utilizan para presentar a los nuevos colaboradores del contrato lleva a la confusión por parte del personal ajeno a la planta porque hay modificaciones que no están contemplados y en algunos casos ha ocasionado sobrecostos por fallas en reparaciones, repuestos, producción de agua y producción de energía eléctrica así como el acoso laboral del personal contratado. (Vergara, A., 2025.)

SOA-I-310 Realización de rondas

SOA-I-311 Operación de isla de unidad

SOA-I-312 Acciones operativas por restricción de gas

SOA-I-313 Instrucción para medición de tanques

SOA-I-338 Operación equipos de potencia nivel 2 Delta V

SOA-I-374 Arranque en negro de unidad

SOA-I-377 Ingreso al compartimiento de turbina turbo grupo

SOA-I-410 Instrucción para normal de turbo grupo

SOA-I-413 Registro paradas de equipos en RELINE.

Figura 26.4

Evidencia de instructivo SOA-I-375, Instrucción para arranque de turbo grupo

The screenshot shows a Windows File Explorer window with the following structure:

- Folder: OPERACION
 - Subfolder: SEMANA 15
 - Subfolder: REPORTES EDWIN
 - Subfolder: OPERACION
 - Subfolder: Este equipo
 - Subfolder: Disco local (C:)
 - Subfolder: A25useprofile%25
 - File: 89e797d5b454d2c752c4
 - File: 438a71639ad3b3c6f62b84ea
 - Subfolder: Archivos de programa
 - Subfolder: Archivos de programa (x86)
 - Subfolder: ARCHIVOS OPERACIONES DE CA
 - Subfolder: ARCHIVO DE CAMPO TEO
 - Subfolder: DOCUMENTACION NUEVO GEN
 - Subfolder: documentos todos adolfo
 - Subfolder: ESCRITORIO SEP 2023
 - Subfolder: EVIDENCIA FOTOGRAFICA
 - Subfolder: INSTRUCTIVOS
 - Subfolder: INSTRUCTIVOS ECP
 - Subfolder: CBM
 - Subfolder: ELECTRICIDAD
 - Subfolder: HSE
 - Subfolder: INSTRUMENTACION
 - Subfolder: MECANICA
 - Subfolder: OPERACION
 - Subfolder: PLANEACION
 - Subfolder: OPERADORES

The preview pane shows the following table:

7	RATE	TS6458/0213	0	2/0/12	APAGADO
8	BERDOR DE VELOCIDAD INDS FAST RATE INP	TS64114/0206	0	2/13/5	APAGADO
9	BERDOR DE VELOCIDAD INDS MED RATE	TS6418/0207	0	2/13/5	APAGADO
10	100 DEL ARRANQUE (START S-20 IN ALTO)	TS62/48/82	1	2/4/23	PRENDIDO
11	100% GAS INPVT	TG02/19/2294	1	2/0/24	PRENDIDO
12	TANQUE DEL LUBRICANTE ACETE (ORNDONN TANK LOW INPVT)	TS62/11/0427	1	2/5/13	PRENDIDO
13	STARTING INDICATOR OUTPUT	TS6475/0280	1	2/10/23	PRENDIDO

Nota 1: SE DEBE MEDIR CON EL VOLTIMETRO EN ESCALA DC, EN EL PUNTO CHECKEO DE (BORNERAS/PUNTOCHECKABLE) LUBICADO EN EL TABLERO TB INTERFACE EN SALA DE CONTROL.
NOTA: LOS TEMS E7,8,9 PASARAN A DIFERENTE CONDICION CUANDO SE INICIA EL PROCESO DE ARRANQUE (READY TO START)

Elaboró: Operadores Termoelectrica de Ocoa
Revisó: Antonio Valderrama
Coord. Operación y Mantenimiento Termococa
Aprobó: Edward Rbero Rangel
Jefe Dpto. de Mantenimiento

Fecha: 31 / 08 / 07
Fecha: 14 / 09 / 07
Fecha: 21 / 09 / 07

Nota: Cualquier documento, físico o magnético, que se encuentre fuera del portal de la Intranet, será considerado como copia no controlada, por lo que su consulta y uso es responsabilidad exclusiva del usuario


Nota. Ubicación de los archivos de operaciones para los procedimientos. Tomado de la entrevista a (Vergara, A., 2025)

Para los operadores de campo le es muy complejo relacionarse con los equipos auxiliares de la maquina la deficiencia en la actualización de parámetros de trabajo y advertencias (alarmas), precaución y disparos. Por qué la información en la capacitación e inducción al personal que

ingresa a las instalaciones se limita a las charlas de seguridad ocupacional, cuidados del medio ambiente, los activos.

Figura 26,5

Instrucción para registro de paradas de equipos en la herramienta de confiabilidad RELINE para técnicos de mantenimiento SOC-I-414 versión 1

	SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES CENTRAL	SOC-I-414	
	INSTRUCCIÓN PARA REGISTRO DE PARADAS DE EQUIPOS EN LA HERRAMIENTA DE CONFIABILIDAD RELINE PARA TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO	Versión 1	5/13

2.3.8 **COMPONENTE ELEMENTO:** Cada uno de los subsistemas que componen un equipo, mencionados en el numeral 3.1.3, está conformado por componentes, por ejemplo un sistema de lubricación se encuentra conformado por: reservorio, bomba, motor, filtro, enfriador, válvulas, tuberías, aceite y sensor de control de temperatura. Seleccione el COMPONENTE ELEMENTO que generó la parada del equipo.

Referirse al Anexo A.2 de la norma ISO 14224 para ver las unidades elemento de los diferentes equipos considerados en RELINE.

2.3.9 **MODO FALLA:** El modo de falla es el proceso físico, químico, etc. que conduce a la falla del COMPONENTE ELEMENTO. Los modos de falla se clasifican en seis categorías:

- Falla mecánica.
- Falla de material.
- Falla de instrumento.
- Falla eléctrica.
- Influencia externa.
- Misceláneos.
- Sin falla, (paradas de equipos por mantenimientos preventivos).

Referirse al Anexo A para ver los modos de falla considerados en RELINE.

2.3.10 **TIPO FALLA:** En este campo se debe seleccionar si la parada corresponde a un evento que afecta la Confiabilidad o la Disponibilidad del equipo.

El siguiente cuadro es una guía rápida que permite identificar el tipo de parada.

Tipo de falla / mantenimiento a registrar	Afecta Confiabilidad	Afecta Disponibilidad
Fallas que requieren que se lleve a cabo alguna actividad de mantenimiento correctivo.	X	
Fallas detectadas durante inspecciones, pruebas y/o mantenimientos preventivos que requieren reparación o reemplazo de componentes que no de desaste frecuente (sellos, impulsores, etc.).	X	
Fallas de dispositivos de seguridad o de dispositivos de control/monitoreo requeridos para proteger el equipo/proceso, o reductor en la capacidad de equipos por debajo de límites especificados.	X	

Actualizó: Juan Pablo Novoa - Profesional de Mantenimiento	Revisó: Ing. José Domingo Mantilla - Coordinador Ingeniería Mantenimiento y Confiabilidad Central	Aprobó: Ing. Edgar Patemina Blanco - Jefe Dpto. de Mantenimiento (e)
Fecha: 03 / 09 / 2008	Fecha: 07 / 09 / 2008	Fecha: 09 / 09 / 2008

Nota: Cualquier documento, físico o magnético, que se encuentre fuera del portal de la Intranet, será considerado como copia no controlada, por lo que su consulta y uso es responsabilidad exclusiva del usuario.

