



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA CON BASE DE DATOS SEGÚN NORMA ISO 14224 PARA DOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE LA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL ZPF BLOQUE 18 - PETROAMAZONAS EP.”

MARCO ANTONIO OTO TOPON

Proyecto de Investigación, presentado ante el Instituto de Postgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de Magíster en GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

RIOBAMBA - ECUADOR

Febrero - 2016



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Proyecto de Investigación, titulado “DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA CON BASE DE DATOS SEGÚN NORMA ISO 14224 PARA DOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE LA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL ZPF BLOQUE 18 - PETROAMAZONAS EP.”, de responsabilidad del Sr. MARCO ANTONIO OTO TOPON ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Ing. Wilian Pilco Mosquera; Mgs.
PRESIDENTE

FIRMA

Ing. Hugo Oswaldo Moreno Avilés; PhD
DIRECTOR DE TESIS

FIRMA

Ing. Edgar Roberto Acuña Acurio; MSc.
MIEMBRO

FIRMA

Ing. Paulina Andrea Vélez Núñez; MSc .
MIEMBRO

FIRMA

COORDINADOR SISBIB ESPOCH

FIRMA

Riobamba, Febrero de 2016.

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, MARCO ANTONIO OTO TOPON, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Proyecto de Investigación, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Marco Antonio Oto Topon
C.I 2100243159

DEDICATORIA

Este trabajo de postgrado lo dedico a todos mis seres queridos en especial a Andrés, María, Lourdes, Soledad, Fabián, Grace, Jasson y Bryan, que son mi soporte para continuar día a día.

Marco

AGRADECIMIENTO

A través de la presente quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas aquellas personas que me han apoyado y colaborado en la consecución de esta meta.

A mis padres, hermanas, hermano, familiares, amigos incondicionales y a los tutores que compartieron sus conocimientos y experiencias.

Marco.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
CERTIFICACIÓN	II
DERECHOS INTELECTUALES	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
TABLA DE CONTENIDO.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE DE ILUSTRACIONES	X
INDICE DE ECUACIONES	XII
INDICE DE ANEXOS	XIII
INDICE DE ABREVIATURAS	XIV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPITULO I	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos	6
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	6
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	6
1.4 Hipótesis	7
1.5 Variables	7
CAPITULO II	
2. MARCO DE REFERENCIA.....	8
2.1. Mantenimiento.....	8
2.2. Indicadores de Mantenimiento.....	9
2.2.1. <i>Índices de Clase Mundial</i>	9
2.2.1.1. <i>Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF o TMEF)</i>	10
2.2.1.2. <i>Tiempo Medio de Reparación (MTTR o TMRP)</i>	10
2.2.1.3. <i>Tiempo Promedio para la Falla (MTTF o TMPF)</i>	10
2.2.1.4. <i>Disponibilidad de Equipos (A o DISP)</i>	11

2.3.	IEC-60812:2006 Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA)	11
2.4.	ISO 14224:2006 Recolección e intercambio de datos de confiabilidad. .	13
2.5.	Sistema SCADA.	15
2.6.	FactoryTalk View	16
2.7.	PLC ControlLogix L72.	19
2.8.	Software de programación RSLOGIX 5000.	20
2.9.	RsLinx	21

CAPITULO III

3.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1.	Tipo de Estudio.....	27
3.2.	Métodos.....	27
3.3.	Técnicas	28
3.4.	Materiales	28
3.5.	Antecedentes.....	29
3.6.	Identificación de equipos.....	29
3.7.	Diagrama de Bloques	32
3.8.	Selección de indicadores claves de desempeño.	33
3.9.	Lista de recursos necesarios.....	34
3.9.1.	<i>Software.</i>	34
3.9.2.	<i>Hardware.</i>	35
3.10.	Arquitectura del sistema de control y comunicaciones.	35
3.10.1.	<i>Sistema de comunicación (TI)</i>	36
3.10.2.	<i>Arquitectura de PLC's.</i>	36
3.11.	Configuración de la base de datos.....	38
3.12.	Arquitectura de la base de datos.....	39
3.12.1.	<i>Registro de horas de operación.</i>	40
3.12.2.	<i>Registro de fallas según ISO 14224:2006.</i>	41
3.13.	Programación de PLC	45
3.13.1.	<i>Datos_SQL</i>	47
3.13.2.	<i>Programación MG1.</i>	48
3.13.3.	<i>Programación MG2.</i>	53
3.14.	FactoryTalk View Studio: SCADA.....	54
3.15.	Cálculo de indicadores claves de desempeño.	55
3.16.	Conexión con base de datos ISO_14224	56
3.17.	Trabajo con tags del PLC's desde FactoryTalk View.....	56

3.18.	Programación de indicadores.....	60
3.19.	Registro de modos de falla.....	66

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN,.....	69
4.1.	FactoryTalk View Studio: Presentación del HMI.....	69
4.1.1.	<i>Overview Generators</i>	69
4.1.2.	<i>RAM Report</i>	70
4.2.	Registro de modos de falla.....	71
4.3.	Elaboración de Informes.....	72
4.3.1.	<i>Informe de horas de operación</i>	73
4.3.2.	<i>Informe de registro de fallas ISO</i>	73
4.4.	Elaboración de FMEA.....	74
4.5.	Validación de la Hipótesis.....	77
4.5.1.	<i>Criterios de Evaluación</i>	77
4.5.2.	<i>Análisis de los parámetros de comparación</i>	77
4.5.3.	<i>Comprobación de los resultados</i>	78
4.5.4.	<i>Prueba Chi Cuadrado</i>	80
4.5.4.1.	<i>Hipótesis Nula y Alternativa</i>	80
4.5.4.2.	<i>Cálculo de chi cuadrado (X^2_{calc})</i>	80
4.5.4.3.	<i>Obtenemos el valor p, nivel de significancia y el grado de libertad (V)</i>	82
4.5.4.4.	<i>Obtener el valor crítico</i>	82
4.5.4.5.	<i>Comparación, análisis e interpretación</i>	83
	CONCLUSIONES.....	84
	RECOMENDACIONES.....	85

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1-1	Equipos de generación eléctrica en planta de generación.....1
Tabla 1-3	Detalle de grupos electrógenos.....29
Tabla 2-3	Clasificación – motores de combustión.31
Tabla 3-3	Subdivisión / Item mantenible de motores de combustión.31
Tabla 4-3	Clasificación – generadores eléctricos.32
Tabla 5-3	Subdivisión / Item mantenible de generadores eléctricos.32
Tabla 6-3	Indicadores clave de desempeño.....34
Tabla 7-3	Lista de software utilizado.35
Tabla 8-3	Lista de hardware utilizado.....35
Tabla 9-3	Software instalado en servidores.39
Tabla 10-3	Diseño de tabla EqRegHoras.....41
Tabla 11-3	Lista de tablas para registro de fallas.43
Tabla 12-3	Lista de tags utilizados.....48
Tabla 1-4	Informe de horas de grupos electrógenos.73
Tabla 2-4	Resultados del análisis FMEA del grupo electrógeno MG1 y MG2.....75
Tabla 3-4	Informe de registro de fallas según ISO 14224:2006.....76
Tabla 4-4	Criterios de evaluación.....77
Tabla 5-4	Análisis comparativo entre sistemas Actual y Propuesto.....78
Tabla 6-4	Comparación de factores de Sistema Actual y Propuesto.79
Tabla 7-4	Valores totales de evaluación de factores.81
Tabla 8-4	Resultado de Valores esperados.81
Tabla 9-4	Cálculo de chi cuadrado.....82
Tabla 10-4	Distribución chi-cuadrado X^283

INDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
Figura 1-1	Esquema de un sistema integrado de confiabilidad.3
Figura 2-1	Arquitectura LRCM.3
Figura 1-2	Barra de menú y herramientas de FactoryTalk View Studio. 18
Figura 2-2	Estructura SQL Server Management Studio. 19
Figura 3-2	Software de programación RsLogix 5000. 20
Figura 4-2	Software RsLinx Gateway. 25
Figura 5-2	RsLinx Enterprise, configuración SCADA. 25
Figura 1-3	Grupo Electrónico MG1 - 5380 kW, 13.8 kV. 30
Figura 2-3	Grupo Electrónico MG2 - 6850 kW, 13.8 kV. 30
Figura 3-3	Diagrama funcional del generador a crudo MG1. 32
Figura 4-3	Diagrama funcional del generador a crudo MG2. 33
Figura 5-3	Anillo de comunicaciones. 36
Figura 6-3	Arquitectura de comunicaciones (Ethernet). 37
Figura 7-3	Estado de servidores SCADA PGE - B18. 37
Figura 8-3	Microsoft SQL Server. 38
Figura 9-3	Conexión al servidor de base de datos FTV. 38
Figura 10-3	Diseño de tabla EqRegHoras. 40
Figura 11-3	Consulta SQL de registro de horas de equipo MG-HE101 (MG1). 41
Figura 12-3	Taxonomía según ISO 14224. 42
Figura 13-3	Lista de tablas SQL para registro de fallas. 45
Figura 14-3	Estructura - Tags en PLC-SCADA. 46
Figura 15-3	Programación de Rutina Principal. 46
Figura 16-3	Programación (rung) que activa el bit TRANSFERIR_SQL. 47
Figura 17-3	Rung para resetear valores acumulados de MG1 y MG2. 47
Figura 18-3	Faceplate para cambiar grupo eléctrico a estado apagado. 49
Figura 19-3	Apagar equipo con estado mantenimiento correctivo. 49
Figura 20-3	PLC: Rung que habilita el estado correctivo del equipo. 50
Figura 21-3	Temporizador de estado correctivo del equipo. 50
Figura 22-3	Faceplate para activar parada por mantenimiento preventivo. 51
Figura 23-3	PLC: Rung que habilita el estado preventivo del equipo. 51
Figura 24-3	Faceplate para activar parada de equipo por reserva. 52
Figura 25-3	Programación que habilita el estado reserva del equipo. 52
Figura 26-3	Faceplate para iniciar puesta en funcionamiento de equipo. 53
Figura 27-3	Programación que habilita el estado del equipo en funcionamiento. 53

Figura 28-3	Aplicación FTV tipo red distribuida.....	54
Figura 29-3	Vista general de HMI de la planta de generación eléctrica.	55
Figura 30-3	Estado de conexión desde HMI con la base de datos.	56
Figura 31-3	Estructura del proyecto en programación Visual Basic.	67
Figura 32-3	Formulario para registro de fallas.	68
Figura 1-4	Pantalla Overview Generators en el HMI.	69
Figura 2-4	Pantalla RAM Report, muestra indicadores acumulados.	70
Figura 3-4	Visualización de formulario para registro de fallas.	71
Figura 4-4	Configuración de directorio para guardar informes.	72
Figura 5-4	Pantalla para generación de informes.	72
Figura 6-4	Gráfico Comparación de factores: Sistema actual Vs. propuesto.	79

INDICE DE ECUACIONES

	Página
Ecuación 1.2 Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	10
Ecuación 2.2 Tiempo Medio de Reparación (MTTR).....	10
Ecuación 3.2 Tiempo Medio para la Falla (MTTF).....	11
Ecuación 4.2 Disponibilidad (A).....	11
Ecuación 5.2 Disponibilidad Inherente (Ai).....	11
Ecuación 1.4 Cálculo del Valor esperado	81
Ecuación 2.4 Cálculo de chi cuadrado	81
Ecuación 3-4 Cálculo de Grado de libertad	82

INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo A Instalación y configuración de SQL Server 2008 R2.	96
Anexo B Diagrama de base de datos ISO_14224.	102
Anexo C Configuración de Factory Talk Transaction Manager.	103
Anexo D Programación del PLC.	115
Anexo E Estudio FMEA.	124

INDICE DE ABREVIATURAS

A

- AEM** Asociación Española de Mantenimiento
ACR Análisis Causa Raíz (Root Cause Analysis, RCA)
AENOR Asociación Española de Normalización.

C

- CBM** Mantenimiento Basado en Condición.
CMMS Computerized Maintenance Management System

E

- EAM** Enterprise Asset Management. Software de gestión de activos empresariales.
ESPOCH Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

F

- FMEA** Análisis de Modos de Falla y Efectos (Failure Mode and Effects Analysis)
FMECA Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad (Failure Modes, Effect and Criticality Analysis)

G

- GMAO/GMAC** Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador

I

- ISO** Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization).
IDE Entorno integrado de desarrollo (Integrated Development Environment).

H

- HMI** Human-Machine Interface (Interfaz Humano-Máquina)

K

- KPI** Indicadores clave de desempeño (Key Performance Indicators)

L

LCC Costo del ciclo de vida (Life cycle cost)

M

MDT Tiempo de inactividad (Mean Downtime)

MI Parte Mantenible (Maintainable ítem)

MTBF Tiempo medio entre fallas (mean time between failures)

MTTF Tiempo medio entre para la falla (mean time to failure)

MTTR Tiempo medio para reparar (mean time to repair)

O

OREDA Proyecto para la recopilación de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipo industrial de gas y petróleo. (Offshore Reliability Data)

P

PLC Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller)

PM Mantenimiento Preventivo (Preventive maintenance)

PMO Optimización del Mantenimiento Planeado

R

RAM Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (reliability, availability, maintainability)

RBI Inspección Basada en Riesgo (Risk-based inspection)

RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (reliability-centered maintenance)

RM Confiabilidad y Mantenimiento (reliability and maintenance)

S

SCADA Supervisión, Control y Adquisición de datos (Supervisory, Control and Data Acquisition).

SEIP Sistema Eléctrico Interconectado Petrolero

T

TAG Etiqueta (lenguaje de marcado), en los lenguajes informáticos.

TPM Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance)

RESUMEN

El presente trabajo consistió en el “Desarrollo de un sistema SCADA con base de datos según norma ISO 14224 para dos grupos electrógenos de la planta de generación eléctrica del ZPF Bloque 18 - PETROAMAZONAS EP”, localizado en la provincia de Orellana, este sistema permite el registro de fallas de forma estandarizada en tiempo real y el cálculo de indicadores claves de desempeño (KPI's, por sus siglas en inglés) directamente desde la Interfaz Humano-Máquina (HMI), los indicadores seleccionados fueron: Disponibilidad, Mantenibilidad, Confiabilidad, Infiabilidad, Tiempo Medio para Reparación, Tiempo Medio entre Fallas, Tasa de fallo, Tasa de reparación y Tiempo de inactividad. Se aplicaron los métodos Científico, Deductivo para obtener información teórico- práctica, necesarias para el desarrollo, implementación, pruebas funcionales y demostración de la aplicación.

Se utilizó una arquitectura cliente-servidor, un controlador lógico programable (PLC), un sistema de base de datos SQL (Structured Query Language), y software de desarrollo SCADA que permitió establecer comunicación entre las variables de campo, los registros de las tablas y el HMI, mediante programación VBA (Visual Basic) y sentencias SQL. Al finalizar la implementación se obtuvo como resultado de confiabilidad del generador MG1: 52.37% y MG2 de 99.02%. En conclusión, la aplicación permitió obtener indicadores claves de desempeño en tiempo real, disponer de una base de datos más confiable mediante el registro de fallos basado en la norma ISO 14224:2006, adicionalmente, se presentaron los resultados del Análisis de Modos de falla y Efectos de dos grupos electrógenos. Se recomienda que el resultado de los indicadores sea analizado por profesionales en la gestión de mantenimiento para una correcta interpretación, adicionalmente, al ser un sistema estandarizado, se puede aplicar a equipos de similares características dentro de la industria petrolera.

PALABRAS CLAVES: <ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS [FMEA]>, <BASE DE DATOS>, <BLOQUE 18 [CAMPO PETROLERO]>, <CONFIABILIDAD>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE [PLC]>, <INDICADOR CLAVE DE DESEMPEÑO [KPI]>, <LENGUAJE DE CONSULTA ESTRUCTURADO [SQL]>, <ORELLANA [PROVINCIA]>, <PETROAMAZONAS EP [EMPRESA PÚBLICA]>, <SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS [SCADA]>, <VISUAL BASIC [VBA]>

ABSTRACT

This research consisted of the “Development of a SCADA system with database according to the ISO 14224 standard for two generators of the power plant of ZPF Block 18 – Petroamazonas EP”, located in Orellana province, this system registers the fault records of a standardized real-time calculation of key performance indicators (KPI's, for its acronym in English) directly from the Human-Machine Interface (HMI), the selected indicators were: availability, maintainability, reliability, unreliability, Mean Time To Repair, Mean Time Between Failures, Failure rate, Repair rate and downtime. The scientific and deductive methods were applied to gather theoretical and practical information necessary for the development, implementation, functional testing and demonstration of the application.

A client-server structure was used, as well as a programmable logic controller (PLC), a database system SQL (Structured Query Language), and development software SCADA to establish communication among field variables, the tables records and the HMI, throughout VBA (Visual Basic) programming and SQL statements. After finishing the implementation the generator reliability results were MG1: 52.37% and MG2 99.02%. In conclusión, the application enabled to obtain key performance indicators in real time, provide a more reliable database through the fault records base on the ISO 14224:2006 standard, in addition, the two generators Failure Mode and Effects Analysis were presented. It is recommended to ask maintenance managements professionals to analyze the indicators results for a correct interpretation, furthermore, since it is an standardized system, it could be applied to equipment with similar characteristics within the oil industry.

KEYWORDS: <BLOCK 18 [OILFIELD]>, <DATA BASE>, <FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS [FMEA]>, <KEY PERFORMANCE INDICATORS [KPI]>, <ORELLANA [PROVINCE]>, <PETROAMAZONAS EP [PUBLIC COMPANY]>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER [PLC]>, <RELIABILITY>, <STRUCTURED QUERY LANGUAGE [SQL]>, <SUPERVISORY, CONTROL AND DATA ACQUISITION [SCADA]>, <VISUAL BASIC [VBA]>

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema.

Petroamazonas EP es una empresa pública ecuatoriana dedicada a la exploración y explotación de hidrocarburos. Opera veinte (20) bloques, diecisiete (17) ubicados en la Cuenca Oriente del Ecuador y tres (03) en la zona del Litoral, tiene autonomía presupuestaria, financiera, económica, administrativa y de gestión; creada al amparo de la Ley Orgánica de Empresas Públicas, mediante Decreto Ejecutivo No. 314 de 06 de abril de 2010, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 17 del 14 de abril de 2010 (Petroamazonas EP, 2015).

Como parte de sus operaciones cuenta con sistemas de generación eléctrica propia y rentada, dichos sistemas, a su vez se presentan en forma aislada o a través de centrales de generación distribuidas en los diferentes bloques.