Nota. Ubicación de los archivos de operaciones para los procedimientos. Tomado de la entrevista a (Vergara, A., 2025)

En la figura 26.5 se describe en el procedimiento para registro de paradas de equipos en la herramienta de confiabilidad RELINE para técnicos de mantenimiento en donde resalta 2.3.10 tipo de falla / mantenimiento a registrar y si la parada corresponde a un evento que afecta la confiabilidad o

disponibilidad del equipo. Como las siguientes categorías; fallas por mantenimiento correctivos, Fallas detectadas durante inspecciones, Fallas de dispositivos de seguridad o dispositivos de control/monitoreo, parada de equipo, falla en equipos causados por agentes externos, reemplazo periódico de consumibles y parte de desgaste normal, servicios menores de mantenimiento, pruebas e inspecciones, mantenimiento preventivo planeado y modificaciones, mejoras o actualizaciones de equipo.

Figura 26.6

Confiabilidad de los procedimientos

Resultados				
Accion correctora	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)	Indice prioritario del riesgo (NPR)
Seguimiento al contratista para la disposicion de procedimiento de proceso	8	6	5	240

Nota. Resultados sobre los procedimientos que posee la compañía. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Se realiza seguimiento al contratista Magnex Group para determinar la amplitud en la desactualización de los procedimientos y dar una recomendación, determinando que este tipo de fallas son comunes por la continua mejora de los procesos. La desorientación del personal contratado es alta la probabilidad de falla dentro del cargo esto puede entorpecer los objetivos del contrato y no cumplir con los indicadores del cliente. La falta de información lleva a una falla humana no premeditada, pero si es el medio por el cual ejecuta la acción de operación de la maquina turbina de generación y sus servicios auxiliares.

Figura 27

Modos de falla superintendencia de operaciones central SOA-I-414

MODOS DE FALLA				
CÓDIGO GENERAL	DESCRIPCIÓN GENERAL	CÓDIGO RELINE	MODOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLA
1.	Falla mecánica	MF_1,0	General - Falla mecánica	Falla relacionada a defectos mecánicos. No se conoce más información.
		MF_1,1	Fuga	Fuga interna y/o externa de líquidos o gases. Si el efecto de falla es fuga, (ver reporte del operador), se debe orientar el modo de falla a la causa de la fuga.
		MF_1,2	Vibración	Vibración anormal. Si el efecto de falla es vibración, (ver reporte del operador), se debe orientar el modo de falla a la causa de la vibración.
		MF_1,3	Holgura / desalineamiento	Falla causada por holgura o alineamiento erróneo.
		MF_1,4	Deformación	Deformación, flexión, pandeo, abolladura, material blando, encogimiento, etc.
		MF_1,5	Aflojamiento / soldadura	Desconexión, pérdida de partes.
		MF_1,6	Agarrotamiento	Agarrotamiento, atascamiento debido a razones diferentes a holgura o alineamiento erróneo.
2.	Falla de material	MF_2,0	General - Falla de material	Falla relacionada a defectos del material. No se conoce más información.
		MF_2,1	Cavitación	Relevante para equipos como bombas y válvulas.
		MF_2,2	Corrosión	Todos los tipos de corrosión, húmeda (electroquímica) y seca (química).
		MF_2,3	Erosión	Desgaste erosivo.
		MF_2,4	Desgaste	Desgaste abrasivo y adhesivo. Ej.: rayado, raspado.
		MF_2,5	Rotura	Fractura, desgarramiento, rotura.
		MF_2,6	Fatiga	Si la causa de la rotura puede ser identificada por fatiga, se debe usar este código.
		MF_2,7	Sobrecalentamiento	Material dañado por sobrecalentamiento / quemadura.
		MF_2,8	Estallado	Elemento estallado, explotado.
3.	Falla de instrumento	MF_3,0	General - Falla de instrumento	Falla relacionada con instrumentación. No se conocen más detalle.
		MF_3,1	Falla de control	Sin, o erróneo control.
		MF_3,2	Sin señal / indicador / alarma	Sin señal / indicador / alarma, cuando se esperaba.
		MF_3,3	Señal / indicador / alarma erróneo	Señal / indicador / alarma es errónea en relación con el proceso. Puede ser falsa, intermitente, oscilante o arbitraria.
		MF_3,4	Descalibrado	Error de calibración, parámetro deslizado.

		MF_3,5	Falla de software	Sin o error en control / monitoreo / operación debido a falla en software.
4.	Falla eléctrica	MF_4,0	General - Falla eléctrica	Falla relacionada al suministro y transmisión de energía eléctrica. No se conocen más detalles.
		MF_4,1	Corto circuito	Corto circuito.
		MF_4,2	Circuito abierto	Desconexión, interrupción, cable roto.
		MF_4,3	Sin energía eléctrica	Ausencia o insuficiente suministro de energía eléctrica.
		MF_4,4	Energía eléctrica fuera de especificaciones	Energía eléctrica fuera de especificaciones. Ej.: Sobrevoltaje.
		MF_4,5	Falla en puesta a tierra / aislamiento	Falla en puesta a tierra, bajo aislamiento.
5.	Influencia externa	MF_5,0	General - Influencia externa	Falla causada por eventos externos o sustancias provenientes fuera de la frontera. No se conocen más detalles.
		MF_5,1	Obstruido / atascado	Flujo obstruido debido a suciedad, contaminación, congelamiento, etc.
		MF_5,2	Contaminación	Fluido / gas / superficie contaminada. Ej.: Aceite lubricante contaminado, detector de gas contaminado.
		MF_5,3	Misceláneos de influencias externas	Objetos extraños, impactos, influencia del medio ambiente de sistemas vecinos.
6.	Misceláneos	MF_6,0	General - Misceláneos	Modos de falla que no se ajustan en ninguna de las categorías listadas anteriormente.
		MF_6,1	Sin causa encontrada	Falla investigada pero la causa no fue encontrada o existe incertidumbre.
		MF_6,2	Causas combinadas	Varias causas. Si hay una falla predominante debe codificarse.
		MF_6,3	Otros	No aplica ningún código. Usar el campo disponible para texto libre.
		MF_6,4	Desconocido	No existe información disponible.
7.	Sin falla	Sin_F	Mantenimiento preventivo	La parada del equipo se originó para atender un mantenimiento preventivo. No hay modo de falla.

Nota. Procedimiento diagnóstico de fallas. Tomado de norma ISO 14224-Anexo C – Tabla C.1

Los estatutos de modo de falla tomado del procedimiento para el registro de parada de equipos en la herramienta de confiabilidad Redline para técnicos de mantenimiento y con referencia de la norma ISO 14224-Anexo C – Tabla C.1. El cual les permitió guiar e identificar el tipo de parada donde conduce a la falla del componente elemento. Los modos de falla se clasifican en seis categorías; falla mecánica, falla de material, falla de instrumento, falla eléctrica, influencia externa, misceláneos, sin falla, (paradas de equipos por mantenimientos preventivos).