El Bloque 18, cuenta con una planta de generación eléctrica, la misma que brinda el suministro de energía eléctrica a todos los servicios y áreas relacionadas con la actividad petrolera, como se muestra en la Tabla 1-1, la planta está formada por dos (02) turbinas y por cuatro (04) grupos electrógenos denominados MG1, MG2, MG3 y MG4.

Tabla 1-1 Equipos de generación eléctrica en planta de generación.

UNIDAD	TAG PAM	MOTOR		GENERADOR		VOLT. (V)	POT.
		MARCA	MODELO	MARCA	MODELO		(KW) NOMINAL
Turbogenerador	ST-1701A	Shin Nippon	C6-R7-RX	Shinko	FK7G-AF-1100	13800	6.000
Turbogenerador	ST-1701B	Shin Nippon	C6-R7-RX	Shinko	FK7G-AF-1101	13800	6.000
Motogenerador	MG-HE101	Caterpillar	12CM32C	Leroy Somer	SA-58-CL14/10P	13800	5.385
Motogenerador	MG-HE102	Wartsila	W16V32	ABB	AMG1120MK10DSE	13800	6.900
Motogenerador	MG-HE103	Wartsila	W16V32	ABB	AMG1120MK10DSE	13800	6.900
Motogenerador	MG-HE104	Wartsila	W16V32	ABB	AMG1120MK10DSE	13800	6.900

Fuente: (Petroamazonas EP, 2015).

En la locación se cuenta con un sistema SCADA que realiza monitoreo, control y registro de alarmas/eventos de cada grupo electrógeno proveniente de los controladores lógicos programables, no se dispone de un formato estándar basado en normas que defina: qué, cómo, dónde y cuándo almacenar la información, lo que hace difícil obtener indicadores claves de desempeño y el historial de fallas de cada equipo.

El Bloque 18, no dispone de un sistema estandarizado basado en la norma ISO 14224 para registro de fallas y eventos de grupos electrógenos a través de un sistema SCADA, lo que dificulta el análisis de los principales indicadores de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos para poder tomar decisiones de forma oportuna, soportadas en información confiable y sólida.

Esta norma proporciona una base amplia para la colección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar para los equipos en todas las instalaciones y operaciones dentro de las industrias del petróleo, gas natural y petroquímica durante el ciclo de vida útil de los equipos (ISO 14224, 2006, p.1).

No tiene la intención de llegar al detalle de cómo debe ser creado un programa de mantenimiento, brinda los lineamientos y una guía de que datos necesitan ser almacenados para poder realizar de estudios de confiabilidad y mantenibilidad.

“Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan cuantificar la confiabilidad de los equipos y compararla con la de otros de características similares” (ISO 14224, 2006, p.1).

Parte desde el modo de falla (pérdida de la función) hasta el detalle de la causa de falla y el componente que provoca el evento. Esta calificación tiene como ventaja que limita la profundidad de detalle del análisis, acotando el nivel al que llega el técnico de mantenimiento (Troffé, 2009, p.2).

La ISO 55001 para la Gestión de Activos, en la sección 5.3 Requisitos, también hace énfasis en la importancia del correcto uso de bases de datos, el manejo de indicadores y el análisis de fallos.

El disponer de herramientas tecnológicas, como los sistemas SCADA, que permitan la integración con otras plataformas informáticas de gestión de mantenimiento, es el principio en la búsqueda de nuevos conceptos y teorías, tales como, las metodologías

de detección temprana y eliminación de fallas potenciales. En las Figuras 1-1 y 2-1 se muestran ejemplos de sistemas integrales.



Figura 1-1 Esquema de un sistema integrado de confiabilidad.
Fuente: (Silva, 2014, p. 50).

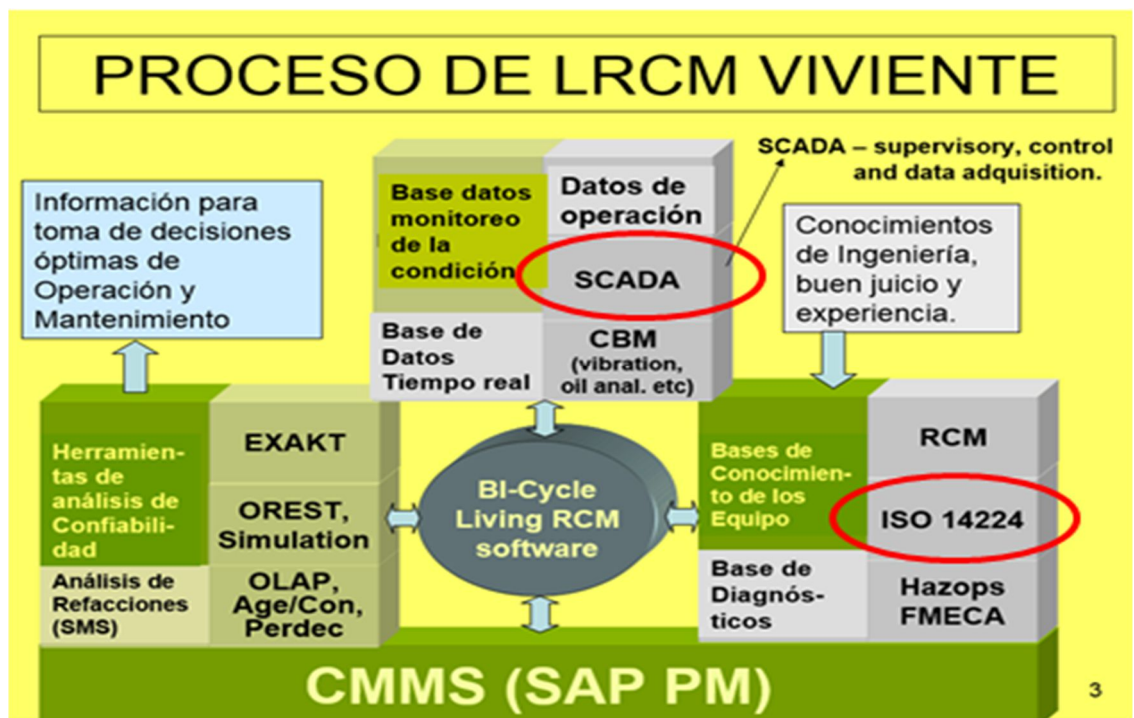


Figura 2-1 Arquitectura LRCM.
Fuente: (OMDEC, 2014, p. 3).

1.2 Justificación.

En la actualidad, los sistemas SCADA constituyen una poderosa herramienta tecnológica muy utilizada en la industria, en el sector petrolero, estos sistemas se encuentran en interacción directa y permanente con los operadores y personal técnico, los mismos que tienen una buena formación para brindar soporte técnico en campo, pero que actualmente mucha de esta información no está siendo registrada de forma ordenada y sistemática, perdiendo la posibilidad de disponer de una base de datos confiable y sólida para el seguimiento del comportamiento, desempeño operativo, registro de fallas y eventos de los equipos.

La mejora continua, la globalización y la necesidad de integrar información entre las diferentes plataformas tecnológicas que dispone la Empresa (ORACLE, EAM MAXIMO, SCADA, etc.), requieren que los gestores de mantenimiento dispongan de sistemas de gestión y administración de información estandarizados, de tal manera, que sean compatibles, transparentes y de fácil acceso para un adecuado y oportuno análisis, además, que facilite tomar de decisiones adecuadas en la gestión técnica y financiera de los activos.

Un sistema SCADA con una base de datos estándar soportada en metodologías y herramientas de Mantenimiento existentes como: RCM, FMEA e ISO 14224, permite:

- Identificar las causas y los modos en que los equipos fallan.
- Desarrollar estrategias para reducir fallas y evitar que se repitan las causas del fallo.
- Disponer de indicadores claves de desempeño como: disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad, MTTR, MTBF, tasa de fallos y tasa de reparación.
- Establecer mecanismos de comparación de nuestros indicadores con aquellos de clase mundial.

Para garantizar que la base de datos sea confiable, coherente, sin duplicaciones o con información no acorde, la información requerida debe ser registrada en tablas estándares que permite la integración con otras bases de datos, ya que los resultados

obtenidos dependen en gran medida de la forma en que los registros son introducidos y relacionados.

Por tal razón se propone realizar el “Desarrollo de un sistema SCADA con base de datos según norma ISO 14224 para dos grupos electrógenos de la planta de Generación Eléctrica del ZPF Bloque 18 – Petroamazonas EP”.

Su implementación provee una herramienta tecnológica importante para que los profesionales de mantenimiento de la empresa, al disponer de datos de comportamiento, fallas y eventos confiables, así como, de los principales indicadores claves de desempeño, realicen un adecuado análisis de la confiabilidad y gestión eficiente de los activos, aplicable para contextos operativos similares dentro de la industria, con énfasis en la rapidez y facilidad de aplicación, involucrando de manera directa al personal de operaciones y técnicos en el registro estandarizado de fallas y eventos.

El presente proyecto está limitado al desarrollo de una base de datos bajo la norma ISO 14224 a través de un sistema SCADA, la integración con otras plataformas de gestión de mantenimiento no forma parte del alcance, y está enfocado a dos (02) grupos electrógenos (motor-generador) denominados MG1 y MG2 del ZPF, no abarca todo el sistema de generación (transformadores, circuitos eléctricos, aisladores, subsistemas, etc.).

Este proyecto está enmarcado en las siguientes líneas de investigación:

- Análisis y modelaje probabilístico de índices de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.
- Balance Scorecard o tablero de resultados en la Gestión de Mantenimiento.
- Desarrollo de software de Mantenimiento.

Adicionalmente, está enfocado en los objetivos departamentales de la Gerencia de Mantenimiento y los objetivos operativos de Petroamazonas EP para el período 2013-2017:

Objetivos Departamentales:

- Crecimiento: Incrementar confiabilidad y disponibilidad.
- Eficiencia: Garantizar máximo rendimiento de activos.

Objetivos Operativos:

- Crecimiento: Reducir riesgo operacional (aumentar confiabilidad y reducir pérdidas).
- Eficiencia: Aumento disponibilidad y rendimiento de activos, satisfacción al cliente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema SCADA con base de datos según norma ISO 14224:2006 para dos grupos electrógenos de la Planta de Generación Eléctrica del ZPF Bloque 18 - Petroamazonas EP, que permita un adecuado registro de fallas y eventos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Disponer de una base de datos estandarizada para el registro de fallas y eventos acorde a la Norma ISO 14224:2006.
- Obtener indicadores claves de desempeño de dos (02) grupos electrógenos: confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, MTTR, MTBF, Tasa de fallas, Tasa de reparación.
- Presentar un análisis FMEA para los grupos electrógenos que forman parte del alcance de este proyecto.

1.4 Hipótesis

- El uso de un sistema SCADA con una base de datos estandarizada según la Norma ISO 14224:2006 para el registro de eventos y modos de falla, permite disponer de indicadores clave de desempeño.

1.5 Variables

De acuerdo a la hipótesis se han identificado dos variables:

Variable Independiente: Base de datos.

Variable Dependiente : Indicador clave de desempeño.

CAPITULO II

2. MARCO DE REFERENCIA.

El proyecto de investigación reunió los fundamentos teóricos y prácticos en la gestión de mantenimiento Industrial, cuyo campo de acción se enfocó en la norma ISO 14224:2006, la metodología FMEA / FMECA, sistema SCADA, base de datos e indicadores claves de desempeño.

2.1. Mantenimiento.

Durante muchos años el mantenimiento Industrial ha venido evolucionando, existen muchas definiciones de acuerdo a la época, autor, región, etc., pero independientemente del concepto aplicado, todos conservan la esencia que es: preservar la función, incrementar la eficiencia y aumentar la vida útil de los activos.

A continuación se citan algunas definiciones:

“Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinados a conservarlo o devolverlo a un estado en el cuál pueda desarrollar la función requerida” (UNE EN 13306, 2011, p.20).

“Es la actividad humana que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas, puede ser correctivo si las actividades son necesarias debido a que dicha calidad del servicio ya se perdió y preventivo si las actividades se ejecutan para evitar que disminuya la calidad de servicio” (Newbrough, 1998).

Mantenimiento es toda acción técnica, administrativa y financiera realizada para conservar la función de un activo o sistema, dentro del estándar de rendimiento deseado por el propietario o usuario en el contexto operativo actual. (Oto, 2015).

2.2. Indicadores de Mantenimiento.

Los indicadores claves de desempeño ayudan en la gestión técnica/financiera de los activos y al cumplimiento de los objetivos de una empresa, uno de sus principales objetivos es el de mejorar los procesos de trabajo, permiten disponer de información acerca de:

- Administración del negocio;
- Confiabilidad;
- Identificar fortalezas y debilidades;
- Controlar la evolución en el tiempo.

Ayudan a evaluar el nivel de desempeño y la eficacia de cada uno de ellos, es la respuesta que encontramos al profundizar en los procesos, prácticas y nos orientan a determinar si estamos en lo correcto, para la selección de los indicadores se tomó como referencia las recomendaciones de (UNE EN 15341, 2008).

2.2.1. Índices de Clase Mundial

Son indicadores muy utilizados en las industrias a nivel mundial, su forma de cálculo es muy común y estandarizada, y favorece el Benchmarking, a continuación los seis índices considerados de clase mundial:

Gestión de Activos:

1. Tiempo medio entre fallas (MTBF).
2. Tiempo medio de reparación (MTTR).
3. Tiempo promedio para la falla (MTTF).
4. Disponibilidad de equipos (A (t)).

Gestión de costos:

5. Costo de mantenimiento por facturación.

6. Costo de mantenimiento por valor de reposición.

2.2.1.1. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF o TMEF).

Definido como el “tiempo medio entre dos fallas consecutivas” (ISO 14224, 2006, p.144). Es la relación que existe entre el tiempo de operación y el número total de fallas detectadas, en el periodo observado, como se observa en la Ecuación. 1.2:

$$MTBF = TMEF = \frac{HORAS DE OPERACION}{NUMERO TOTAL DE FALLAS} = \frac{TIEMPO TOTAL - TIEMPO FUERA DE SERVICIO}{NUMERO TOTAL DE FALLAS} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Este índice debe ser usado para ítems que son reparados después que una falla ocurre.

2.2.1.2. Tiempo Medio de Reparación (MTTR o Tmpr).

Según la ecuación 2.2, es la relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un ítem con falla y el número total de fallas detectadas en ese ítem, en el periodo observado.

$$MTTR = Tmpr = \frac{HORAS TOTALES DE REPARACION}{NUMERO TOTAL DE FALLAS} = \frac{\sum HTMC}{NTMC} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Se recomienda su uso, para ítems en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación.

2.2.1.3. Tiempo Promedio para la Falla (MTTF o Tmpf)

Definido como el “tiempo medio antes que el ítem falle” (ISO 14224, 2006, p.145). Es la relación entre el tiempo total de operación de un ítem no reparable y el número total de fallas detectadas en ese ítem, en el periodo observado, como indica la ecuación 3.2.

$$MTTF = T_{MPF} = \frac{HORAS\ TOTALES\ DE\ OPERACION}{NUMERO\ TOTAL\ DE\ FALLAS} = \frac{\sum H_{TOP}}{NTMC} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Existe una diferencia conceptual entre los índices Tiempo medio para la Falla y Tiempo medio entre Fallas. El primer índice (MTTF) es calculado para ítems que NO SON reparados tras la ocurrencia de una falla, es decir, cuando fallan son sustituidos por nuevos y, en consecuencia, su tiempo de reparación es cero. El segundo índice (MTBF) es calculado para ítems que SON reparados tras la ocurrencia de la falla.

2.2.1.4. Disponibilidad de Equipos (A o DISP)

Relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado y el número total de horas del periodo considerado, mostrada en la ecuación 4.2.

$$A = DISP = \frac{\sum(HORAS\ CALENDARIO - HORAS\ TOTALES\ MNT)}{\sum HORAS\ CALENDARIO} = \frac{\sum(HCAL - HTMN)}{\sum HCAL} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Otra expresión muy común se muestra en la ecuación 5.2, utilizada para el cálculo de la Disponibilidad de equipos sometidos exclusivamente a la reparación de fallas, es obtenida por la relación entre el MTBF y su suma con el MTTR y los Tiempos Ineficaces del Mantenimiento (tiempos de desconexión y conexión, tiempos de espera que pueden estar contenidos en los tiempos promedios entre fallos y de reparación).

$$A_i = DISP = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

2.3. IEC-60812:2006 Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA)

La norma (IEC 60812, 2006, pp.11-79) "Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)" presenta los lineamientos y una descripción del FMEA (Análisis de modos de falla y efectos) y el FMECA (Análisis de modos de fallas, efectos y criticidad), además, facilita una guía de cómo pueden ser aplicadas para conseguir varios objetivos, tales como:

- Proveer un procedimiento para realizar un análisis.
- Identificar los términos adecuados, los supuestos, las medidas de criticidad, los modos de falla.
- Definir principios básicos.
- Proporcionar ejemplos de hojas de trabajo necesarias u otras formas tabulares.

Todas las consideraciones cualitativas generales presentadas para el FMEA son aplicables al FMECA, ya que la segunda utiliza como base la primera.

Según (Troffé, 2009, p.3), FMEA es una técnica aplicada al estudio metódico de las consecuencias que provocan las fallas de cada componente. Es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

A continuación los principales objetivos del FMEA:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y montaje, operación y mantenimiento de un equipo, a partir de los componentes.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la ocurrencia de la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso.

FMEA llega los modos de falla partiendo de la supuesta falla de un componente, considerando que los componentes son perfectamente identificables, la supuesta falla

total o parcial de cada uno nos lleva directamente a todos los modos de falla potenciales (pérdida de la función).

Si se identifican desde un principio los modos de falla estándar para cada tipo de equipo, definidos bajo un criterio operacional, y se listan sistemas y sub sistemas, componentes, causa de fallas y descriptores de falla; y se los recorre en forma sistemática en esta secuencia ordenada, difícilmente pueda quedar afuera ninguna falla supuesta que afecte a las funciones del equipo.

“Los operadores y mantenedores están muy identificados con las fallas funcionales y los componentes que las provocan” (Troffé, 2009, p.3).

La confiabilidad de la información está relacionada con el nivel de conocimiento del personal involucrado, las listas de causas de fallas limitan la profundidad del análisis.

En la industria en general, no se da la importancia que se merece a la medición de resultados en la gestión, el registro de datos de forma sistemática, ordenada bajo un único criterio y estandarizarlo como instrumento para la administración del negocio.

Según (Sexto, 2014), no existe impedimento alguno, relacionado con la tecnología misma del RCM, para fusionarse con otras tecnologías aplicadas al manejo del mantenimiento en la empresa, lo que permite utilizar la información del FMEA en un análisis RCM (p.4).

Para el desarrollo del proyecto, las definiciones e información relacionada con Funciones, Fallas Funcionales, Análisis de modos de fallas y sus efectos y consecuencias de las falla se tomaron de (Moubray, 1997), (Nowlan & Heap, 1978) y (SAE JA1011, 1999).

2.4. ISO 14224:2006 Recolección e intercambio de datos de confiabilidad.

La norma ISO 14224:2006 Industria de Petróleo, petroquímica y gas natural — Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos, ha sido preparada por el Comité Técnico ISO/TC 67, materials, equipment and offshore

structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries, brinda una base para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación, transporte de petróleo y gas natural, con criterios que pueden extenderse a otras actividades e industrias (ISO 14224, 2006, p.1).

De acuerdo a (ISO 14224, 2006, p.1), los principales objetivos de esta norma internacional son:

1. Especificar los datos que serán recolectados para el análisis de:
 - 1.1. Diseño y configuración del sistema;
 - 1.2. Seguridad, confiabilidad y disponibilidad de los sistemas y plantas;
 - 1.3. Costo del ciclo de vida. Planeamiento, optimización y ejecución del mantenimiento.
2. Especificar datos en un formato normalizado, a fin de:
 - 2.1. Permitir el intercambio de datos entre plantas;
 - 2.2. Asegurar que los datos sean de calidad suficiente para el análisis que se pretende realizar.

Si bien la norma está orientada al registro de fallas, son de gran importancia las posibilidades de aplicación que presenta para definir los límites y jerarquía de los equipos de operación, como también la calificación de la jerarquía de las fallas (Troffé, 2009, p.2).

Esta norma presenta lineamientos sobre qué información y cómo debe ser registrada, muestra una serie de equipos, sistemas, subsistemas y partes mantenibles más comunes, así como modos de falla y causas, limitando de esta manera el ingreso de datos de forma ordenada.

2.5. Sistema SCADA.

Es un software que permite controlar y supervisar procesos industriales de forma remota desde salas de control o tableros con sistemas de monitoreo local, utilizando sistemas y protocolos de comunicación industriales.

Un SCADA facilita el monitoreo y control en tiempo real de los dispositivos finales de campo (instrumentos, sensores, actuadores, etc.), controla el proceso de forma automatizada y permite tomar decisiones de forma oportuna, optimizando tiempos y reduciendo el riesgo.

Provee de toda la información que se genera en el proceso (supervisión, control calidad, control de producción, datos, etc.) y ayuda en la gestión de la planta o proceso.

Para desarrollar un sistema SCADA es necesario disponer de un entorno integrado de desarrollo (IDE, por sus siglas en inglés) en el cual se pueda desarrollar, diseñar, configurar e implementar entre otras cosas:

- La presentación o pantallas.
- La programación lógica, secuencia y eventos que se deben ejecutar.
- Los cálculos que se deben realizar con los datos adquiridos.

Entre las funciones de un SCADA tenemos:

- Supervisión remota.- Permite conocer el estado de desempeño de las instalaciones y equipos de una planta.
- Control remoto de equipos o elementos finales.
- Procesamiento de datos.- El disponer de una base de datos donde se registran alarmas y eventos, datos históricos de las variables del proceso.

- Visualización gráfica dinámica.- Permite visualizar en tiempo real las principales variables para monitoreo y toma de decisiones por parte de los operadores, también, permite analizar tendencias e históricos registrados.
- Registro de alarmas.- Permite alertar de forma visual y/o sonora al operador sobre fallas o condiciones anormales de operación de un equipo o sistema dentro de la planta.

Se utilizó un HMI para visualizar los principales indicadores de mantenimiento, de igual manera, para realizar el registro de históricos de las variables de operación, alarmas y eventos, los mismos que son almacenados en una base de datos para realizar análisis cuando sea requerido.

Tomando como base lo expuesto, se desarrollaron dos módulos dentro del sistema SCADA existente, lo que permitió:

- Capturar datos de eventos relacionados a dos (02) grupos electrógenos, asumiendo la taxonomía para clasificar activos y eventos.
- Determinar los indicadores que medirán el desempeño de cada uno de los objetivos identificados.
- Tomar decisiones de forma oportuna para mantener los indicadores de desempeño y preservar la integridad tanto de operadores como de los equipos.

2.6. FactoryTalk View

Rockwell Automation dispone de una familia completa de herramientas tanto de software como hardware para el desarrollo e implementación de sistemas SCADA, a continuación una breve descripción de la familia FactoryTalk utilizada para el desarrollo del proyecto, tomadas de (Rockwell Automation, 2015).

- FactoryTalk View Studio.- Es el software de configuración que permite realizar el desarrollo y pruebas de las aplicaciones SCADA.

Este editor es utilizado para crear desde las aplicaciones más simples hasta las más complejas, por lo general, este software se instala en las estaciones de ingeniería de los sistemas de automatización, desde donde se realizan las tareas de mantenimiento y modificaciones al sistema SCADA.

- FactoryTalk View SE Client.- Software utilizado para visualizar e interactuar con aplicaciones FactoryTalk View SE, ya sea, como estaciones locales, estaciones de red local o red distribuida.

Esta aplicación se utiliza en las consolas de monitoreo de la sala de control de la planta de generación, las mismas que le permiten a los operadores realizar los trabajos diarios.

- FactoryTalk View SE Server.- También conocido como servidor HMI, almacena los componentes HMI del proyecto (como por ejemplo, pantallas) y los facilita a los clientes.

No tiene interface de usuario, es el encargado de proveer información a los clientes, cualquier cambio que se desee, se realiza en estos servidores y se reflejan automáticamente en las estaciones cliente de monitoreo.

- FactoryTalk Alarms and Events.- Se instala en segundo plano durante la instalación de FactoryTalk View SE, provee monitoreo de alarmas y control centralizado en FactoryTalk Directory (Rockwell Automation, 2014).
- FactoryTalk Activation.- Sirve para activar licencias del software Rockwell Automation. Para realizar una activación se debe disponer de un número de serie y una clave del producto, información que se debe ingresar para poder licenciar el software requerido.

Este sistema SCADA se desarrolló como una aplicación de red distribuida, en la Figura 1-2 se presenta una breve descripción de los principales componentes del software FactoryTalk View Studio, aquí es donde configuramos los servidores de alarmas y eventos, tags, elaboramos pantallas, creamos macros, eventos, configuración de comunicación con PLC's, etc.

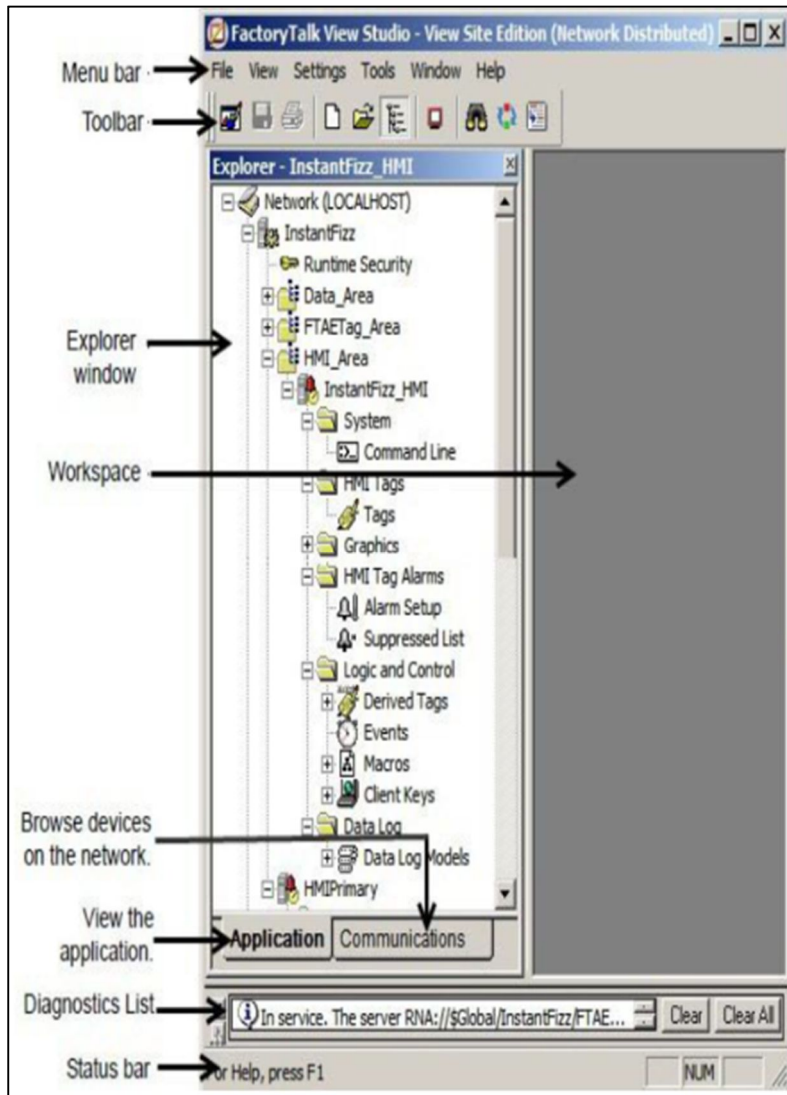


Figura 1-2 Barra de menú y herramientas de FactoryTalk View Studio.
 Fuente: (Rockwell Automation, 2015)

En la Figura 2-2 se muestra una estructura típica de un servidor de base de datos donde se puede visualizar las bases de datos, tablas, vistas y demás herramientas que soporta el administrador de Microsoft SQL. Mediante T-SQL (Transact-SQL) se puede interactuar con el Servidor, realizar operaciones, tales como, la creación y modificación de esquemas de base de datos, insertar y modificar datos, administración del servidor.

Las sentencias SQL más utilizadas desde el HMI para acceder a estos datos fueron, las instrucciones SELECT e INSERT, ya que básicamente estas dos opciones se requieren para el manejo de datos desde el sistema SCADA desarrollado, siguiendo las recomendaciones mostradas en (García, 2003, pp.5-33).

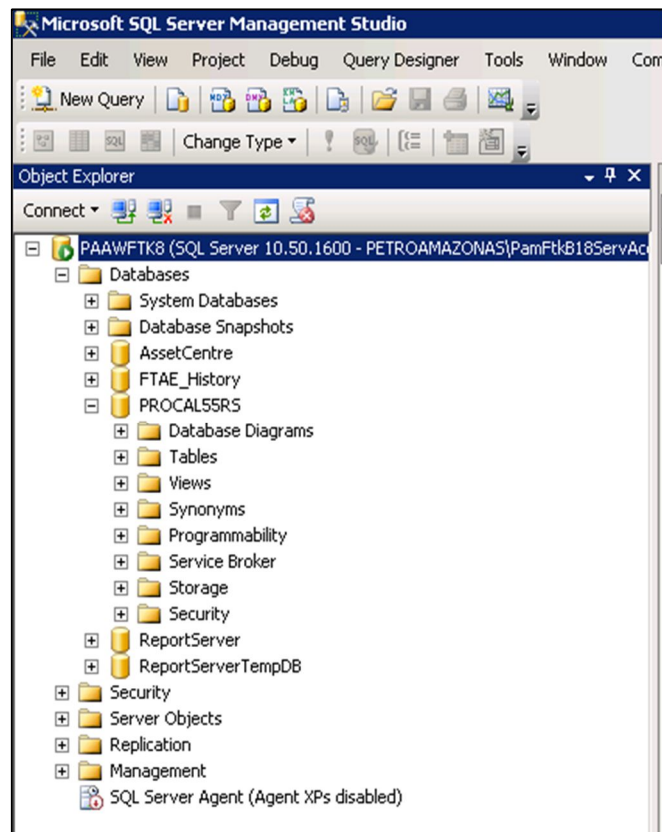


Figura 2-2 Estructura SQL Server Management Studio.
Fuente: (Petroamazonas EP, 2015)

2.7. PLC ControlLogix L72.

Se utilizó un PLC ControlLogix del fabricante Allen Bradley, esta familia de controladores provee una solución escalable capaz de soportar una gran cantidad de entradas, salidas y sistemas comunicación.

Este controlador puede ser colocado en cualquier slot de un chasis, soporta la instalación de múltiples controladores en un mismo chasis, tienen la capacidad de monitorear y controlar entradas/salidas a través del backplane, y realizar el monitoreo sobre enlaces de red de comunicaciones.

Entre sus principales características tenemos:

- Proporciona el doble de velocidad de procesamiento en los modelos L7 al compararlos con los modelos L6.

- Admite redundancia completa de los controladores.
- Se comunica a través de Ethernet/IP, ControlNet, DeviceNet, Data Highway Plus, E/S remotas, SynchLink y muchas redes de procesos y dispositivos de otros fabricantes.

2.8. Software de programación RSLOGIX 5000.

El software utilizado para programar el PLC es el RsLogix 5000, la Figura 3-2 muestra la pantalla de inicio de este software, ofrece una interfaz compatible con IEC 61131-3 fácil de usar, programación simbólica con estructuras y matrices y un completo conjunto de instrucciones que sirve para muchos tipos de aplicaciones.

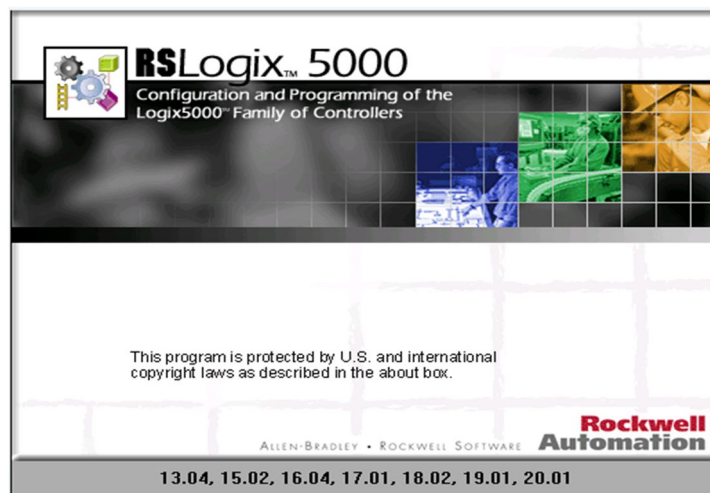


Figura 3-2 Software de programación RsLogix 5000.
Fuente: (Rockwell Automation, 2015)

Soporta varios tipos de lenguaje de programación como: escalera (ladder), Bloques de funciones (Functions blocks), texto estructurado (structured text) y esquemas de funciones secuenciales (Sequential Function Chart), entre sus características tenemos:

- Características de edición flexible y fácil de usar.
- Dispone de herramientas de Diagnóstico y resolución de problemas.
- Cuenta con características de ahorro de tiempo y funcionalidad.

Para poder instalarlo en una PC debe tener los siguientes requisitos de hardware y software:

Procesador 2.8 GHz Intel Core i5 o superior

Memoria 8 GB o más

Sistema Operativo Windows 7 Professional con Service Pack 1 64-bit / Home Premium con Service Pack 1 32-bit o 64-bit. Windows Server 2008 R2 Standard Edition con Service Pack 1

Almacenamiento 20GB libre o más

Gráficos DirectX 9, con WDDM 1.0 o superior

Requerimientos Mínimos: 2.8GHz Pentium 4 procesador, 2GB de memoria, 16GB de almacenamiento y DirectX 9, con WDDM 1.0 o superior.

2.9. RsLinx

El software RsLinx dedicado a redes y dispositivos de la familia Rockwell Automation, es una solución completa para comunicaciones industriales, puede utilizarse con los siguientes sistemas operativos:

- Microsoft Windows XP, XP SP1 o XP SP2
- Microsoft Windows Server 2003 SP1 o R2
- Microsoft Windows 2000 SP4
- Microsoft Windows Vista Business (32 bits) y Vista Home Basic (32 bits).

Permite que el PLC Allen-Bradley acceda a una amplia variedad de aplicaciones de Rockwell Software y Allen-Bradley, entre las diferentes aplicaciones se incluyen:

- Configuración y programación, tales como RSLogix y RSNetWorx.
- Aplicaciones HMI (interfaz operador-máquina) como RSView32/FactoryTalk View Studio.
- Aplicaciones propias de adquisición de datos mediante Microsoft Office, páginas Web o Visual Basic.
- Es un servidor compatible con OPC Data Access y un servidor DDE.

Diferencias entre los distintos tipos de RsLinx Classic: RsLinx Classic se presenta en cinco versiones que se adaptan a los diferentes requerimientos en cuanto a costos y funcionalidad.

Debe realizarse la activación del software, caso contrario, se ejecutará como RsLinx Classic Lite, que es una versión básica.

a) RsLinx Classic Lite.

Esta versión ofrece las funciones mínimas para que sea compatible con RSLogix y RSNetWorx. No está disponible comercialmente, viene junto con productos que requieren solamente un acceso directo a los controladores de red de RsLinx Classic.

No soporta OPC, DDE, ni la interfaz de programación de aplicaciones C (API) publicada de RsLinx Classic. Se utiliza para lo siguiente:

- Programación de lógica de escalera con productos RSLogix.
- Diagnósticos y configuración de dispositivos y red con RSNetWorx.
- Configuración de módulos / dispositivos (ejemplo: 1756-ENET.).
- Actualización de firmware con ControlFlash.
- Examen de redes y obtención de información sobre dispositivos como, por ejemplo, la versión del firmware.

b) RsLinx Classic Single Node.

Dispone de las funciones necesarias para realizar la comunicación con todos los productos de Rockwell, es compatible con las interfaces OPC y DDE, con un único dispositivo, se utiliza para lo siguiente:

- Adquisición de datos mediante OPC o DDE con un único dispositivo. Se incluyen clientes como RSView32, Microsoft Office, Visual Basic y páginas Web.
- Diagnósticos y configuración de dispositivos y red con RSNetWorx.
- Configuración de módulos/dispositivos (por ejemplo, 1756-ENET, etc.).
- Actualización de firmware con ControlFlash.

c) RsLinx Classic OEM

Incluye las funciones necesarias para ofrecer servicios de comunicación para todos los productos de Rockwell Software, admite clientes OPC y DDE para los dispositivos que se desee, muy utilizado para lo siguiente:

- Adquisición de datos mediante OPC o DDE con tantos dispositivos como se desee. Se incluyen clientes como RSView32, Microsoft Office, Visual Basic y páginas Web.
- Diagnósticos y configuración de dispositivos y red con RSNetWorx.
- Configuración de módulos/dispositivos (por ejemplo, 1756-ENET).
- Actualización de firmware con ControlFlash.
- Examen de redes y obtención de información sobre dispositivos como, por ejemplo, la versión del firmware.

d) RsLinX Classic Gateway

Esta versión de RsLinX se utilizó para el desarrollo del proyecto. Permite conectar a los clientes en redes TCP/IP haciendo que las comunicaciones basadas en RsLinX Classic lleguen a cada rincón de la compañía.