Figura 28

Modos de falla A2. Causas raíces del formato superintendencia de operaciones central SOA-I414

CAUSAS RAÍCES				
CÓDIGO GENERAL	DESCRIPCIÓN GENERAL	CÓDIGO RELINE	CAUSA RAÍZ	DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA RAÍZ
1.	Causas relacionadas con diseño	CR_1,0	General - Causa relacionada con diseño	Falla relacionada con inadecuado diseño para operación o mantenimiento. No se conocen más detalles.
		CR_1,1	Capacidad inadecuada	Capacidad / dimensión inadecuada.
		CR_1,2	Material inadecuado	Inadecuada selección del material.
		CR_1,3	Diseño inadecuado	Inadecuado diseño de equipo o de configuración, (forma, tamaño, tecnología, configuración, operabilidad, mantenibilidad, etc.).
2.	Causas relacionadas con fabricación / instalación	CR_2,0	General - Causa relacionada con fabricación / instalación	Falla relacionada con la fabricación o instalación. No se conocen más detalles.
		CR_2,1	Error de fabricación	Falla en manufactura.
		CR_2,2	Error de instalación	Falla en instalación o en armado, (armado sin acciones de mantenimiento).
3.	Fallas relacionadas con operación / mantenimiento	CR_3,0	General - Falla relacionada con operación / mantenimiento	Falla relacionada con la operación, uso o mantenimiento del equipo. No se conoce más información.
		CR_3,1	Funcionamiento fuera de parámetros de diseño	Funcionamiento fuera de parámetros de diseño. Ej.: presión por encima de especificaciones, etc.
		CR_3,2	Error operativo	Error, desuso, negligencia, descuido, etc., durante la operación.
		CR_3,3	Error de mantenimiento	Error, desuso, negligencia, descuido, etc., durante el mantenimiento.
		CR_3,4	Desgaste y rotura esperada por vida útil	Falla causada por desgaste y rotura como resultado del funcionamiento normal del equipo.
4.	Fallas relacionadas con la administración	CR_4,0	General - Falla relacionada con la administración	Falla relacionada con temas de la administración. No se conocen más detalles.

Nota. Causas raíces. Tomado de Modos de falla A2 formato de operaciones central SOA-I-414

La causa raíz se refiere al evento inicial que origina el evento de falla. Las causas raíz se clasifican en cinco categorías; causas relacionadas con diseño, causas relacionadas con fabricación o instalación, fallas relacionadas con operación y mantenimiento, fallas relacionadas con la administración, misceláneas, sin causa, (paradas de equipos por mantenimiento

preventivos). Referenciado de la figura 20. Modos de falla A2. Causas raíces del formato superintendencia de operaciones central SOA-I-414

Figura 29

Acoso Laboral

Funcion	Modo de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa Potencial del fallo	Condiciones existentes					Estado y Accion Recomendadas	Area responsable accion correctora
				Controles actuales	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)	prioritario del riesgo (NPR)		
FALLA LABORAL	Acoso Laboral	Persecución laboral	Descompensación de los colaboradores	intervencion de la USO al contrato	3	8	8	192	Seguimiento y evaluacion a los admon	Ecopetrol
		Manejo de palabras ofensivas por los jefes	Baja actitud de los operarios	intervencion de la USO al contrato	4	7	7	196	Seguimiento y evaluacion a los admon	Ecopetrol
		Falta de incentivo economico por recargos trabajados	Preocupacion de los colaboradores	Aplicación de convenio USO-MASA	5	3	7	105	Seguimiento y evaluacion a los admon	Ecopetrol

Nota. Modo de fallo. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Se evidencia el modo de fallo acoso laboral un claro índice prioritario del riesgo, que la afectación con mayor detención son las actitudes y palabras de aliento por parte de los jefes directos, en cual, según la operación, la compañía se comprometió a darle seguimiento y solución.

Figura 29.1*Resultado de Acoso Laboral*

Acción correctora	Resultados			Índice prioritario del riesgo
	Severidad (1-10)	Ocurriencia (1-10)	Detección (1-10)	
Acuerdo de USO-MASA	6	1	1	6
Acuerdo de USO-MASA	6	1	1	6
Acuerdo de USO-MASA	6	6	6	216

Nota. Resultados. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Como resultados de la figura 21.1 se mejoran las disposiciones por parte del patrono, pero se vio afectado la falta de incentivo económico por recargos de los trabajadores en un 50% de aumento de este modo de falla, algunas tendencias tienden a crecer o decrecer con el tiempo hasta estabilizarse por acuerdos o decisiones por tomar. Este tipo de resultados puede llevar a preocupaciones e incitar a no tener actitud a la labor o tener consecuencias en el ámbito del hogar de los trabajadores para el efecto potencial de fallo figura 29 la falta de incentivo económico por recargos trabajados dio como resultado en índice prioritario del riesgo en 216.

Figura 30

Carga Laboral 1.0

Funcion	Modo de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa Potencial del fallo	Condiciones existentes				Estado y Accion Recomendadas	Area responsable accion correctora	
				Controles actuales	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)			Indice prioritario del riesgo (NPR)
FALLA LABORAL	Carga Laboral	Produccion de agua pretratamiento, filtrada, desmineralizada, Eledeesionizada.	Desequilibrio en el proceso de produccion de agua	Analisis de muestras de laboratorio	3	3	3	27	Aplicación de químico por bombeo	Proyecto
		Cargue y descargue de combustible	Riesgo químico y ambiental	Adecuacion de infraestructura	4	4	3	48	Modificacion de tuberia de despacho	Proyecto
		Cargue de agua neutralizada 4 al dia	Riesgo ambiental	porgramacion de actividad con contratista.	5	4	3	60	Minimizar los despachos	Planeacion
		Rondas operativas y recoleccion de variables operativas	Variables de los equipos de produccion	Monitoreo y respuesta HMI	1	3	3	9	Analisis de datos de procesos	Ecopetrol

Nota. Modo de falla carga laboral del trabajador. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Los efectos potenciales de fallos estipulados en la figura 22 son actividades de campo que los operarios reportan de los cuales han tenido mayores eventos de fallo. El más alto índice ocurre en el cargue de agua neutraliza la acción y efecto de 4 diarios. Exponen que debido a la cantidad dejan de hacer otras actividades que tienen mayor impacto en la generación de energía eléctrica.

Figura 30.1*Carga Laboral 1.0*

Acción correctora	Resultados			Índice prioritario del riesgo (NPR)
	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	
Análisis de agua toma muestras	4	4	7	112
control de cambios	2	6	7	84
Certificación de vertimientos	8	8	8	512
Recolección de datos en formato digital	4	5	7	140

Nota. Resultados. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Los resultados nos muestran que las instalaciones no cuentan con una autorización y/o certificación de vertimientos por parte de Cormacarena para verter el agua de proceso al río y esto lleva a la actividad se tenga que realizar sin contemplar los riesgos al ser humano ni la carga laboral. Es una de las acciones correctoras por intervenir con el mayor índice de riesgo. Donde se deben categorizar y captar dentro de los avances del proyecto ya que lleva un retraso de 6 años que no tienen respuestas exitosas de parte de la organización ambiental.

Figura 31*Carga Laboral 2.0*

Funcion	Modo de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa Potencial del fallo	Condiciones existentes				Estado y Accion Recomendadas	Area responsable accion correctora	
				Controles actuales	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)			Indice prioritario del riesgo (NPR)
FALLA LABORAL	Carga Laboral	Revisión, validación de permisos de trabajo para actividades de mantenimiento	Falencia en la apertura de permisos	Ejecución de plataforma J5 digital	4	4	2	32	Ajustes y tiempo de apertura	Operaciones
		Prueba funcional de equipos de campo	Pruebas sin éxito	Consentación de fallas con los colaboradores	4	4	5	80	Procedimientos actualizados	Proyecto
		Libro Bitacora	Ausentismo de datos del turno	Control de datos primarios y reportes de cambios	4	3	3	36	Escrito de lo sucedido en el turno	Operaciones
		Avisos reportes para actividades de mantenimiento	Categorización de actividades reportadas	Reporte de avisos en línea	4	4	6	96	Reporte de actividades 1 sola vez	Ecopetrol

Nota. Modo de falla carga laboral del trabajador. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Se tiene un efecto potencial de fallo en los avisos de reportes para actividades de mantenimiento donde la causa es una categorización de actividades reportadas uno de los controles actuales se define con avisos en línea, hay existencias reprimidas no ejecutadas en planeación por tiempos de trabajo, materiales de mantenimiento, unidades disponibles. Etc. Existe falencia para la normalidad de un equipo estando en reporte o avisos de Share Point. Véase la figura 14 pagina 35. donde se destacó el mismo reporte varias veces por parte de operadores de campo y su estructura por los supervisores es varias veces en turno.

Figura 31.1*Carga Laboral 2.0*

Acción correctora	Resultados			
	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	Índice prioritario del riesgo (NPR)
Revisiones oportunas	3	4	1	12
Disponibilidad y Adecuación del equipo	4	4	2	32
Especialidad de datos relevantes	5	3	4	60
Plataforma en línea Y2 & Y3	5	5	5	125

Nota. Resultados. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

La acción correctora destaca que para lograr reducir los impactos de avisos reprimidos hay que crear eventos Y2 y Y3 véase la Figura 13 de la página 34, donde se refiere a la creación de avisos de la plataforma en línea.

Figura 32*Contrato laboral*

Funcion	Modo de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa Potencial del fallo	Condiciones existentes				Estado y Accion Recomendada s	Area responsable accion correctora	
				Controles actuales	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)			Indice prioritario del riesgo (NPR)
FALLA LABORAL	Contrato laboral	Contrato de obra labor	Acoso laboral contra el colaborador	Ninguno	3	5	6	90	Cambio de tipo de contrato a termino definido	Masa stork
		Contratos por 15 dias minimos 30 dias max.	Acoso laboral contra el colaborador	Contratos del 50% total del contrato con el cliente	5	6	8	240	Aumentar los meses de contratacion	Masa stork

Nota. Modo de fallo contrato laboral. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Los contratos laborales se evidenciaron porcentajes de trabajo muy cortos del 10 %, 15% Max 20% con respecto al contrato de la prestación del servicio general de 1 año y medio o 2 años depende de las condiciones contractuales y prorrogas descritas, lo cual pueden ser los contrastes de las diversidad de fallas humanas no catalogadas o descritas en los modos de fallas de la figura 24 este tipo de falla laboral debe estar contemplado por los organismos de control para los administradores en la compañía por que puede influir este para tipo de factores tener trabajadores preocupados por su situación. (Vergara, A., 2025.)

Figura 32.1*Contrato laboral*

Acción correctora	Resultados			
	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	Índice prioritario del riesgo (NPR)
Evaluación de los tipos de contratos.	4	4	2	32
Aplicar acuerdo USO-MASA	5	6	2	60

Nota. Resultados. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Para la situación del personal que se proyectaba con un trabajo por días mediante la firma reiterada de contratos, la asociación de trabajadores y la compañía se reunieron tomando en cuenta las condiciones de los trabajadores donde se contempló un ajuste de fecha para contratarlos teniendo y validando la situación de la compañía con el cliente en la negociación se estipuló el 50% según la prórroga del contrato actual total por el cliente. Esto como resultado según las entrevistas con algunos trabajadores ayuda al bienestar laboral teniendo en cuenta a la familia y sus preocupaciones del colaborador reduciendo sus inquietudes. (Vergara, A., 2025.)

Figura 33*Horario laboral*

Funcion	Modo de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa Potencial del fallo	Condiciones existentes					Estado y Accion Recomendadas	Area responsable acción correctora
				Controles actuales	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)	Indice prioritario del riesgo (NPR)		
FALLA LABORAL	Horario Laboral	14 dias laborados por 14 dias de descanso	Perdida de informacion por parte de los operarios que no se reportan en el cambio de turno	Registro en linea de eventos registrados o reporte de areas afectadas en excel.	5	3	6	90	Evaluacion de los turno de trabajo	Masa stork
		Turnos de 12 horas	Agotamiento fisico en colaboradores	Ninguno	7	6	3	126	Reestauracion de nuevos turnos evaluados y propuestos	Masa stork
		Turnos de 12 horas noche	Agotamiento fisico en colaboradores	Ninguno	7	6	3	126	Reestauracion de nuevos turnos evaluados y propuestos	Masa stork

Nota. Modo de fallo horario laboral. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Un índice prioritario del riesgo del 126 destaca en el modo fallo horario laboral donde los turnos de 12 horas día y noche causa un agotamiento físico en los colaboradores, argumenta que la exposición al ruido, la vibración y la radiación electromagnética de los cables de redes eléctricas que cierran la planta ocasiona desgaste y agotamiento del personal y a largo plazo in ocurrir en afectaciones al personal que labora en este tipo de exposición diaria. Contradicen que no existe ningún tipo de control para reducir el impacto. (Vergara, A., 2025.)

Figura 33.1

Horario Laboral

Acción correctora	Resultados			
	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	Índice prioritario del riesgo (NPR)
Propuesta de turnos de trabajo aplicados	6	6	4	144
Propuesta de turnos de trabajo aplicados	6	6	4	144
Propuesta de turnos de trabajo aplicados	6	6	4	144

Nota. Resultado. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Como resultado no se ha tenido respuesta positiva con respecto a la situación de turnos de trabajos habilitados para ejecutar actividades de alto impacto del cuerpo humano. Como lo explican en el siguiente estudio del gobierno vasco. (Alonso Fustel, E. y García Vásquez, R., Onaindia Olalde, C., 2011).

Cuestiona la compañía que el modelo de turnos fue validado por estrategia donde la empresa propone como controlar la propagación del virus COVID 19. Y así fue implementado ya hace 4 años este diseño de turnos 14x14 de 12 horas diarias noche y día, dos operarios por ciclo en el mes. (Vergara, A., 2025.)