Los productos de configuración y programación como RSLogix y RSNetWorx utilizan RsLinX Classic Lite o superior con un controlador de dispositivos remotos vía RsLinX Gateway configurado para comunicarse con RsLinX Classic Gateway.

Las aplicaciones VB/VBA y HMI remotas, pueden utilizar conectividad OPC remota para comunicarse con RsLinX Classic Gateway a fin de recopilar datos.

Esto permite que varios equipos distribuidos recopilen datos aunque no tengan instalado RsLinX Classic.

Adicional a las funciones que RsLinX Classic Professional ofrece, RsLinX Classic Gateway proporciona conectividad remota con:

- Varios clientes RSVIEW32 que acceden a datos por medio de un RsLinX Classic Gateway (conectividad OPC remota).
- Un equipo remoto que ejecuta RSLogix y se encuentra conectado a una red de la planta por medio de un módem para cambios de programa en línea.
- Una página Web que muestra datos de la planta cuando el servidor Web y RsLinX Classic se encuentran en equipos distintos.

En la Figura 4-2 se muestra la configuración de RsLinX Gateway de la planta de generación.

e) RsLinX Enterprise.

Esta versión de RsLinX permite configurar el enlace de comunicación desde FactoryTalk View Studio, entre el HMI y los controladores, en la Figura 5-2 se muestra la configuración realizada.

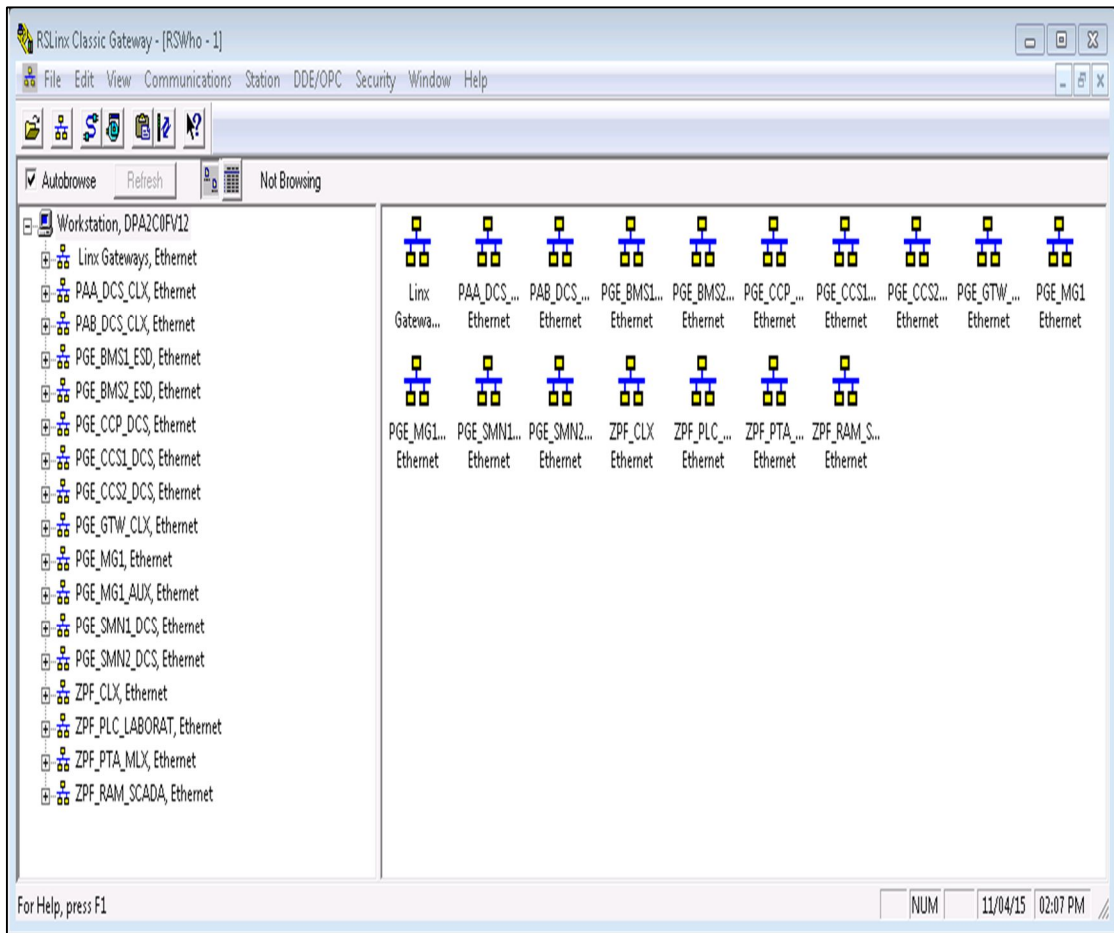


Figura 4-2 Software RSLinx Gateway.

Fuente: (Petroamazonas EP, 2015).

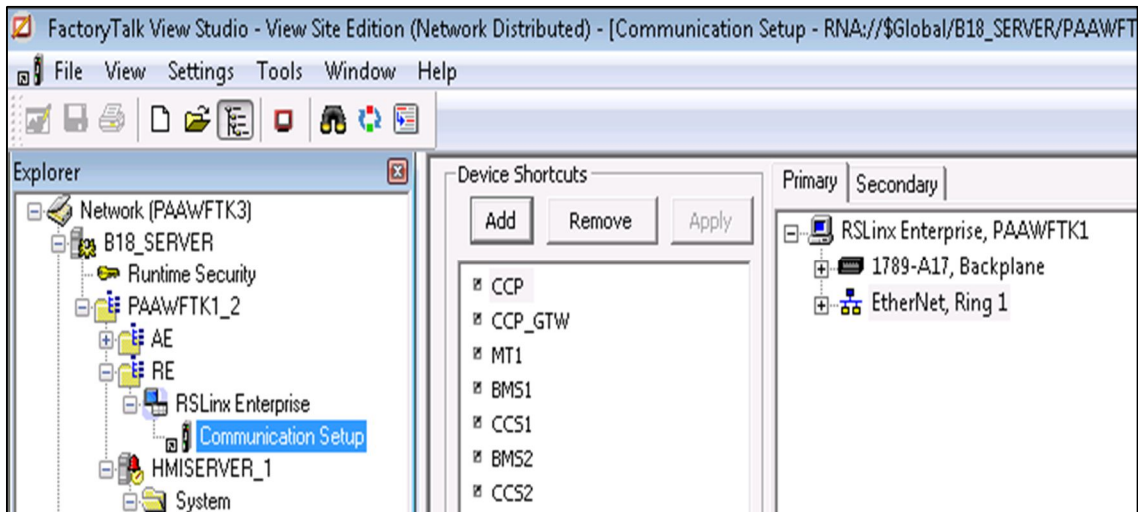


Figura 5-2 RSLinx Enterprise, configuración SCADA.

Fuente: (Petroamazonas EP, 2015)

Es utilizado por las aplicaciones para comunicarse con dispositivos (como controladores y escáneres de E / S) en la planta. Lo que permite ver los valores, tales como, lecturas de los sensores y otros datos del controlador desde las estaciones de monitoreo (PC, panel de operador).

Una configuración RsLinx Enterprise se compone de:

- Una lista de los dispositivos de comunicación y su configuración (por ejemplo, nodo, baudrate, etc.).
- Los controladores de los dispositivos y sus propiedades asociadas.
- Accesos directos. Un acceso directo es un nombre que identifica el dispositivo a conectar.

La información técnica presentada en esta sección fueron tomadas de (Rockwell Automation, 2008, pp.1-13)

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de Estudio.

Por la naturaleza de la investigación y desarrollo del presente trabajo, se aplicó los procedimientos de una investigación descriptiva y aplicada ya que se empleó las metodologías y normas citadas en el marco teórico para elaborar la base de datos estandarizada que permitió posteriormente desarrollar un sistema SCADA para obtener el registro de fallas, así como los indicadores: confiabilidad, infiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

3.2. Métodos.

Este proyecto utilizó los siguientes métodos de investigación.

Método Científico: Se utilizó este método para recopilar la información necesaria para determinar las metodologías (FMEA), normas: (ISO 14224, 2006), (IEC 60812, 2006), (SAE JA1011, 1999), (SAE JA1012, 2002) e indicadores claves de desempeño (confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, MTBF, MTTR, tasa de fallos, tasa de reparación, Down time).

Método Deductivo: Al realizar el estudio de las metodologías y normas para una adecuada gestión de mantenimiento, se desarrolló una aplicación estandarizada que ayudó a mejorar el registro de información.

Considerando que el sistema SCADA permite disponer en el HMI los indicadores mediante el uso de los registros disponibles en la base de datos estandarizada, se demostró con los resultados obtenidos, que el proyecto es factible.

3.3. Técnicas

El presente proyecto de tesis, responde a una necesidad operacional y de gestión de mantenimiento industrial, donde se identificó la oportunidad de mejora que toma como base aspectos del contexto operacional actual de la central de Generación ZPF del Bloque 18, específicamente de dos (02) grupos electrógenos instalados.

Se utilizaron las siguientes técnicas de investigación:

Observación.- Se realizó una revisión y análisis de cómo se están registrando las fallas, eventos e indicadores de la planta de generación, evidenciando que no se dispone de indicadores en tiempo real, la mayor parte de información como registro diario de horas y eventos se guardan en archivos de Excel en un disco compartido siendo los datos ingresados con un desfase de tiempo entre los eventos y registros.

Análisis y revisión bibliográfica.- Se investigó libros, manuales, tutoriales, informes, artículos y demás información disponible en sitio para poder implementar el proyecto.

Muestreo y grupo focal.- Para obtener registros y elementos de los equipos a ser analizados y recursos en general se seleccionó los grupos electrógenos de similares características, denominados MG1 y MG2.

3.4. Materiales

Para el registro y almacenamiento de los parámetros, alarmas, eventos, fallas y horas de operación, se utilizó una base de datos desarrollada en el software SQL, lo que permitió obtener indicadores claves de desempeño y disponer de un sistema para registro de fallas según normativa internacional.

Se diseñaron las pantallas y la programación utilizando código VBA en el HMI, para poder visualizar los indicadores de forma amigable, así como la presentación de los informes de los registros almacenados en la base de datos, siguiendo las recomendaciones para escribir código VBA en FactoryTalk View de (Rockwell Automation, 2004).

Para la programación de PLC's se utilizó el software RSLogix 5000, donde se desarrolló la programación lógica de las variables, temporizadores y contadores que se registran diariamente en el servidor de datos. Se utilizó la plataforma de controladores lógicos programables (PLC's) de la familia ControlLogix L6x y L7x que actualmente forman parte del sistema SCADA en sitio.

3.5. Antecedentes.

Para una adecuada gestión de Mantenimiento Industrial de grupos electrógenos es de vital importancia disponer de información confiable que nos permitan obtener indicadores claves de desempeño (confiabilidad, mantenibilidad, in fiabilidad, MTBF, MTTR), los mismos que mediante herramientas de análisis de fiabilidad nos permitirán reducir costos por mantenimiento, incrementar el tiempo medio entre fallas y por lo tanto, mejorar la disponibilidad del suministro de energía.

3.6. Identificación de equipos.

Por su nivel de importancia y criticidad, para el presente proyecto se seleccionaron los siguientes equipos detallados en la Tabla 1-3:

Tabla 1-3 Detalle de grupos electrógenos.

UNIDAD		TAG PAM	MARCA	MODELO	RPM	VOLT. (V)	AMP (A)
MG1	MOTOR	MG-HE101	Caterpillar	12CM32C	720		
	GENERADOR	GG-HE101	Leroy Somer	SA-58-CL14/10P		13800	281
MG2	MOTOR	MG-HE102	Wartsila	W16V32	720		
	GENERADOR	GG-HE102	ABB	AMG1120MK10DSE		13800	365

Fuente: (Petroamazonas EP, 2015)

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

En la Tabla 1-3 se puede observar el campo TAG PAM, éste es el código del equipo con el que se encuentra ingresado en el software de gestión de mantenimiento EAM Máximo Oíl & Gas que utiliza la empresa, se utilizó esta misma identificación en la

nueva base de datos, con el objetivo de mantener la estandarización de la taxonomía existente y poder integrarlas en un futuro.

En las Figuras 1-3 y 2-3 se muestra los grupos electrógenos MG1 y MG2, seleccionados para la implementación de indicadores y registro de fallas.



Figura 1-3 Grupo Electrónico MG1 - 5380 kW, 13.8 kV.
Fuente: (Petroamazonas EP - AMS, 2013, p. 7)



Figura 2-3 Grupo Electrónico MG2 - 6850 kW, 13.8 kV.
Fuente: (Petroamazonas EP - AMS, 2013, p. 7)

En la sección A.2 Equipment-specific de la (ISO 14224, 2006, pp.37-111), se encuentra definida la clasificación de los equipos, definiciones, subsistemas e inclusive llega a detalle de ítem mantenible, esta información se utilizó para la elaboración de la base de datos relacional.

Las Tablas 2-3, 3-3, 4-3 y 5-3 fueron de mayor utilidad para el desarrollo del presente proyecto, ya que contienen información de la clasificación y subsistemas de motores de combustión y generadores eléctricos, que son los componentes más representativos de los equipos del presente estudio. Esta información está ingresada en las diferentes tablas de la base de datos.

Tabla 2-3 Clasificación – motores de combustión.

Equipment class - Level 6		Engine type	
Description	Code	Description	Code
Combustion engines - piston (diesel/gas engines)	CE	Diesel Engine	DE
		Otto (gas) engine	GE

Fuente: Tabla A.5 (ISO 14224, 2006, p.38)

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

Tabla 3-3 Subdivisión / Ítem mantenible de motores de combustión.

Equipment class - Level 6	Combustion engines						
Subunit / Component	Start system	Combustion engine unit	Control and monitoring	Lubrication system	Cooling system	Miscellaneous	
Maintainable item/part	Start energy (battery, air)	Air inlet	Actuating device	Reservoir	Heat exchanger	Hood	
	Start unit	Ignition system	Control unit	Pump	Fan	Flange joints	
	Start control	Turbocharger		Internal power supply	Motor	Motor	
		Fuel pumps		Monitoring	Filter	Filter	
		Injectors		Sensors	Cooler	Valves	
		Fuel filters		Valves	Valves	Piping	
		Exhaust		Wiring	Piping	Pump	
		Cylinders		Piping	Oil	Temperature -	
		Pistons		Seals	Temperature-	control	
		Shaft			control	Sensor	
		Thrust bearing			sensor		
		Radial bearing					
		Seals					
		Piping					
Valves							

Fuente: Tabla A.8 (ISO 14224, 2006, p.39)

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

Tabla 4-3 Clasificación – generadores eléctricos.

Equipment class - Level 6		Equipment type	
Description	Code	Description	Code
Electric generator	EG	Gas-turbine driven	TD
		Steam-turbine driven	SD
		Turboexpander	TE
		Engine driven, e.g. diesel engine, gas engine	MD

Fuente: Tabla A.11 (ISO 14224, 2006, p.43).

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

Tabla 5-3 Subdivisión / Item mantenible de generadores eléctricos.

Equip. Unit	Electric generators					
	Power transmission	Electric generator	Control and monitoring	Lubrication system	Cooling system	Miscellaneous
Maintainable ítems	Gearbox	Stator	Monitoring	Reservoir	Heat	Hood
	Radial	Radial	Actuating	Pump	Exchanger	Purge air
	Bearing	Bearing	Device	Motor	Fan	
	Trust	Trust	Control	Filter	Motor	
	Bearing	Bearing	unit (e.g. AVR)	Cooler	Filter	
	Seals	Rotor	Internal	Valves	Valves	
	Lubrication	Excitation	power supply	Piping	Piping	
	Coupling to Driver	Cabling and junction box	Sensors	Oil	Pump	
	Coupling to driven unit		Valves			
			Wiring			
		Piping				
		Seals				

Fuente: Tabla A.12 (ISO 14224, 2006, p.44)

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

3.7. Diagrama de Bloques

En las Figuras 3-3 y 4-3 se muestran los diagramas funcionales de los grupos electrógenos, como se muestran en las Figuras 3-3 y 4-3.

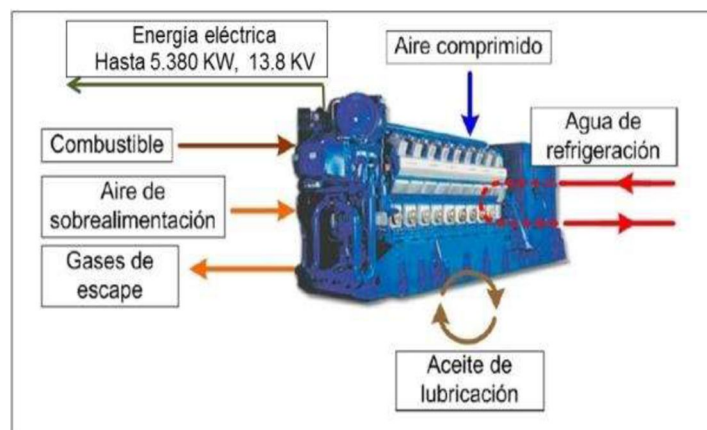


Figura 3-3 Diagrama funcional del generador a crudo MG1.

Fuente: (Petroamazonas EP - AMS, 2013, p. 10)

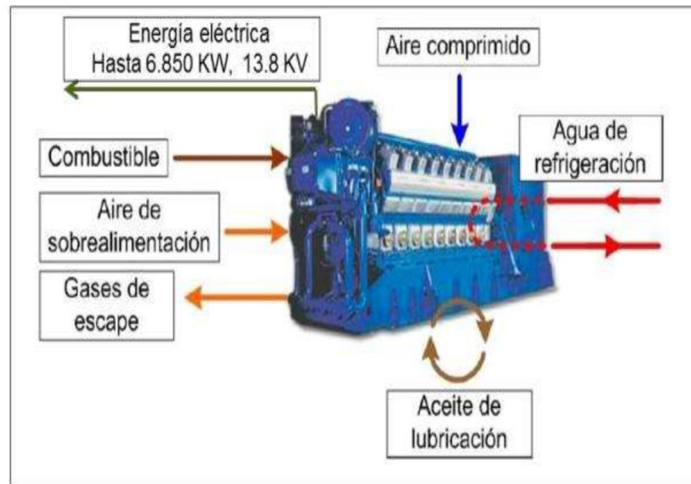


Figura 4-3 Diagrama funcional del generador a crudo MG2.
Fuente: (Petroamazonas EP - AMS, 2013, p. 10)

3.8. Selección de indicadores claves de desempeño.

Se seleccionaron los indicadores por su nivel de importancia, cálculo estandarizado y frecuencia de uso, algunos considerados de clase mundial (MTBF, MTTR), adicionalmente, sirven como base obtener una infinidad de indicadores, tales como: confiabilidad $R(t)$, infiabilidad $F(t)$, disponibilidad $A(t)$, tasa de fallo (λ), tasa de reparación (μ) y Tiempo de inactividad (Down time).