Figura 34*Capacitación*

Funcion	Modo de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa Potencia l del fallo	Condiciones existentes					Estado y Accion Recomendada s	Area responsable accion correctora
				Controles actuales	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)	Indice prioritario del riesgo (NPR)		
FALLA LABORAL	Capacitacion	Capacitaciones certificadas por la empresa	desconocimiento de actualizaciones	Ninguno	8	7	4	224	Autorizacion de cursos	Masa stork

Nota.

Modo de fallo capacitación. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

Otro de los factores claves dentro de la siguiente aplicabilidad de AMFE, marca un índice prioritario del riesgo con una falla en capacitaciones del personal, en todos los ámbitos organizacionales ya sea seguridad ocupacional industrial, proceso, equipos nuevos y actualización de normas nacionales e internacionales de industrias generadoras de energía eléctrica y procesos afines con el mismo objeto.

Figura 34.1*Resultados de Capacitación*

Resultados				
Accion correctora	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Deteccion (1-10)	Indice prioritario del riesgo (NPR)
Capacitacion por plataforma MASA-STORK	8	9	3	216

Nota. Resultados. (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004, p.5)

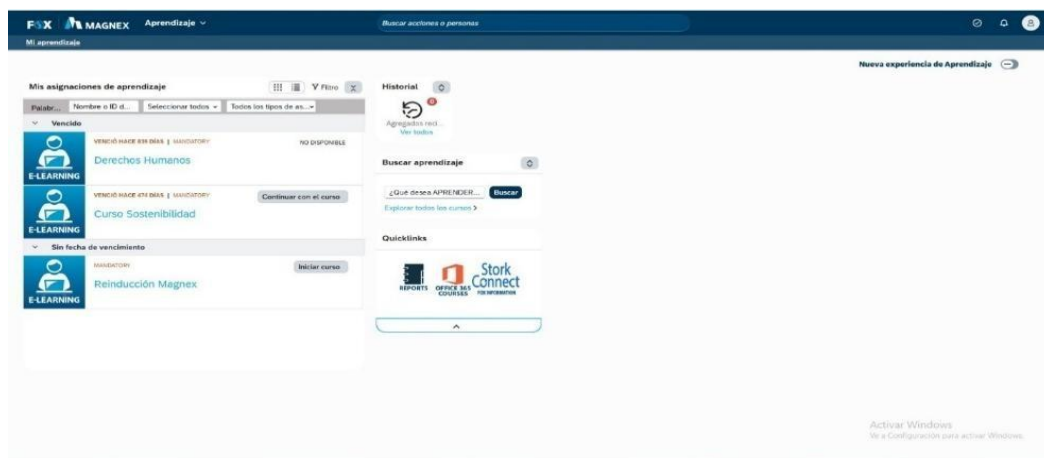
Como resultados a este seguimiento se tiene una afectación mínima decreciente al factor de modo fallo capacitación, la compañía para éxito de la operación y garantizar el tiempo óptimo de operación de un equipo los mantenimientos adecuados e inspecciones son garantes de minimizar

costos de producción por categorías como falla mecánica, falla de material, falla de instrumento, falla eléctrica, influencia externa, misceláneos, sin falla, (paradas de equipos por mantenimientos preventivos). En la investigación del puesto de trabajo como resultado se reflejan cursos virtuales que los operarios tienen acceso por medio de aula virtual Magnex Group, así como también el acompañamiento de la ARL con intensidades de 20 horas certificadas. (Vergara, A., 2025)

Se debe valorar y tener presente los equipos de campo según la necesidad dentro de las instalaciones, así como nuevos sistemas robustos de responsabilidad del operador para llevar a cabo con éxito la disponibilidad del servicio tanto como la óptima operación y a alargar la vida útil de los activos del cliente. (Vergara, A., 2025)

Figura 34.2

Plataforma FOX_MAGNEX de aprendizaje, políticas y cursos éticos al cargo asignado



Nota. Capacitaciones de la compañía Fox Magnex aprendizaje. Tomado de https://hcm41.sapsf.com/sf/home?bplte_company=storktechnP3&_s.crb=QY2LxTKqylhLhsSfm doR6OLwJqEBIglu0dAHk2sXY2A%3d

Masa Stork-Magnex Group maneja una plataforma que condensa al correo corporativo de trabajadores para la gestión de diferentes directrices del proyecto o contrato asignado, esto se

evidencia en la figura 26.2 Plataforma Fox Magnex de aprendizaje, políticas y cursos éticos al cargo asignado. Donde se observa cursos destacados al desarrollo personal con la compañía.

Figura 34.3

EGS-SOLUTIONS plataforma ARL seguros bolívar, seguridad laboral

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://egs-solutions.edu-labs.co>. The page has a green header with 'Página Principal' on the left and 'Acceder' on the right. Below the header, there are three main sections: 'INDUCCIÓN HSSEQ', 'E-LEARNING', and 'ESCUELA DE LIDERES'. Each section contains a list of courses or topics. At the bottom, there is a banner with the text 'medio ambiente, higiene industrial y salud' and a small advertisement for EGS SOLUTIONS SAS.

INDUCCIÓN HSSEQ	E-LEARNING	ESCUELA DE LIDERES
<ul style="list-style-type: none"> ○ Paradas de Planta TABARCA 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1. CONSTRUYAMOS JUNTOS LA CULTURA EN SEGURIDAD DE PROCESOS ○ 2. CONOCIMIENTO DE LOS PROCESOS ○ 3. IDENTIFICACION DE PELIGROS Y ANALISIS DE RIESGOS ○ 4. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ○ 5. PRACTICAS DE TRABAJO SEGURO ○ 6. CONTROL DE ENERGIAS PELIGROSAS 1 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1. MARCO CONTRACTUAL ○ 2. LIDERANDO CON SENTIDO ○ 4. Planeación y programación ○ 5. Salud, Seguridad Industrial, Medio Ambiente y Seguridad de Procesos ○ 6. Control de trabajo ○ 7. Construyamos juntos la cultura en seguridad de procesos

EGS SOLUTIONS SAS ES UNA EMPRESA COLOMBIANA CON ALIADOS COMERCIALES EN LATINOAMÉRICA Y CON 8 AÑOS DE EXPERIENCIA EN EL SUMINISTRO DE TECNOLOGÍA EN LAS ÁREAS DE HIGIENE INDUSTRIAL, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.

Nota. Environmental & Gas Systems Solutions. <https://egssolutions.com.co/>

Para este proceso evidenciamos en la proyección de la compañía la determinación del cuidado autónomo de los trabajadores para garantizar el bienestar de sus familias cuando estos colaboradores estén en sus puestos de trabajo. Como vemos en la figura 26.3 Egs Solutions plataforma de la ARL seguros bolívar. Una empresa colombiana con aliados comerciales en Latinoamérica y con 8 años de experiencia en el suministro de tecnología en las áreas de higiene industrial, seguridad y medio ambiente.

Conclusiones

La gestión efectiva de las fallas humanas en la planta termoeléctrica de Ocoa es un proceso continuo que requiere un enfoque integral y proactivo. Al combinar una sólida cultura de seguridad, una formación rigurosa, un diseño de sistemas ergonómico, una gestión del desempeño humano basada en datos y la implementación de tecnologías avanzadas, la planta puede minimizar significativamente el riesgo de errores humanos y mejorar su eficiencia y seguridad operativa.

Además, la planta debe estar preparada para adaptarse a los cambios en la tecnología, los procesos y el entorno operativo. La capacitación continua, la investigación de incidentes y la retroalimentación regular son esenciales para mantener la eficiencia de las estrategias de gestión de fallas humanas a lo largo del tiempo.

Es importante destacar que la gestión de fallas humanas no es un esfuerzo aislado, sino que debe estar integrada en la cultura y los procesos de la planta. La participación de todos los empleados, desde la alta dirección hasta el personal de base, es fundamental para el éxito de cualquier estrategia.

Al priorizar la gestión de fallas humanas, la planta termoeléctrica de Ocoa puede garantizar un entorno de trabajo más seguro y eficiente, proteger a sus empleados y contribuir a la sostenibilidad de la generación de energía.

Recomendaciones

Mejorar la capacitación y el entrenamiento; llevar a cabo los programas de capacitación basados en competencias, que incluyan tanto conocimientos teóricos como habilidades prácticas. Hacer uso de las herramientas en simulación que posee la compañía como lo es la plataforma de FOX_MAGNEX para entrenar al personal en situaciones de alto riesgo. Realizar evaluaciones periódicas para asegurar la efectividad de los programas de capacitación y auditoría de que se estén cumpliendo las capacitaciones.

Implementar tecnologías de asistencia; Utilizando sistema de monitoreo y diagnóstico predictivo para detectar anomalías tempranas. Utilización de sistemas de automatización para reducir la dependencia del error humano en tareas repetitivas y peligrosas, utilizar tecnologías de realidad aumentada para proporcionar información en tiempo real al personal durante las tareas de mantenimiento y operación.

Fomentar la gestión del desempeño humano; implementar sistemas de retroalimentación regular y constructiva para el personal, realizar análisis de causa raíz (RCA) de incidentes y errores para identificar las causas subyacentes teniendo en cuenta el historial de sucesos similares en procesos de generación de energía eléctrica. Implementar programas de gestión del estrés y la fatiga para prevenir errores relacionados con el cansancio y la sobrecarga laboral evaluando actividades emergentes para el éxito de la terminación de la actividad.

Referencias

Alonso Fustel, E., García Vásquez, R., Onaindia Olalde, C. (2011, noviembre). Campos

electromagnéticos y efectos en salud. Pág. 58-61.

https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/salud_amb_campos_electrom/es_def/adjuntos/CEM_cast.pdf

Betancur, F., y Canney, P., Investigación y Análisis de Accidentes e Incidentes de Trabajo

(2013).

https://www.arlsura.com/pag_serlinea/radar/pdf/investigacion_analisis_incidentes_accidentes.pdf

Consejo Colombiano de Seguridad. (2024) Informe Siniestralidad laboral

https://ccs.org.co/observatorio/assets/boletin_fasecolda/66a7efcc963c1.pdf e-Biblioteca, U.

(2023). *Plantilla Norma APA 7a Edición (formato para descargar)*. [E-book].

Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/54822>

GE Energy Work Order. (20161/20162). [Turbine de Gas – Manual de Operación y mantenimiento].

ELC Project. Manager, Technical Publications 16415 Jacinto Port Blvd.

Houston, Texas 77015. U.S.A

General Electric. (s.f.) Protection & Control Reference guide. vol. 22, pages. 85, 155, 235, 243,

301, 487. www.GEDigitalEnergy.com.

Gómez, F., y Sabugal, S. (2006). Centrales térmicas de ciclo combinado: teoría y proyecto.

Madrid, España: Ediciones Diaz de santos.

Grajales, A. (03 de marzo de 2025). “Emisor de permisos de trabajo Termoeléctrica de Ocoa”

Ingeniero Mecánico. (Henaio, Y. Entrevistador)

[Hexagon AB., 2022.] <https://hexagon.com/es/products/j5-operations-management-solutions>

INSST-NPT 679, (2004). Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A.,

M.P. <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-deprevencion/19-serie-ntp-numeros-646-a-680-ano-2004/679>

Ley 2101 de 2021. Que reduce las horas de trabajo de 48 horas a la semana a 46 horas a la semana y a partir del 16 de julio del año 2025 pasara a 44 horas”. (Ministerio del trabajo, 2025.,)

Madrid. (1994). Métodos cualitativos para el análisis de riesgos. Guía técnica.

Mecánicos Asociados – MASA A STORK COMPANY. (s.f). Manual de operación y control planta termoeléctrica de Ocoa. Villavicencio: MASA_ MAGNEX GROUP

Mejía, M. M. (2024, 1 abril). Precio de energía en bolsa aumento por encima de \$850 kWh, por niveles de embalses. Diario la Republica. <https://www.larepublica.co/economia/precio-deenergia-en-bolsa-aumento-por-encima-de-850-kWh-por-niveles-de-embalses-3831476>

Méndez, R., (22 de agosto de 2017). Historia de la termoeléctrica Termocoa. (E. Linares, & L.

Rodríguez, Entrevistadores)

Monterrosa Quintero, A. (2017, junio 5). [Versión on-line ISSN 0718-2449]. Fallas humanas y accidentes de trabajo: una contribución de las investigaciones en prevención, control de los riesgos y accidentes. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-24492017000200120

Morales, M. (25 de marzo de 2025). “Ejecutor de permisos de trabajo Magnex Group” Técnico Mecánico. (Hena, Y. Entrevistador)

Norma ISO 14224-Anexo C – Tabla C.1 (1999). Industrias del petróleo y del gas naturalRecolección e intercambio de información de confiabilidad y mantenimiento para equipo. [Scribd] <https://es.scribd.com/document/516102268/Norma-ISO14224-Espanol>

Paul, J. (1996) *Prentice hall*, Gestión de la Calidad Total.

Real Academia Española La 23.a edición. (2014). <https://www.rae.es/>.

Resolución 0631 de 2015 [ministerio de ambiente y desarrollo sostenible]. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones (18 de abril de 2025). D.O.Nº49486.

Santiago García Garrido. Renovetec Editorial ISBN: 978-84-617-0450-7. (2019). [Turbina de Gas: Montaje, PEM, Operación y Mantenimiento]. <http://www.renovetec.com/renovefree>

Serenty. (2023, 20 noviembre). ¿Por qué son importantes las políticas y procedimientos empresariales? Serenty. <https://www.serenty.es/noticias/importantes-las-politicaprocedimientos-empresariales/>

Sydle, (2023, 10 diciembre). Gestión de procesos: 9 síntomas de la falta de gestión por procesos.

Blog SYDLE. <https://www.sydle.com/es/blog/sintomas-falta-de-gestion-por-procesos-60db754441be8d080b851f11>

T&DELECTRIC innovando soluciones. (12 abril 2023). [Relés de Protección].

<https://tydelectric.com/blog/relés-reles-proteccion-sistema-electrico-potencia/>.