La clave para obtener estos indicadores, es un adecuado registro diario de horas (operación, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y horas de reserva).

Para realizar este registro en tiempo real y de manera confiable se utilizó un PLC dedicado, al final del día, por medio del sistema SCADA se envían los datos a una tabla creada en el servidor de datos, una vez almacenados, se accede a los registros vía programación VBA desde el HMI, mediante sentencias SQL se realizan consultas a la base de datos para extraer información y poder realizar los cálculos.

En la Tabla 6-3 se encuentra el listado de indicadores aplicados, su definición y fórmulas aplicadas en la programación del HMI. En el Anexo C de (ISO 14224, 2006, pp.131-148) se encuentra más detalles para el cálculo de los indicadores.

Tabla 6-3 Indicadores clave de desempeño.

INDICADOR		DEFINICIÓN	FÓRMULA
CONFIABILIDAD	R(t)	Es la probabilidad de que un activo desempeñe su función bajo las condiciones dadas, en un intervalo de tiempo determinado	$R(t) = e^{(-\lambda * t)}$
INFIABILIDAD	F(t)	Probabilidad que el activo falle en un determinado tiempo	$F(t) = 1 - R(t)$
DISPONIBILIDAD	A	Capacidad de un elemento de encontrarse en un estado para desarrollar una función requerida bajo unas condiciones determinadas en un instante dado o bien durante un intervalo de tiempo determinado.	$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$
MANTENIBILIDAD	M(t)	Mantenibilidad es "la capacidad de un elemento, bajo determinadas condiciones de uso, para conservar, o ser restaurado a, un estado en el que pueda realizar la función requerida, cuando el mantenimiento se realiza bajo determinadas condiciones y usando procedimientos y recursos establecidos."	$M(t) = 1 - e^{(-\mu * t)}$
TASA DE FALLO	λ	Es una función que describe el número de fallos de un sistema/componente que pueden ocurrir en un cierto tiempo	$\lambda = \frac{1}{MTBF}$
TASA DE REPARACIÓN	μ	La tasa de reparación (μ), es un parámetro de fiabilidad que permite la evaluación de la probabilidad de que el elemento sea reparado dentro de un cierto tiempo después de haber fallado	$\mu = \frac{1}{MTTR}$
MTBF		Representa el promedio del tiempo entre dos fallos de un elemento	$MTBF = \frac{Hrs.Operation}{Num.Fallos}$
MTTR		Representa el promedio de tiempo que se tarda la reposición de la falla de un elemento	$MTTR = \frac{Hrs.Mnt.Correctivo}{Num.Fallos}$
DOWN TIME		Tiempo total que el elemento no estuvo operativo por tareas de mantenimiento	Down(t) = HMC + HMP
TIEMPO	t	Período de tiempo	

Fuente: Anexo C (ISO 14224, 2006, pp.131-148)

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

3.9. Lista de recursos necesarios.

El sistema SCADA se desarrolló utilizando la plataforma (software / hardware) disponible en la central de generación.

3.9.1. Software.

Se utilizó una arquitectura cliente-servidor para desarrollar la aplicación, en la Tabla 7-3 se lista el software recomendado que se requiere para desarrollar una aplicación de este tipo:

Tabla 7-3 Lista de software utilizado.

Ítem	Descripción	Versión	Catálogo
1	FT View Studio SE View Ent Ensfw	7.00.00	9701-VWSTENE
2	FactoryTalk View Client	7.00.00	9701-VWSCWAENE
3	RsLogix 5000 Professional	21.03.01	9324-RLD700NXENE
4	RsLinx Gateway	3.74.00	9355-WABGWENE
5	FT Transaction Manager Pro 1500 tags	10.20.00	9356-PRO2300
6	SQL Server 2008 R2	2008 R2	

Elaborador por: OTO Marco, 2015.

3.9.2. Hardware.

Se dispone de un sistema distribuido de PLC's, los mismos que realizan el monitoreo remoto de los grupos electrógenos, para el control de horas de operación se instaló un PLC ControlLogix, el mismo que está dedicado únicamente a contabilizar las horas de cada equipo, en la Tabla 8-3 se detalla el hardware utilizado para el registro de datos.

Tabla 8-3 Lista de hardware utilizado.

Ítem	Descripción	Rev.	Catálogo
1	PLC ControlLogix L72	20.12	1756-L72
2	4-slot ControlLogix Chasis		1756-A4
3	Tarjeta de red Ethernet 10/100 Mbps	10.1	1756-EN2T
4	Power Supply, 120/240 VAC,		1756-PA72

Elaborador por: OTO Marco, 2015

3.10. Arquitectura del sistema de control y comunicaciones.

Existe una red de comunicación redundante entre los PLC's que permite transportar la información de campo hacia el Data Center, para luego ser monitoreada y analizada en las diferentes consolas de monitoreo (HMI) y control instaladas en la sala de operación.

Este sistema de comunicación se describe a continuación en dos secciones:

- Nivel de red de comunicaciones (TI);
- Nivel de PLC's (ControlNet, DeviceNet, Ethernet).

3.10.1. Sistema de comunicación (TI)

La red de comunicaciones, mostrada en la Figuras 5-3, cuenta con dos anillos de fibra óptica, cada uno conformado por los siguientes nodos:

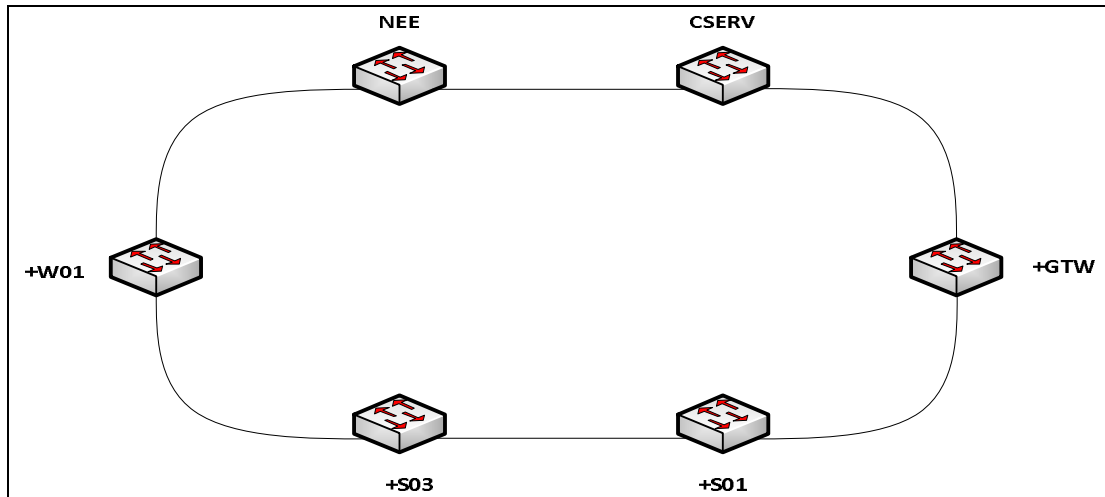


Figura 5-3 Anillo de comunicaciones.

Fuente: (Petroamazonas EP, 2015)

- NEE** : Nuevo Edificio Eléctrico.
- CSERV** : Cuarto de Servidores.
- +GTW** : PLC Gateway en planta de Generación.
- +S01** : RIO S01 (Área moto-generadores).
- +S03** : RIO S03 (Área de Calderas).
- +W01** : Panel de Comunicaciones +w01 en planta de generación.

En cada uno de estos sitios se encuentran instalados dos equipos de comunicaciones, que forman parte de un anillo de fibra óptica diferente, para garantizar la disponibilidad de comunicación.

3.10.2. Arquitectura de PLC's.

A la arquitectura existente, se incrementó un nuevo PLC ControlLogix denominado PLC-SCADA como se muestra en la Figura 6-3, desde el cual se tiene conectividad hacia los servidores de datos/HMI y hacia el resto de PLC's que contienen información de monitoreo y control del MG1 y MG2.

El PLC-SCADA recibe la señal de estado (encendido/apagado) de los generadores, mediante esta señal y a través del HMI se actualiza constantemente los temporizadores que permiten determinar las horas de operación y parada que se han generado durante el día de trabajo en cada equipo.

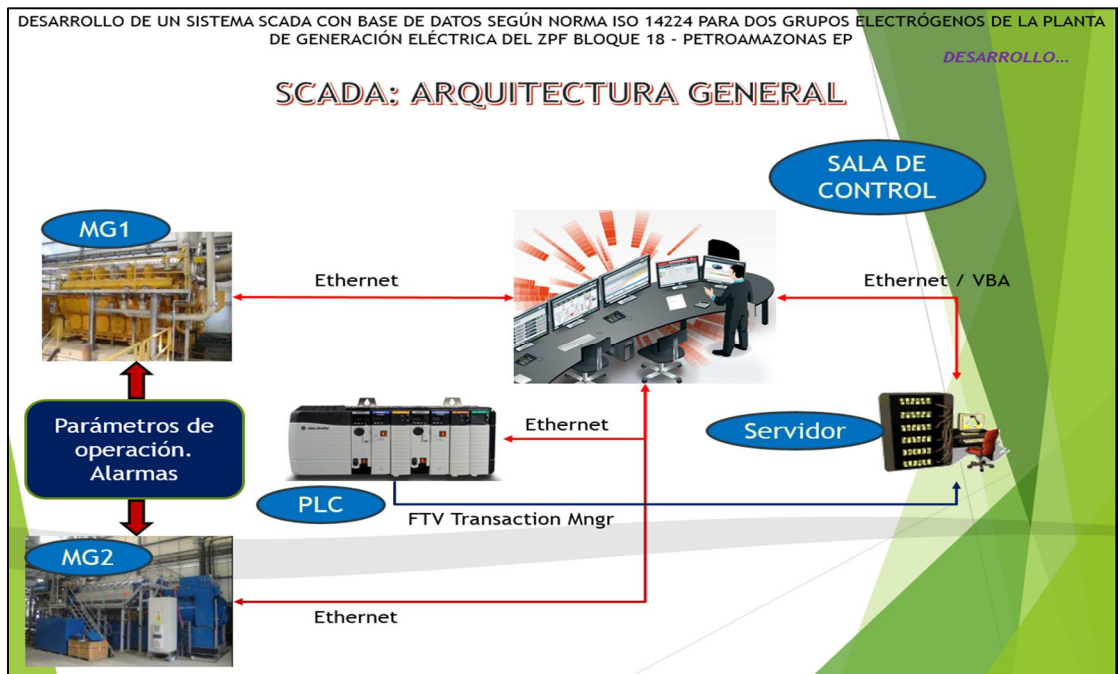


Figura 6-3 Arquitectura de comunicaciones (Ethernet).
Elaborador por: OTO Marco, 2015

Esta información es enviada al Servidor de Datos para su registro diario, información que luego se utiliza para calcular los respectivos indicadores claves de desempeño.

En la Figura 7-3 se muestra el estado de los servidores redundantes del SCADA, lo que permite tomar acciones antes se produzca un problema mayor, como la pérdida de comunicación y control de la central de generación.

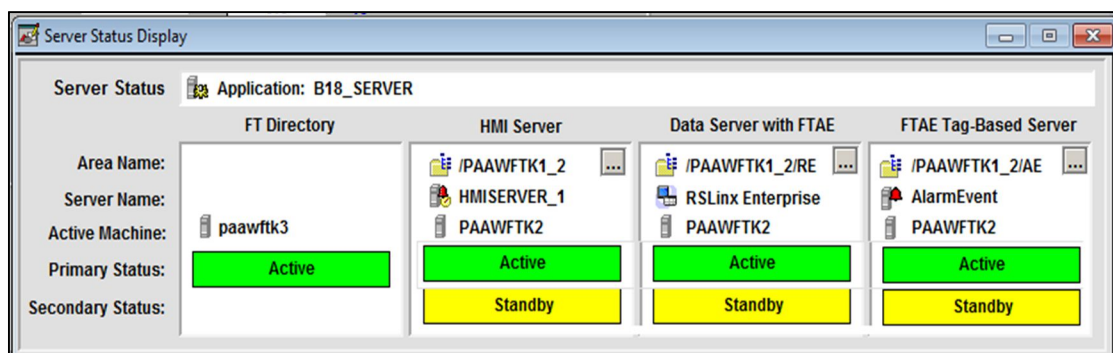


Figura 7-3 Estado de servidores SCADA PGE - B18.
Fuente: (Petroamazonas EP, 2015).

3.11. Configuración de la base de datos.

El nombre del servidor por defecto que utiliza el software Rockwell Automation es **FTVIEWX64TAGDB**, el mismo que sirve para conectarse desde sus aplicaciones, como por ejemplo, desde FactoryTalk View Studio para el registro de alarmas y eventos o registro de datos.

Se realizaron pruebas de conexión al servidor de datos utilizando la herramienta Microsoft SQL Server Management Studio (Figura 8-3 y 9-3):



Figura 8-3 Microsoft SQL Server.
Fuente: OTO Marco, 2015.



Figura 9-3 Conexión al servidor de base de datos FTV.
Fuente: OTO Marco, 2015.

Seleccionamos el nombre del servidor al que deseamos conectarnos (nombre PC\Server), como ejemplo podemos citar: Server\FTVIEWX64TAGDB.

Es importante recordar que durante la instalación de SQL, se debe configurar como modo de autenticación de Windows el acceso al servidor, de esta manera, se puede conectar al servidor de base de datos con el usuario y contraseña con el que se accede a Windows. En el Anexo A se encuentran los pasos realizados para la instalación, configuración y pruebas de conectividad del servidor SQL Server 2008 R2.

Dentro de este servidor se creó la base de datos ISO_14224, que contiene todas las tablas relacionadas para el registro de toda la información correspondiente a fallas e indicadores.

3.12. Arquitectura de la base de datos.

Una vez instalado el servidor SQL Server y creada la base de datos con nombre ISO_14224, se procedió a crear las tablas para registro de datos provenientes desde el PLC y el HMI, se desarrolló el proyecto en dos partes:

- a. Registro de horas de operación de los equipos.
- b. Registro de fallas según norma ISO 14224.

En la Tabla 9-3 se lista el software recomendado para instalar en los servidores:

Tabla 9-3 Software instalado en servidores.

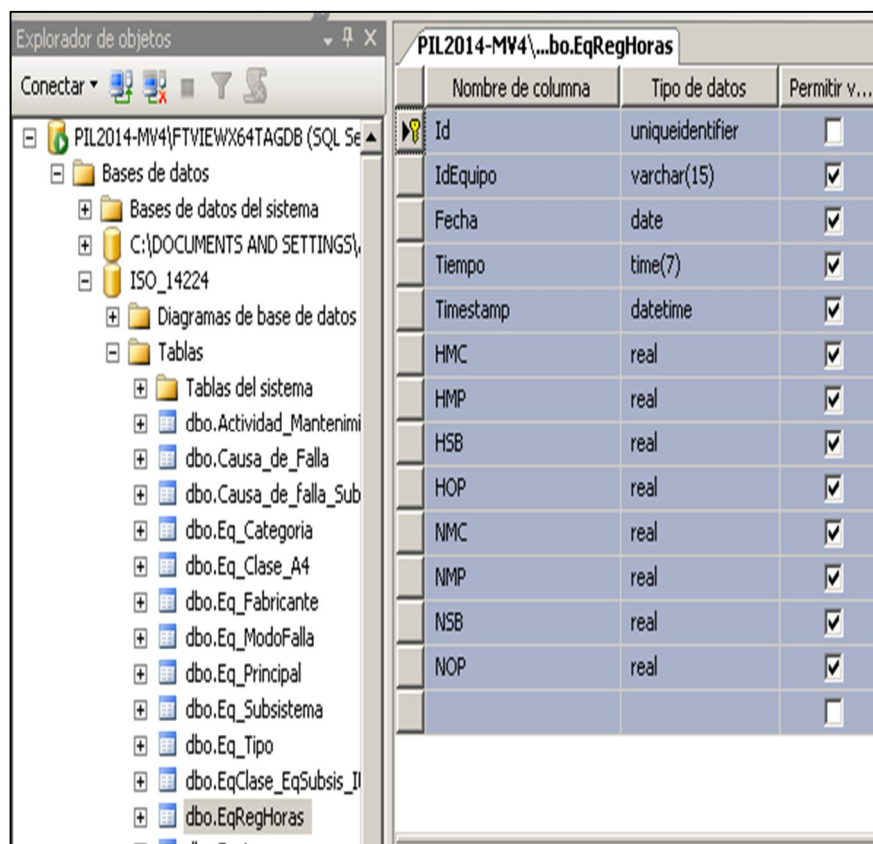
Ítem	Server	Software Instalado
1	Datos: SQL	SQL Server 2008 R2
2	Datos: SQL	RsLogix 5000 Professional
3	Datos: SQL	RsLinx Gateway
4	Datos: SQL	FT Transaction Manager Pro 1500 tags
5	Datos: SQL	FT Historian
6	HMI	FT View Studio SE View Ent Ensfw
7	HMI	FactoryTalk View Client
8	HMI	RsLinx Enterprise

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

3.12.1. Registro de horas de operación.

En el servidor de datos, se creó la Tabla EqRegHoras, la misma que almacena el tiempo de operación, las horas de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, horas en stand by, así como el número de mantenimientos preventivos, correctivos, stand by y operación, estos datos son necesarios para calcular los indicadores.

En la Figura 10-3 se muestra una vista de diseño de la tabla EqRegHoras.



Nombre de columna	Tipo de datos	Permitir v...
Id	uniqueidentifier	<input type="checkbox"/>
IdEquipo	varchar(15)	<input checked="" type="checkbox"/>
Fecha	date	<input checked="" type="checkbox"/>
Tiempo	time(7)	<input checked="" type="checkbox"/>
Timestamp	datetime	<input checked="" type="checkbox"/>
HMC	real	<input checked="" type="checkbox"/>
HMP	real	<input checked="" type="checkbox"/>
HSB	real	<input checked="" type="checkbox"/>
HOP	real	<input checked="" type="checkbox"/>
NMC	real	<input checked="" type="checkbox"/>
NMP	real	<input checked="" type="checkbox"/>
NSB	real	<input checked="" type="checkbox"/>
NOP	real	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Figura 10-3 Diseño de tabla EqRegHoras.

Elaborado por: OTO Marco, 2015

El PLC-SCADA desde las 00:00 horas de cada día, inicia el conteo de todos los parámetros de operación de cada equipo, utiliza contadores y temporizadores los mismos que son enviados a la base de datos al finalizar el día, e inmediatamente realiza el reset de los valores acumulados para reiniciar el ciclo nuevamente.