Torrez, M., (2011). Diagnóstico de fallos en el generador de vapor BKZ-340-140-29 M de la central termoeléctrica “Máximo Gómez”. RIELAC, 32(2), pagina 31-41.

<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6724897.pdf>

Traductor. (2022, julio 6). ELMUNDO. <https://www.elmundo.es/traductor/>

Vergara, A. & Bustos, E. (14 de marzo de 2025). Facilitador de Avisos Magnex Group & Técnicos de operaciones y Mantenimiento. (Hena, Y. Entrevistador)

Apéndices

Apéndice A

Modos de Falla-Motores Eléctricos

Unidad de Equipo	Código	Definición	Descripción
Motores Eléctricos	FTS	Falla al arranque	No es posible activar el Motor
	STP	Falla al apagar	No es posible detenerlo o se presenta un proceso incorrecto de cierre de funciones
	SPS	Alto en falso	El apagado inesperado de un motor
	OWD	Operación sin demanda	Arranque no deseado.
	BRD	Descompuesto	Daño serio (Ataque, ruptura, explosión, etc)
	HIO	Salida Alta	Salida superior a las especificaciones.
	LOO	Salida Baja	Reparto con potencia reducida
	ERO	Salida Errada	Oscilar
		Falla para sincronizar	No es posible sincronizar el generador.
	VIB	Vibración	Vibración excesiva.
	NOI	Ruido	Ruido en exceso.
	ELU	Goteo externo de media utilidad	Aceite lubricante, refrigerante, etc
	OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura muy por encima de lo normal.
	PDE	Desviación de parámetros	Se experimenta un exceso en la tolerancia de los parámetros monitoreados.
	AIR	Lectura Anormal de los Instrumentos.	Por Ejemplo: una falsa alarma, Lectura fallida.
	STD	Deficiencia Estructural	Por Ejemplo: Agrietamiento, fracturas, desgaste
SER	Problemas Mínimos en Servicio	Piezas sueltas, decoloradas, sucias, etc.	
OTH	Otros	Ninguno de los aspectos arriba vistos, especificarlos en el campo Comentarios.	
UNK	Desconocido	Información inadecuada/ Inadecuada, Faltante.	

Nota. Código de fallas con su definición y descripción de motores eléctricos. Tomado de ISO 14224:1999 (E)

Apéndice B

Modos de Falla Detectores de Fuego y Gas

Unidad de equipo	Código	Definición	Descripción
Detectores de fuegos	FTF	Falla al requerirse una función.	No es posible activar el detector.
	OWD	Operar sin Demanda.	Falsa Alarma.
	AOL	Salida Anormal – Baja.	Tendencias a Fallas FTF, por Ej. Salidas bajas.
	AOH	Salida Anormal – Alta.	Tendencia a fallas OWD, por Ej. Una salida Alta.
	ERO	Salida Errónea.	Lectura no entendible, Por Ej. redundante.
	SER	Problemas menores en Servicio.	Requiere algunas reparaciones mínimas.
	UNK OTH	Desconocida Otras.	Información inadecuada/ Faltante. Especificarlo en el campo Comentarios.
Detectores de Gas	SHH	Señal Falsa de Alarma con un alto nivel.	Por Ej: 60%.
	SLL	Señal Falsa de Alarma con un bajo Nivel.	Por Ej: 20%.
	HIO	Salida Alta	Por Ej. Una lectura con un nivel de 10% al 20% sin prueba/ Lectura de Gas arriba del 80% en pruebas de Gas.
	HIU	Salida Alta, lectura desconocida.	-
	LOO	Salida Baja.	Por Ej: Una lectura entre los niveles del 31% y el 50% sobre la prueba de gas ^a .
	LOU	Salida Baja, Lectura Desconocida.	-
	VLO	Salida muy baja.	Por Ej. Una lectura con niveles entre el 11% y el 30% sobre la prueba de gas.
	ERO SER	Salida Errónea. Problemas menores en Servicio.	Lectura no entendible (Redundante). SE requieren algunas reparaciones mínimas.

^a Asumiendo un punto nominal establecido del 65% de nivel

Nota. Código de fallas con su definición y descripción de detectores de fuego y gas. Tomado de ISO 14224:1999 (E)

Apéndice C

Modos de Falla Turbinas de Gas

Unidad de Equipo	Código	Definición	Descripción
Turbina de Gas	FTS	Falla al arranque	No es posible activar la turbina.
	STP	Falla al apagar	No es posible detenerlo o se presenta un proceso incorrecto de cierre de funciones
	SPS	Alto en falso	El apagado inesperado de un motor
	OWD	Operación sin demanda	Arranque no deseado.
	FCH	Falla al cambiar entre 2 tipos de combustible	Motores de combustible dual: falla al accionar de un tipo de combustible a otro.
	BRD	Descompuesto	Daño serio (Ataque, ruptura, explosión, etc)
	HIO	Salida Alta	Salida superior a las especificaciones. Velocidad muy alta
	LOO	Salida Baja	Potencia/ Eficiencia por debajo de las especificaciones.
	ERO	Salida Errada	Operación inestable / rpm búsqueda
	ELF	Fuga Externa- Combustible	Fuga de gasolina o diesel.
	ELU	Fuga externa de utilidad media	Aceite lubricante, refrigerantes, etc.
	INL	Fuga interna.	EJ. Procesos medios en Aceite Lubricante.
	VIB	Vibración	Vibración excesiva.
	NOI	Ruido	Ruido en exceso.
	OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura muy por encima de lo normal.
	PDE	Desviación de parámetros	Se experimenta un exceso en la tolerancia de los parámetros monitoreados.
	AIR	Lectura Anormal de los Instrumentos.	Por Ejemplo: una falsa alarma, Lectura fallida.
	STD	Deficiencia Estructural	Por Ejemplo: Agrietamiento, fracturas, desgaste
	SER	Problemas Mínimos en Servicio	Piezas sueltas, decoloradas, sucias, etc.
	OTH	Otros	Ninguno de los aspectos arriba vistos, especificarlos en el campo Comentarios.
UNK	Desconocido	Información inadecuada/ Errónea, Faltante.	

Nota. Código de fallas con su definición y descripción de turbina de gas. Tomado de ISO 14224:1999 (E)

Apéndice D

Modos de Falla Cambiadores de Calor

Unidad de Equipo	Código	Definición	Descripción
Cambiadores De Calor.	IHT	Intercambio de Calor insuficiente	Proceso de Calor/ Enfriamiento insuficiente.
	ELP	Fuga Externa de procesos a medias.	Escape al ambiente de sustancias a medio procesar.
	ELU	Fuga Externa de Utilidades medias.	Escape al ambiente de refrigerante.
	INL	Fuga Interior.	Comunicación en la parte Caliente/ Fría.
	PLU	Enchufado/ Atascado.	Impedimento total o parcial para el flujo debido a la presencia de agua, sustancias aceitosas, sarro.
	STD	Deficiencia Estructural	Potencia reducida debido a impactos, corrosión extrema, Fracturas o agrietamientos.
	PDE	Desviación de los parámetros.	Los parámetros monitoreados exceden los niveles de tolerancia.
	AIR	Lectura Anormal de Los Instrumentos.	Por. Ej. Falsas alarmas, lecturas fallidas.
	SER	Problemas menores en servicio.	Componentes perdidos, decolorados, sucios.
	OTH UNK	Otros. Desconocido.	Especificarlos en el campo comentarios. Información inadecuada, Faltante.