En la Tabla 10-3 se presenta una descripción de cada uno de los campos que forman parte de la tabla EqRegHoras.

Tabla 10-3 Diseño de tabla EqRegHoras.

Campo	Tipo de dato	Descripción
Id	Uniqueidentifier	Identificador único para cada registro
IdEquipo	Varchar(15)	Código del equipo
Fecha	Date	Fecha
Tiempo	time(7)	Hora
Timestamp	Datetime	Estampa de tiempo (fecha/hora). (Microsoft, 2015)
HMC	Real	Total Horas de Mantenimiento Correctivo por día
HMP	Real	Total Horas de Mantenimiento Preventivo por día
HSB	Real	Total Horas en Standby por día
HOP	Real	Total Horas de Operación por día
NMC	Real	Número de Mantenimientos Correctivos por día
NMP	Real	Número de Mantenimientos preventivos por día
NSB	Real	Número de veces en Standby por día
NOP	Real	Número de veces que Equipo entró en funcionamiento por día.

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

En la Figura 11-3 se muestra un ejemplo de consulta SELECT realizada para visualizar los registros de la tabla EqRegHoras, código similar se utilizó dentro del software SCADA vía programación VBA:

The screenshot shows the SQL Server Enterprise Manager interface. On the left, the 'Explorador de objetos' (Object Explorer) displays a tree view of the database structure, including tables and views. The main window shows a query window titled 'PIL2014-MV4\F...stro de horas*' with the following SQL query:

```
SELECT TOP (100) PERCENT Id, IdEquipo, Fecha, Tiempo, Timestamp, HMC, HMP, HSB, HOP, NMC, NMP, NSB, NOP
FROM dbo.EqRegHoras
WHERE (Fecha BETWEEN CONVERT(DATETIME, '2015-01-01 00:00:00', 102) AND CONVERT(DATETIME, '2015-11-11 00:00:00', 102)) AND
(IdEquipo = 'MG-HE101')
ORDER BY Fecha DESC, Tiempo DESC
```

The results grid below the query shows the following data:

Id	IdEquipo	Fecha	Tiempo	Timestamp	HMC	HMP	HSB	HOP	NMC	NMP	NSB	NOP
cf...	MG-HE101	2015-07-31	00:00:00.3600000	2015-07-31 02:40:44.360	10	3	4	7	2	2	4	1
30...	MG-HE101	2015-07-30	00:00:00.3500000	2015-07-30 04:50:34.350	0	4	0	20	0	5	2	2
2a...	MG-HE101	2015-07-29	00:00:00.3900000	2015-07-29 20:10:49.390	4	6	2	12	1	5	2	3

Figura 11-3 Consulta SQL de registro de horas de equipo MG-HE101 (MG1).

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

3.12.2. Registro de fallas según ISO 14224:2006.

Para la implementación de la base de datos relacional se tomó como base las especificaciones de (ISO 14224, 2006, pp.1-130) y recomendaciones de (Medina, 2014). La (ISO 14224, 2006) se aplica a los datos recolectados en la fase operativa de los equipos de la industria.

Para realizar un adecuado registro de fallas en los moto-generadores MG1 y MG2, se creó una base de datos relacional cuya estructura es similar a la especificada en la norma ISO 14224:2006, lo que permitió organizar la información de la mejor manera y mediante sentencias SQL obtener la información que se requiera de acuerdo a las necesidades. Para el diseño y creación de la base de datos se aplicó los lineamientos de la norma:

- Sección 7 Calidad de Datos;
- Sección 8 Límites de Equipo, taxonomía y tiempo;
- Sección 9 Datos del Equipo, averías y mantenimiento.

Para el registro de fallas, el sistema SCADA incluye los niveles Equipment Unit (6), Subunit (7), Component / Maintainable Item (8) y Part (9) de la taxonomía presentada en la sección 8.2 de la norma (Figura 12-3).

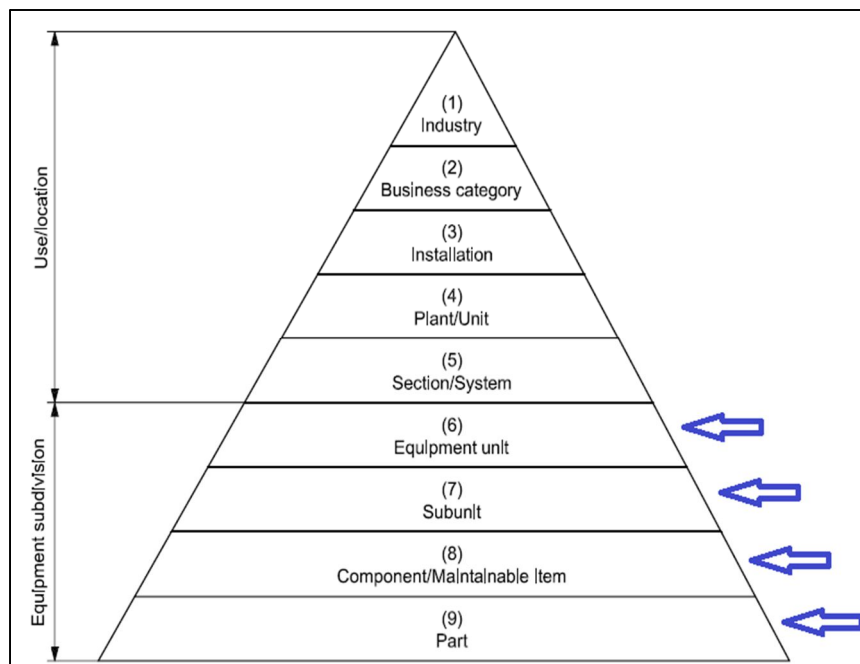


Figura 12-3 Taxonomía según ISO 14224.

Fuente: (ISO 14224, 2006, p.18).

Esta información es ingresada por el operador en el instante que ocurre una falla o correctivo, se despliega un formulario que sirve de guía para el ingreso de la información, realizando filtros instantáneos dependiendo de información que se vaya ingresando y seleccionando de las diferentes tablas.

En la Tabla 11-3 se encuentra el detalle de tablas creadas en la base de datos para el registro de fallas:

Tabla 11-3 Lista de tablas para registro de fallas.

Ítem	Nombre de Tabla	Descripción	ISO 14224
1	Actividad_Mantenimiento	Códigos a ser usados en base datos para identificar el tipo de actividad realizada durante mantenimientos preventivos y correctivos.	Tabla B.5 Maintenance Activity
2	Causa_de_Falla	El objetivo de estos datos es identificar el evento inicial (causa raíz) en la secuencia que conduce a un fallo de un elemento del equipo.	Tabla B.3 Failure Causes
3	Causa_de_falla_SubDiv	Subdivisión de la causa de falla, relacionada con Causa_de_Falla aplicada a Equipos.	Tabla B.3 Failure Causes
4	Eq_Categoria	Ejemplos típicos de categorías de equipos usados en la industria del petróleo, gas natural y petroquímica, también indica la taxonomía de equipos que son mostrados como ejemplos, como se describe en las secciones A.2.1 – B.2.6, que contienen modos de falla asociados a cada equipo.	Tabla A.4 — Equipment class — Level 6
5	Eq_Clase_A4	Clases de equipos que pertenecen a Eq_Categoría.	Tabla A.4 — Equipment class — Level 6
6	Eq_Fabricante	Base de datos de fabricantes (Manufacturer's name)	Tabla 5 — Equipment data common to all equipment classes
7	Eq_ModoFalla	Tabla que relaciona las tablas Eq_Clase_A4 (IdEq_Clase) y Eq_Modo_de_falla (IdModo_de_falla) para poder filtrar los modos de falla según clase de equipos.	
8	Eq_Principal	Lista de Id de equipo principal o SKID que contiene el resto de equipos, en nuestro caso (motor, generador), servirá para relacionar a futuro con software externo como EAM Máximo Oil & Gas	
9	Eq_Subsistema	Lista de subsistemas para equipos.	Sección A.2 Equipment-specific data (desde Tabla A.5 hasta a.95)
10	Eq_Tipo	Lista de tipos de equipo	Sección A.2 Equipment-specific data (desde Tabla A.5 hasta a.95)
11	EqClase_EqSubsis_ItemMant	Tabla que permite relacionar Clase de equipos, Subsistema e Item mantenible, sirve para filtrar solamente ítems relacionados a un equipo según subsistema.	
12	Equipo	Lista de equipos existentes, (Equipment identification/ Location (e.g. tag number)), aquí se crea el tag o Id del equipo de forma similar al existente en el EAM Máximo para futura relación entre estas dos bases de datos.	Tabla 5 — Equipment data common to all equipment classes
13	Industria (*)	Registros de industria.	Tabla 5, Nivel 1 de taxonomía.

14	Instalacion (*)	Registro de instalaciones.	Tabla A.1 — Installation category — Lev 3
15	Item_Mantenible	Lista general de ítems mantenibles (nivel 8 de taxonomía)	Sección A.2 Equipment-specific data
16	Mecanismo_de_Falla	Lista general de mecanismos de falla. Conocido como modo de falla de un ítem mantenible o subunidad.	Tabla B.2 — Failure mechanism
17	Mecanismo_de_Falla_SubDiv	Subdivisión de Mecanismos de Falla.	Tabla B.2 — Failure mechanism
18	Metodo_Deteccion	Lista general del método o actividad por la cual la falla es descubierta.	Tabla B.4 — Detection method.
19	Modo_de_falla	Lista general de modos de falla, los códigos de la norma son aplicados tanto a esta base de datos como a la del EAM Máximo, por lo que será factible su relación futura.	Table B.6 — Rotating equipment — Failure modes
20	Negocio (*)	Lista de Negocios según norma.	Tabla 5, Nivel 2 de taxonomía.
21	Planta_A2 (*)	Tipo de planta/unidad de negocio.	Tabla A.2 — Plant Level 4
22	RegistroFallasISO	Es la tabla más completa de la base de datos, pues se relaciona casi con todas las tablas creadas, permite llevar el registro ordenado de los eventos según la norma.	
23	Sistema_A3 (*)	Lista general de sistemas/facilidades relevantes cubiertas por la norma.	Tabla A.3 — Section/System classif — Level 5
24	Tipo_Mantenimiento	Clasificación de tipos de mantenimiento.	
25	Tipo_Sistema	Lista general de tipos de facilidades relevantes.	Tabla A.3 — Section/System classification — Level 5

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

En el Anexo B, se encuentran los detalles diseño de la base de datos, donde se puede identificar el tipo de dato y su respectivo diagrama para visualizar las diferentes relaciones que existen para poder almacenar y utilizar la información de manera segura y confiable.

Las tablas ISO_14224: ConditionEvent, FTAEInstance, SimpleEvent y TrackingEvent son creadas automáticamente desde FactoryTalk View Studio al momento de realizar una nueva conexión desde el HMI, y son utilizadas por Rockwell Automation para el registro de alarmas y eventos desde FTV.

En la Figura 13-3 se muestra las tablas creadas y el diagrama de base de datos que contiene todas las relaciones para poder relacionar la información.

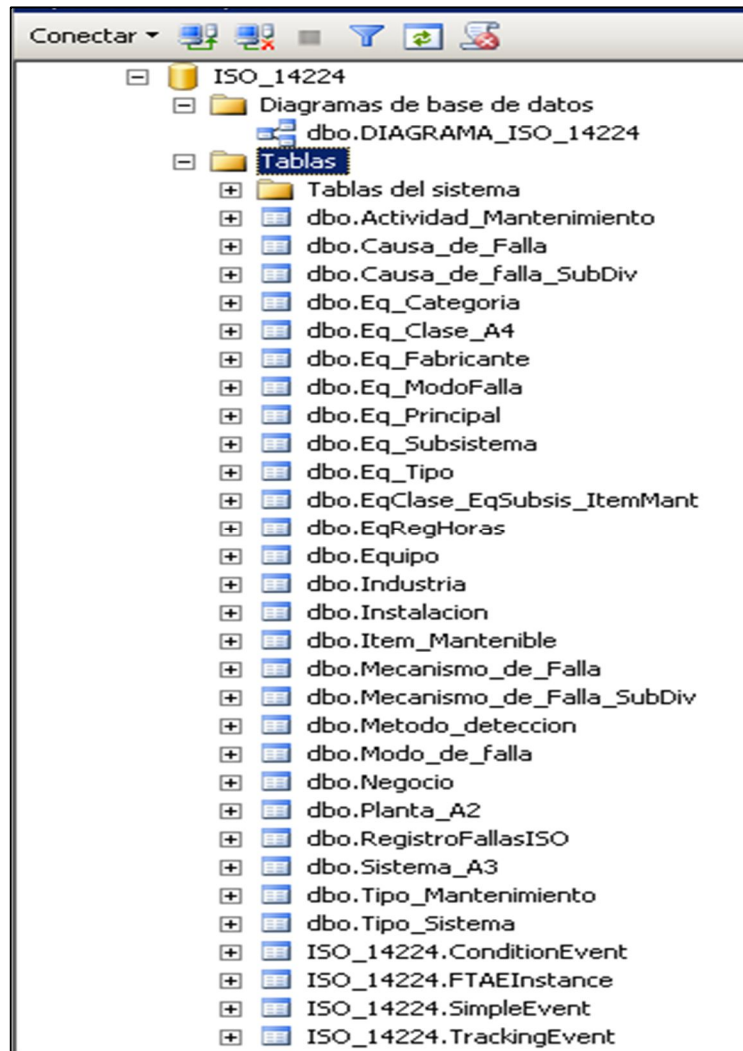


Figura 13-3 Lista de tablas SQL para registro de fallas.
Fuente: MS SQL Server 2008 R2.

3.13. Programación de PLC

En el PLC-SCADA, mostrado en la Figura 14-3, se acumula el tiempo de cada estado de los generadores, de igual manera, se lleva la cuenta del número de veces que se activa cada estado, esta información es vital para el cálculo de indicadores.

Desde el PLC-MG1 se envía un bit de estado del grupo eléctrico, si está operativo muestra un "1" lógico, caso contrario un "0" lógico, de igual manera, el bit de estado del MG2 es transmitido vía comunicación.

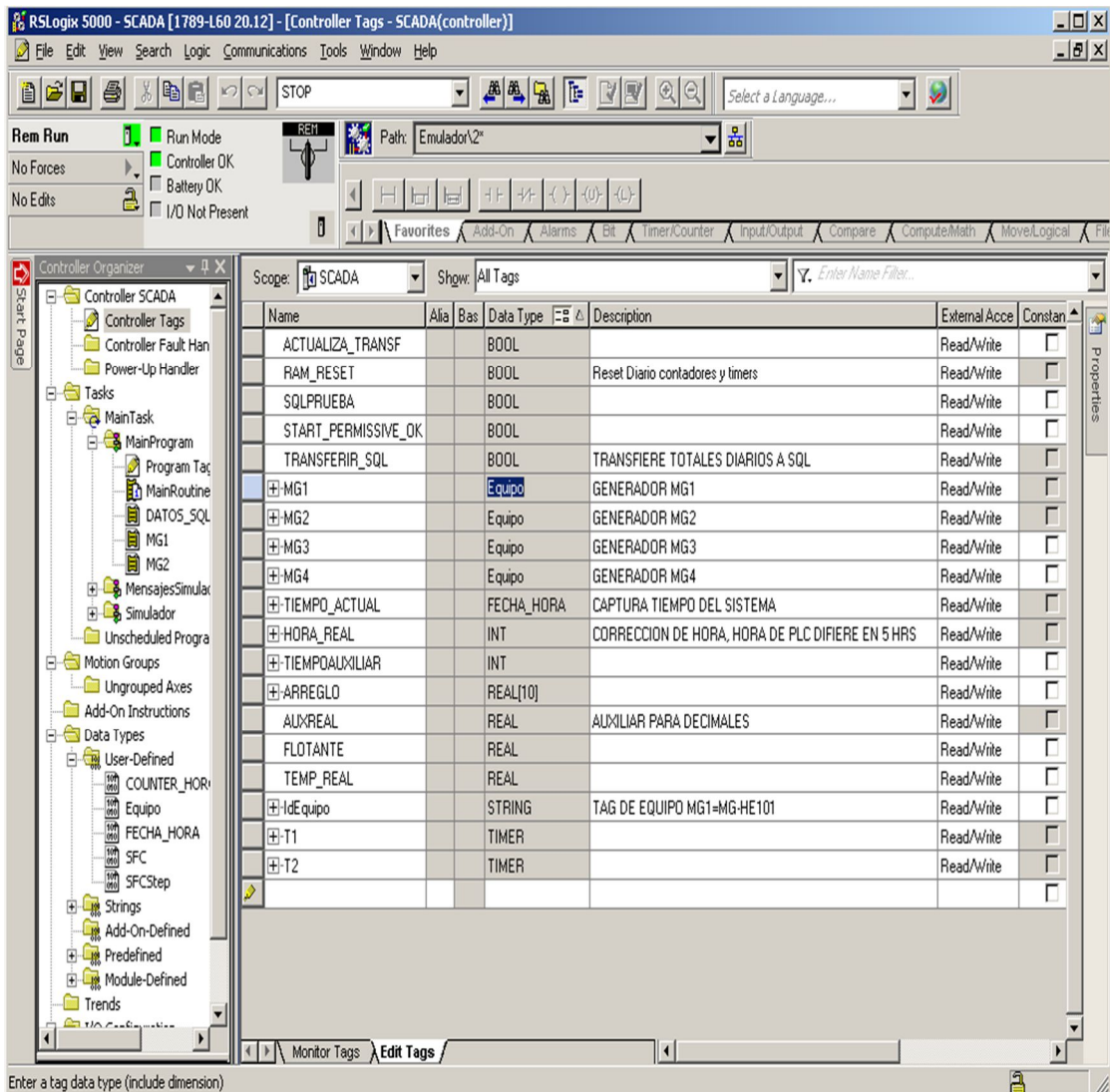


Figura 14-3 Estructura - Tags en PLC-SCADA.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

El programa principal cuenta con cuatro rutinas:

Main Routine: Rutina principal del programa que llama a las subrutinas MG1, MG2 y DATOS_SQL para su ejecución, como se muestra en la Figura 15-3.

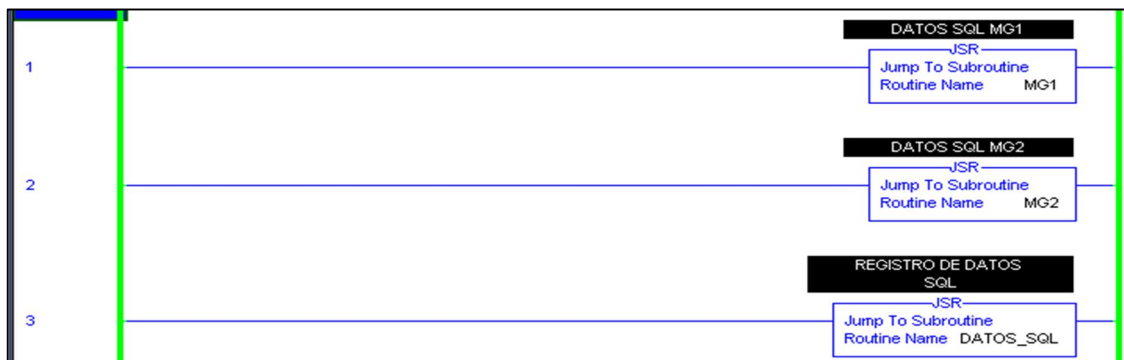


Figura 15-3 Programación de Rutina Principal.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

3.13.1. Datos_SQL.- Contiene la programación para activar el bit de transferencia de contadores y temporizadores hacia la tabla EqRegHoras utilizando la herramienta FactoryTalk Transaction Manager, se utilizó como base la configuración mostrada en (Luque, 2013). Al finalizar el día, se activa el bit TRANSFERIR_SQL (Figura 16-3) que dispara el conjunto de instrucciones configuradas en FactoryTalk Transaction Manager, es decir, los valores acumulados de MG1 y MG2 se registran en la tabla EqRegHoras.

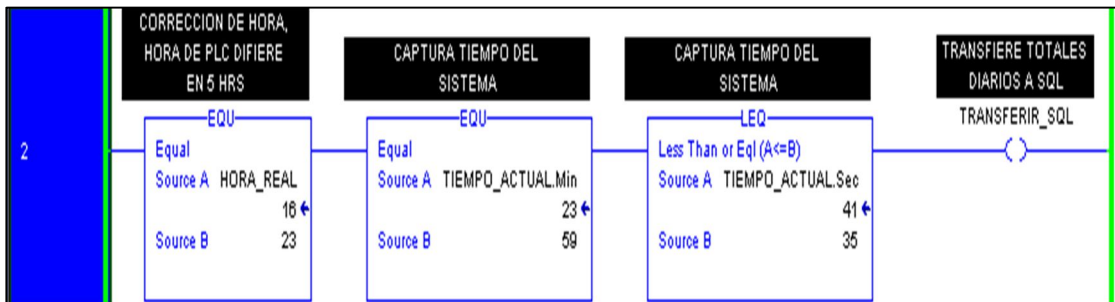


Figura 16-3 Programación (rung) que activa el bit TRANSFERIR_SQL.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

En la Figura 17-3, se encuentra el rung que permite activar el bit RAM_RESET, el mismo que realiza el reset de todos los valores calculados durante el día, esta instrucción se ejecuta una vez que se ha realizado la transferencia de los datos acumulados, y permite el inicio del ciclo del día siguiente.

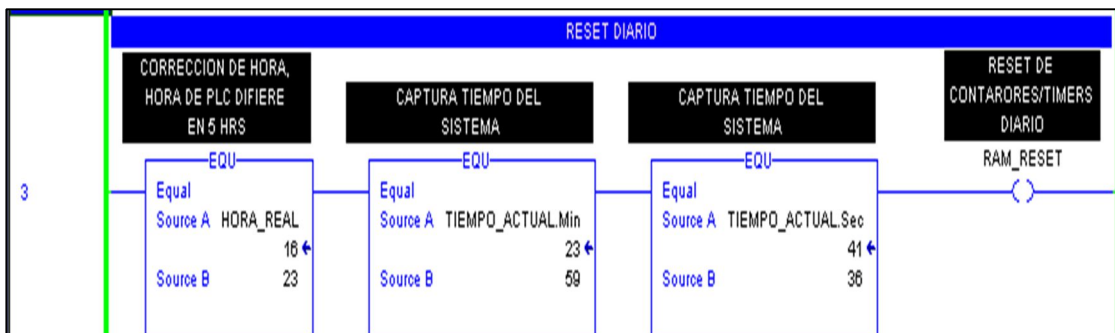


Figura 17-3 Rung para resetear valores acumulados de MG1 y MG2.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

Esta secuencia se repite a diario, de tal manera que los registros quedan almacenados en la base de datos y se reutiliza todas las variables para un nuevo cálculo.

En el Anexo C, se muestra la configuración realizada en FactoryTalk Transaction Manager para poder realizar la transferencia de datos desde el PLC-SCADA hacia la tabla.

3.13.2. Programación MG1.

Programación para iniciar temporizadores de las horas correspondiente a cada estado (HOP, HMC, HMP, SSB) y número de veces que el MG1 permaneció en cada uno de ellos.

Para el cálculo de los indicadores, en el PLC se crea un UDT (User-Defined Tag) estandarizado denominado Equipo, el mismo que contiene los parámetros que a continuación se detallan en la Tabla 12-3 y aplica para los equipos MG1 y MG2:

Tabla 12-3 Lista de tags utilizados.

Descripción	Tipo de Dato	Estilo	Descripción	Acceso Externo
Status	BOOL	Decimal	Estado del equipo (funcionando / apagado)	Read/Write
MC	BOOL	Decimal	Indica que inicia correctivo (enclavamiento)	Read/Write
MP	BOOL	Decimal	Indica que inicia preventivo (enclavamiento)	Read/Write
OP	BOOL	Decimal	Indica inicio funcionamiento (enclavamiento)	Read/Write
SB	BOOL	Decimal	Indique que inicia stand by (enclavamiento)	Read/Write
HDMC	TIMER		Horas MC por día	Read/Write
HDMP	TIMER		Horas Diarias MP	Read/Write
HDOP	TIMER		Horas diarias Operación	Read/Write
HDSB	TIMER		Horas diarias stand by	Read/Write
HMC	REAL	Float	Horas diarias de MC	Read/Write
HMP	REAL	Float	Horas diarias MP	Read/Write
HOP	REAL	Float	Horas diarias Operación	Read/Write
HSB	REAL	Float	Horas diarias stand by	Read/Write
NUMSTART	COUNTER		Número de arranques	Read/Write
NUMMC	COUNTER		Número de correctivos	Read/Write
NUMMP	COUNTER		Número de Preventivos	Read/Write
NUMSB	COUNTER		Número de veces en stand by	Read/Write
SMC	BOOL	Decimal	Señal desde HMI de inicio MC	Read/Write
SMP	BOOL	Decimal	Señal desde HMI de inicio MP	Read/Write
SSB	BOOL	Decimal	Señal desde HMI de inicio stand by	Read/Write
SOP	BOOL	Decimal	Señal desde HMI de inicio Operación	Read/Write
EQONS	BOOL[32]	Decimal	CONTROL DE HORAS (DISPARO)	Read/Write
CmdOut	BOOL	Decimal	Estado de Equipo	Read/Write

Leyenda

	Tag Interno de PLC
	Datos enviados a SQL
	Señal que viene desde HMI

Elaborado por: OTO Marco, 2015

La filosofía de funcionamiento es la siguiente: Cuando el Generador está en funcionamiento y se desea cambiar de estado a “APAGADO” (STOP), aparece la ventana mostrada en la Figura 18-3, donde el operador puede seleccionar las siguientes opciones:

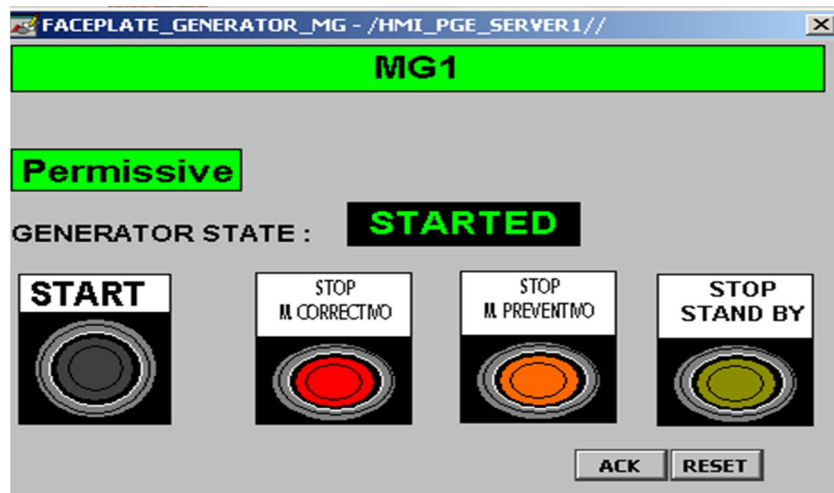


Figura 18-3 Faceplate para cambiar grupo electrógeno a estado apagado.
Elaborado por: OTO Marco, 2015

Stop M. Correctivo.- Cuando el equipo se apaga por falla o para reparación no programada (Mantenimiento Correctivo). Al presionar este botón, aparece una ventana de confirmación mostrada en la Figura 19-3, al presionar “SI” desde el HMI se envía el bit MG1.SMC en “1” lógico, el mismo que activa el estado correctivo e inicia en el PLC la secuencia relacionada al estado correctivo del equipo.

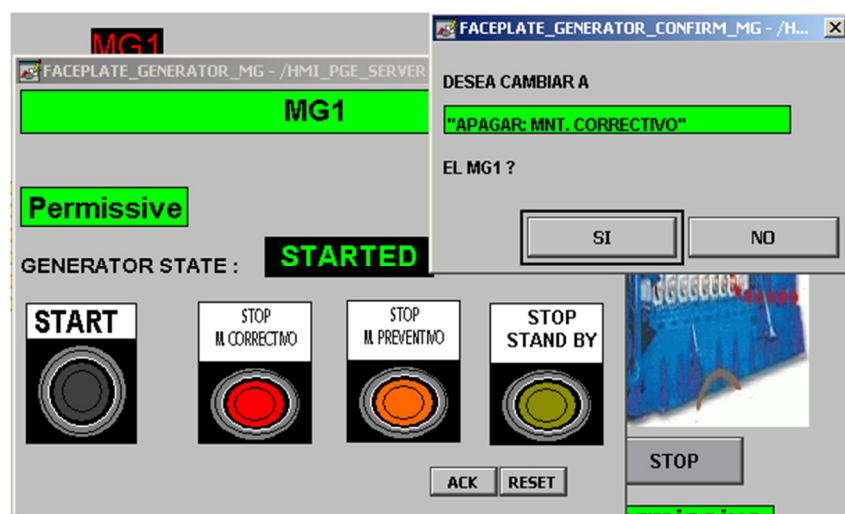


Figura 19-3 Apagar equipo con estado mantenimiento correctivo.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

Se enclava el bit MG1.MC e incrementa el contador MG1.NUMMC que registra las veces que el generador se paró por mantenimiento correctivo, como se muestra en la Figura 20-3. También se habilita el temporizador MG1.HDMC que se encarga de contar el tiempo que el equipo permanece en estado correctivo y se realiza la transformación a horas en la variable MG1.HMC, que es la que se envía a la base de datos para su registro.

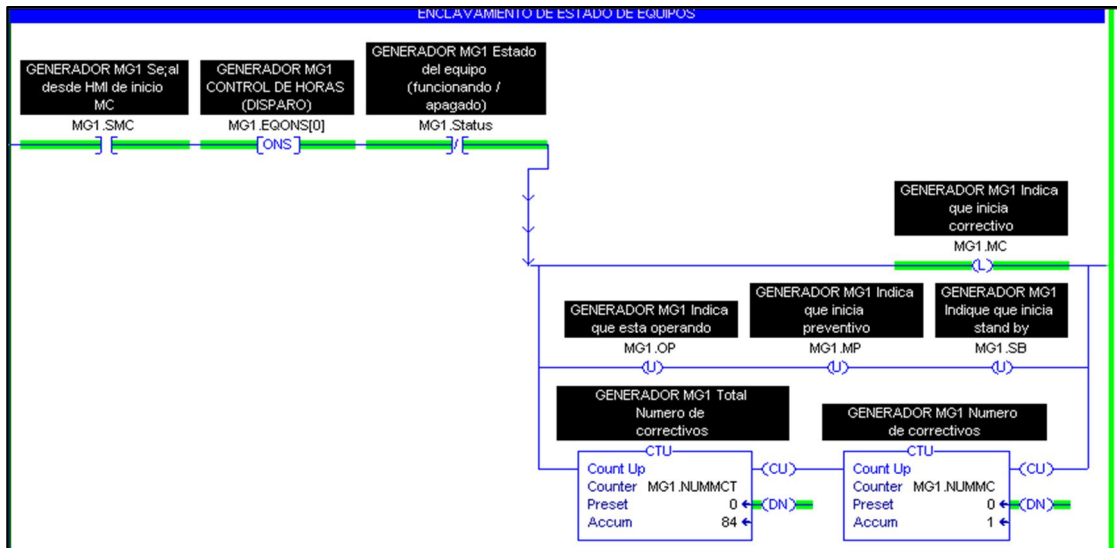


Figura 20-3 PLC: Rung que habilita el estado correctivo del equipo.
 Elaborado por: OTO Marco, 2015

En la Figura 21-3 se muestra la programación del temporizador para MG1.

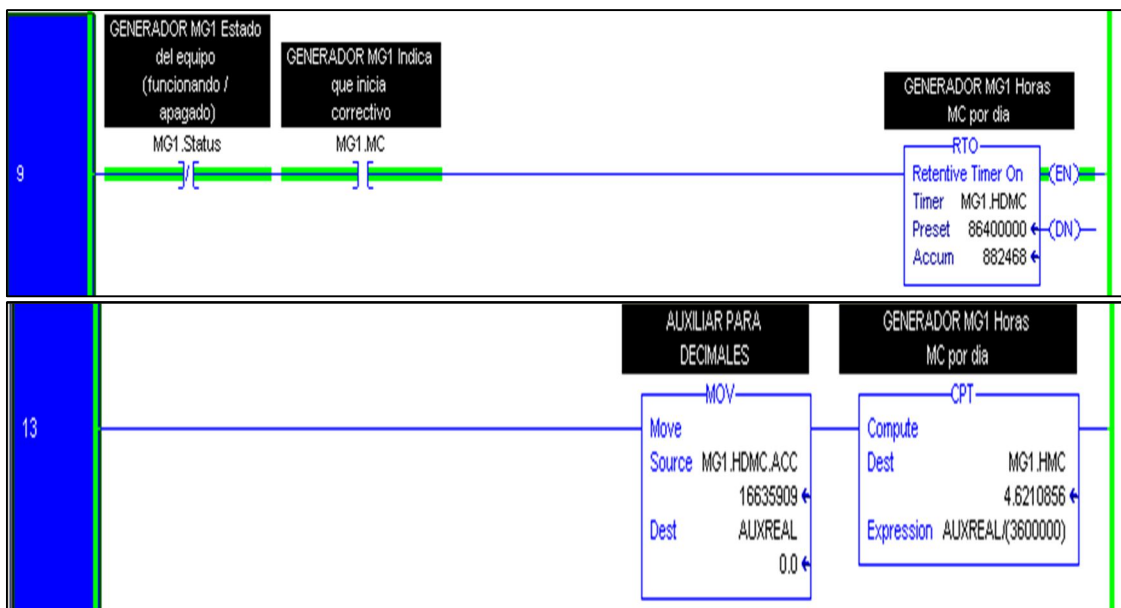


Figura 21-3 Temporizador de estado correctivo del equipo.
 Elaborado por: OTO Marco, 2015.

Stop M. Preventivo.- Cuando el equipo se apaga para mantenimiento programado. Al seleccionar el botón STOP M. PREVENTIVO, aparece el cuadro de diálogo de la Figura 22-3, solicitando confirmación, al seleccionar la opción SI, se envía la señal MG1.SMP que enclava el bit MG1.MP e incrementa en “1” el contador MG1.NUMMPP que lleva el conteo de las veces que el equipo se detiene por mantenimiento preventivo (Figura 23-3).

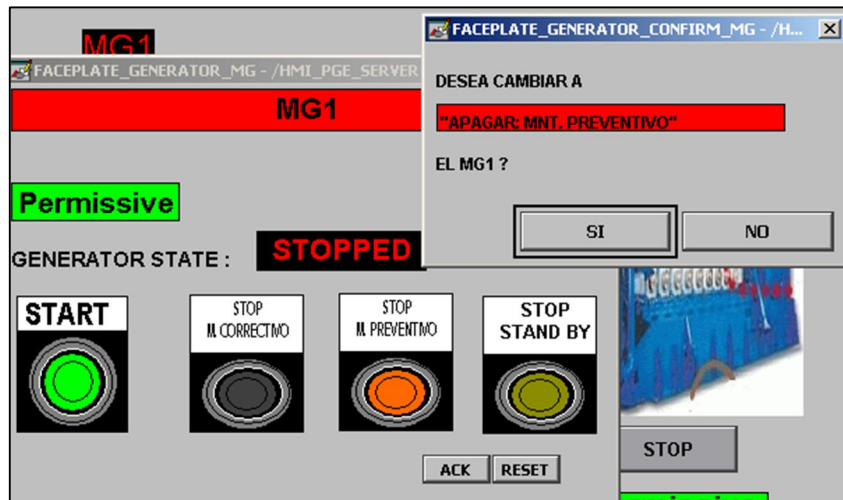


Figura 22-3 Faceplate para activar parada por mantenimiento preventivo.
Elaborado por: OTO Marco, 2015

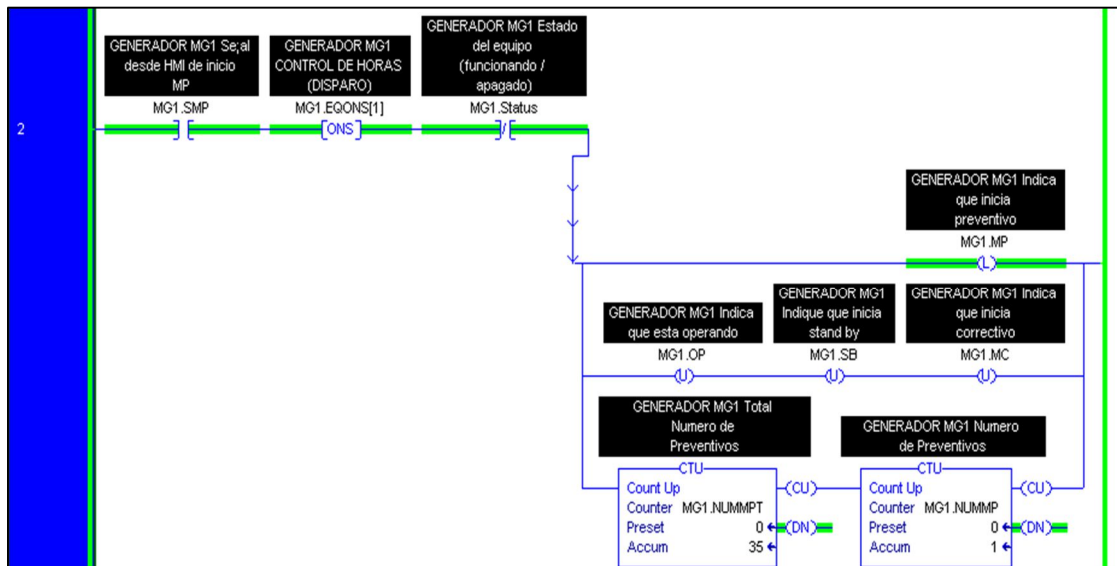


Figura 23-3 PLC: Rung que habilita el estado preventivo del equipo.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

Stop Stand By.- Cuando el equipo se apaga por situaciones operativas, se encuentra en reserva y disponible para ingresar en funcionamiento cuando se lo requiera.