Nota. Código de fallas con su definición y descripción de cambiadores de calor. Tomado de ISO 14224:1999 (E)

Apéndice E

Modos de Falla – Sensores de Procesos

Unidad de Equipo	Código	Definición	Descripción
Sensores de Procesos	FTF	Falla en funciones	Atascamiento del Sensor.
	OWD	Operar sin Demanda	Falsa alarma.
	AOL	Salida Anormal – Baja	Tendencia a Fallas FTF, Por Ej. Salida Baja.
	AOH	Salida Anormal - Alta	Tendencia a Fallas OWD, por Ej. Salidas altas.
	ERO	Salida errónea	Lectura no inteligible: Redundancias.
	SER	Problemas menores en servicio.	Se requieren algunas reparaciones menores.
	OTH	Otros.	Especificarlos en el campo comentarios.
UNK	Desconocido.	Información Inadecuada / Extraviada.	

Nota. Código de fallas con su definición y descripción de sensores de procesos. Tomado de ISO 14224:1999 (E)

Apéndice F

Modos de Falla – Turbo expansores

Unidad de Equipo	Código	Definición	Descripción
Turbina de Gas	FTS	Falla al arranque	No es posible activar el Turboexpansor.
	STP	Falla al apagar	No es posible detenerlo o se presenta un proceso incorrecto de cierre de funciones
	SPS	Alto en falso	El apagado inesperado de un Turboexpansor
	BRD	Descompuesto	Daño serio (Ataque, ruptura, explosión, etc)
	HIO	Salida Alta	Salida con una velocidad superior a las especificaciones. Velocidad muy alta
	LOO	Salida Baja	Salida por debajo de las especificaciones.
	ERO	Salida Errada	Operación / rpm inestable de búsqueda
	ELP	Fuga Externa- De Medios de procesos.	Fuga de gasolina o diesel.
	ELU	Fuga externa de utilidad media	Aceite lubricante, refrigerantes, etc.
	INL	Fuga interna.	EJ. Procesos medios en Aceite Lubricante.
	VIB	Vibración	Vibración excesiva.
	NOI	Ruido	Ruido en exceso.
	PDE	Desviación de parámetros	Se experimenta un exceso en la tolerancia de los parámetros monitoreados.
AIR	Lectura Anormal de los	Por Ejemplo: una falsa alarma, Lectura fallida.	

		Instrumentos.	
	STD	Deficiencia Estructural	Por Ejemplo: Fracturas en el soporte o suspensión
	SER	Problemas Mínimos en Servicio	Piezas sueltas, decoloradas, sucias, etc.
	OTH	Otros	Ninguno de los aspectos arriba vistos, especificarlos en el campo Comentarios.
	UNK	Desconocido	Información inadecuada/ extraviada.

Nota. Código de fallas con su definición y descripción de turbinas de gas y/o turbo expansores. Tomado de ISO 14224:1999 (E)

Apéndice G

Modos de Falla – Recipientes

Unidad de Equipo	Código	Definición	Descripción
Recipientes	ELP	Fuga al exterior de Medios de Proceso.	Fuga al ambiente de Fluidos primarios.
	ELU	Fuga al Exterior de Medios de Utilidad.	Fuga la ambiente de fluidos secundarios.
	PLU	Atascado/ Atorado.	Restricción total o parcial del flujo.
	PDE	Desviación paramétrica.	Los parámetros monitoreados exceden las tolerancia.
	AIR	Lectura Anormal de los Instrumentos.	Por Ej. Una falsa alarma, lectura fallida.
	STD	Deficiencia Estructural.	Rendimiento reducido a causa de impactos, corrosión inaceptable, fracturas, etc.
	SER	Problemas menores en Servicio	Componentes extraviados, decoloración, suciedad, etc.
	OTH UNK	Otros. Desconocido.	Especificarlo en el campo Comentarios. Información Inadecuada/ Extraviada.

Nota. Código de fallas con su definición y descripción de recipientes. Tomado de ISO 14224:1999 (E)

Apéndice H

Modalidades de Falla – Cabezales de los Pozos y Árboles Xmas

Unidades de Equipo	Código	Definición	Descripción
Pozos y Árboles Xmas	ELP	Fuga al exterior de Medios de proceso.	Los medios de proceso se fugan al mar. Fluidos hidráulicos, metanol, etc.
	ELU	Fuga al exterior de Medios de utilidades.	Por Ej. Piezas anulares para la producción de información calibrada.
	ILP	Fuga interna de medios de proceso.	Por Ej. Fuga interna de fluidos hidráulicos o químicos.
	ILU	Fuga interior de medios de utilidades.	Restricción total o parcial debido al agua, grasa, salitre, óxido, etc.
	PLU	Atascado/ Atorado	Integridad reducida a causa de impactos, corrosión inaceptable, fracturas, etc.
	STD	Deficiencia Estructural.	Especificarlo en el campo Comentarios.
	OTH	Otros.	Información inadecuada/ Extraviada.
	UNK NON	Desconocido. Efecto no Inmediato.	

Nota. Código de fallas con su definición y descripción de pozos y arboles Xmas. Tomado de ISO 14224:1999 (E)

Apéndice I

Métodos de Detección

No.	Notación	Descripción
1	Mantenimiento Preventivo	Falla Descubierta durante el servicio preventivo, reemplazo o revisión de un artículo cuando se ejecute el programa de mantenimiento preventivo.
2	Prueba Funcional	Falla Descubierta al activar una Función pretendida y comparando la respuesta obtenida con un Estándar predefinido
3	Inspección	Falla Descubierta durante una inspección planificada, por Ej. Inspección ocular, prueba no Destructiva.
4	Monitoreo condiciones periódicas	En Fallas reveladas durante una condición de monitoreo planeada, estructurada de un modo de falla predefinido, ya sea manual o Automáticamente, Por Ej. Termografía, Medición de la presión, Análisis del combustible., muestreo.
5	Monitoreo Condiciones Continuas.	en Fallas reveladas durante una condición continua de monitoreo de un modo de falla predefinido.
6	Mantenimiento correctivo	Falla observada durante el mantenimiento correctivo.
7	Observación	Observación de rutina o una verificación no rutinaria en donde el operador realiza el chequeo, principalmente a través de sus sentidos (Ruidos, olores, humo, fugas, apariencia, indicadores locales).
8	Combinación	Envuelve uno o más de los métodos citados anteriormente. Si uno de los métodos predomina sobre otro, este debería codificarse.
9	Interferencia en la Producción	Falla descubierta por un perturbación en la producción, una reducción, etc.
10	Otro	Cualquier Otro método de Observación.

Nota. Ubicación y reporte de la falla con una posible descripción del evento o parada del proceso. Tomado de ISO 14224:1999 (E)