Al seleccionar el botón STOP STAND BY, aparece el cuadro de diálogo de la Figura 24-3 solicitando confirmación, al seleccionar la opción SI, se envía la señal MG1.SSB que enclava el bit MG1.SB e incrementa en "1" el contador MG1.NUMSB que lleva el conteo de las veces que el equipo se detiene para Standby (Figura 25-3), adicional a esto, también se activa el temporizador MG1.HDSB que acumula las horas que el equipo permanece en este estado.

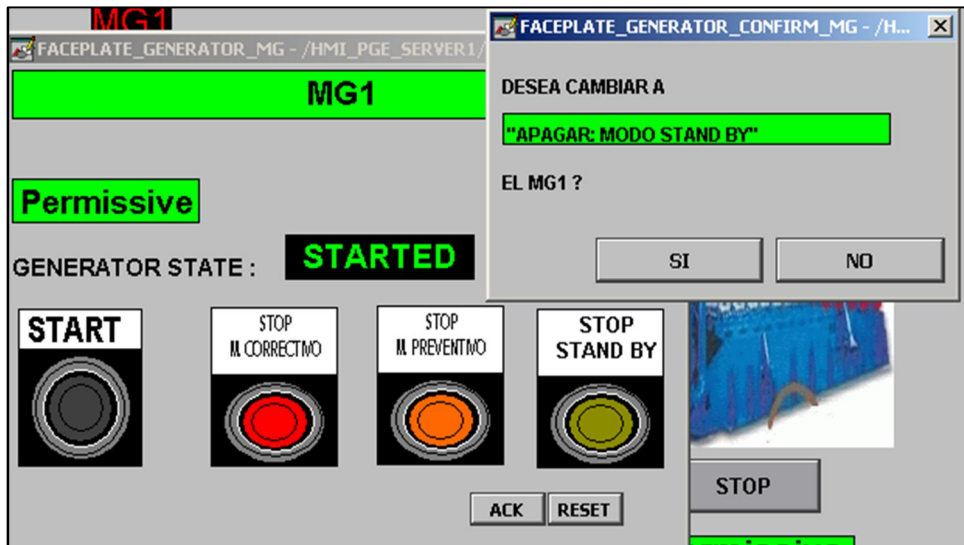


Figura 24-3 Faceplate para activar parada de equipo por reserva.
Elaborado por: OTO Marco, 2015

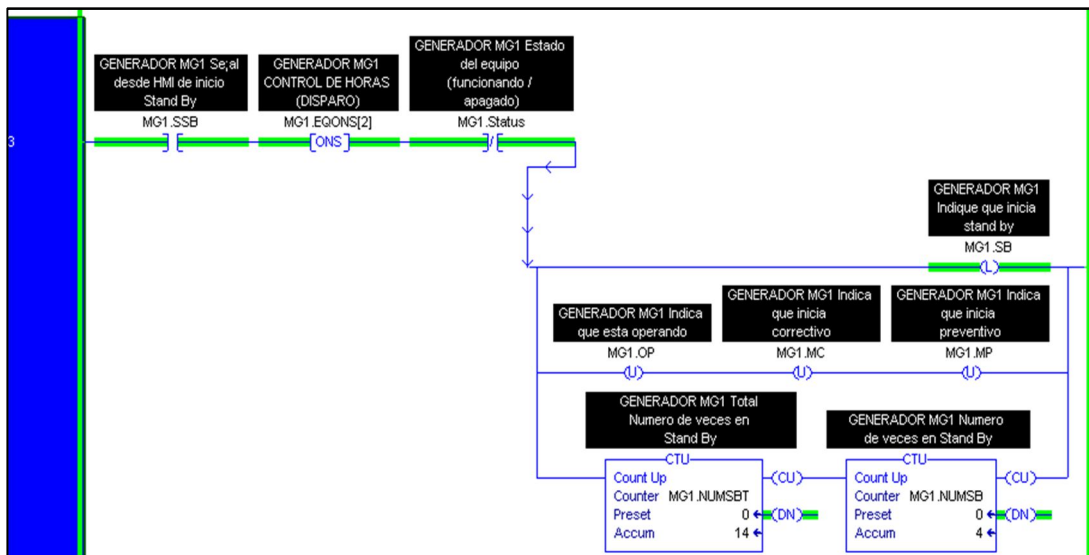


Figura 25-3 Programación que habilita el estado reserva del equipo.
Elaborado por: OTO Marco, 2015

Start.- Permanece deshabilitado cuando el estado del equipo es “STARTED” o encendido, este botón se habilita únicamente cuando se inicia encendido del equipo.

Al seleccionar el botón START, aparece el cuadro de diálogo de la Figura 26-3 solicitando confirmación, al seleccionar la opción SI, se envía la señal MG1.SOP que enclava el bit MG1.OP e incrementa en “1” el contador MG1.NUMOP que lleva el conteo de las veces que el equipo se enciende (Figura 27-3), adicional a esto, también se activa el temporizador MG1.HDOP que acumula las horas que el equipo permanece en este estado y realiza la transformación a horas en MG1.HSB, valor que se registra en la base de datos.

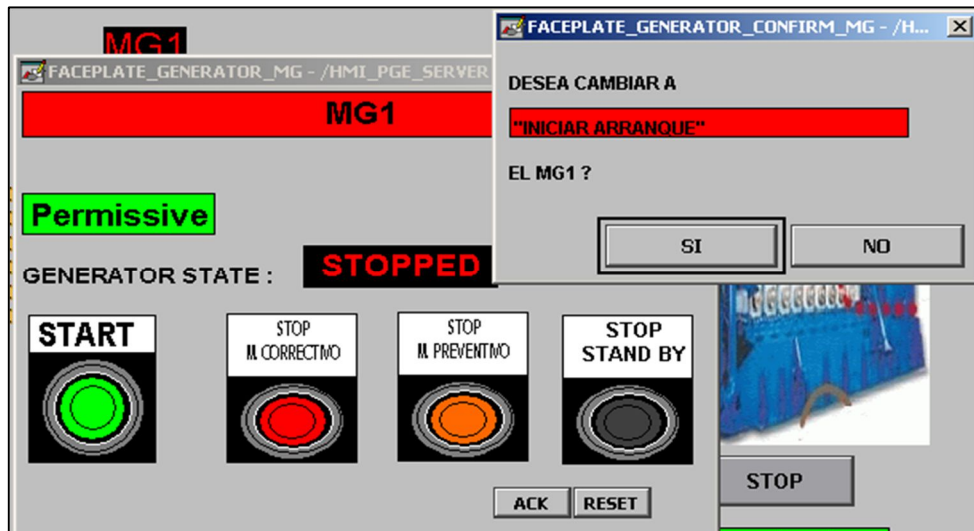


Figura 26-3 Faceplate para iniciar puesta en funcionamiento de equipo.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

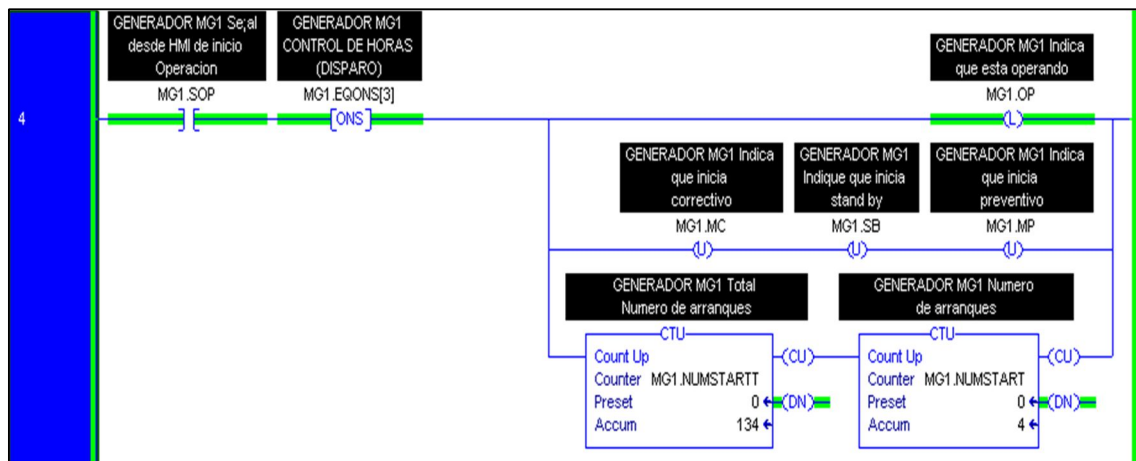


Figura 27-3 Programación que habilita el estado del equipo en funcionamiento.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

3.13.3. Programación MG2.

Programación para iniciar temporizadores de las horas correspondiente a cada estado (operación, correctivo, preventivo, reserva) y número de veces que el moto-generador 02 permaneció en cada uno de ellos.

Al igual que lo descrito en la sección 3.13.2 sobre la programación del PLC del grupo electrógeno MG1, se aplica la misma lógica para el MG2, se conserva los mismos tags, diferenciados únicamente por el inicio del nombre (se reemplaza MG1 por MG2). En el Anexo D, se encuentran detalles de la programación del PLC-SCADA donde se puede apreciar la lógica utilizada y las variables que se envían hacia la tabla EqRegHoras.

3.14. FactoryTalk View Studio: SCADA

La aplicación se desarrolló utilizando un proyecto tipo red distribuida (Network Distributed) dentro de FactoryTalk View Studio (Figura 28-3).

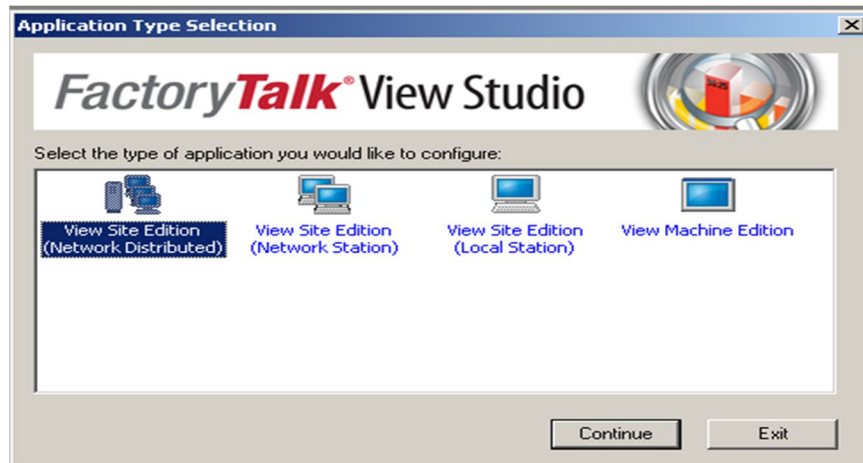


Figura 28-3 Aplicación FTV tipo red distribuida.
Fuente: (Rockwell Automation, 2015)

Se configuraron los diferentes tipos de servidores: HMI, Alarmas y Eventos, Comunicación y se creó una conexión llamada ISO_14224 que permite guardar información desde el HMI hacia la base de datos SQL.

En la Figura 29-3 se presenta una vista general de la central de generación, cuenta en la parte superior el banner de alarmas, el mismo que está presente en todas las pantallas, en la parte inferior se encuentra el banner de navegación, desde aquí se puede acceder directamente a cualquier parte del proceso y siempre se mantiene visible, permitiendo rapidez de navegación. Se configuraron los siguientes módulos:

- Overview Generators.- Presenta una vista general de los grupos electrógenos, con sus principales indicadores, además, permite el control de los tiempos de operación y mantenimiento desde el HMI.
- RAM Report.- Aquí se desarrolló el cálculo de indicadores y su visualización.
- RAM Fórmulas.- Esta pantalla muestra la definición y fórmulas utilizadas para el cálculo de los indicadores, cuyas definiciones son tomadas del Anexo C de norma la ISO-14224:2006, como se explica en la sección 4.5 (Tabla 6-4).

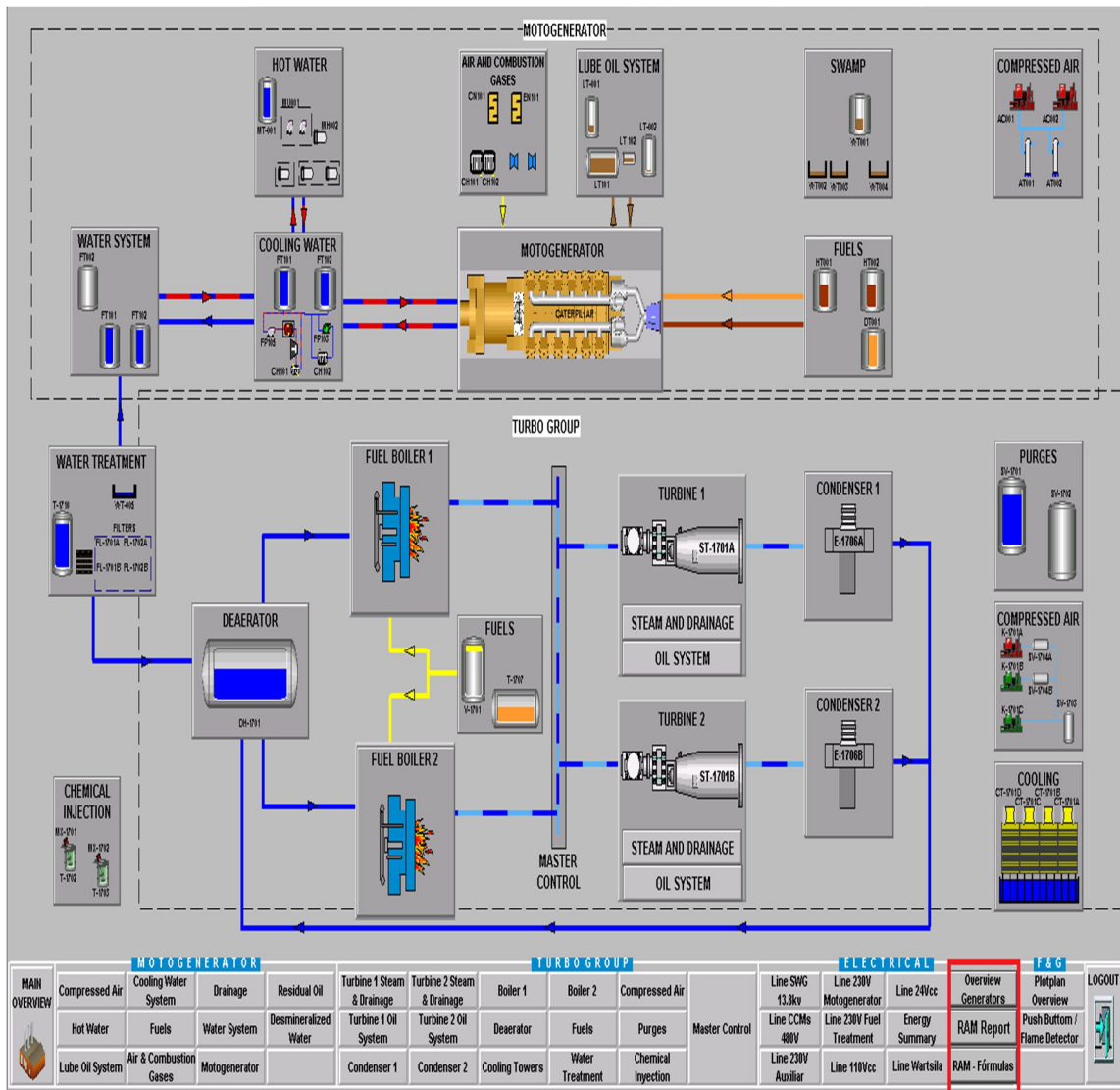


Figura 29-3 Vista general de HMI de la planta de generación eléctrica.

Fuente: (Petroamazonas EP, 2015)

3.15. Cálculo de indicadores claves de desempeño.

Para poder realizar este cálculo se utilizó la información almacenada en la tabla EqRegHoras de la base de datos, desde el HMI utiliza programación VBA para ejecutar sentencias SELECT y obtener los totales de horas de operación, esta información se envía a los tags internos del HMI para poder realizar el resto de cálculos predeterminados.

Estos indicadores pueden visualizarse en cualquier momento desde el banner de navegación del HMI.

3.16. Conexión con base de datos ISO_14224

Una de las rutinas más importantes para el desarrollo del proyecto es el código de programación que permite la conexión/desconexión a la base de datos, en la Figura 30-3 se muestra el estado de la conexión.

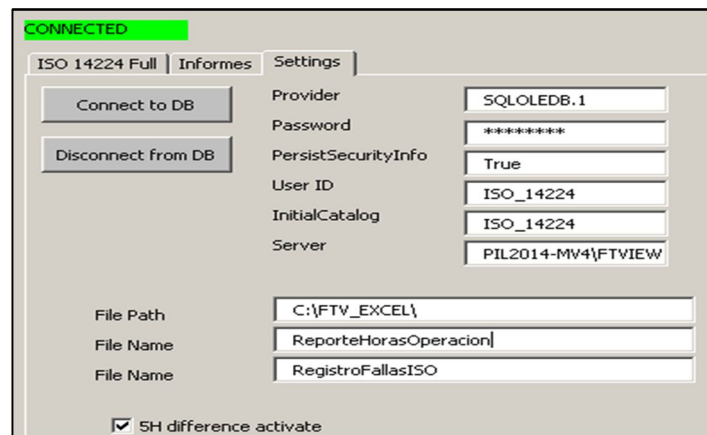


Figura 30-3 Estado de conexión desde HMI con la base de datos.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

Es importante tener un adecuado control del estado de conexión con la base de datos ya que si no se establece antes de iniciar las transacciones, presenta problemas durante la ejecución de las sentencias SQL, de igual manera, el mantener una conexión abierta cuando no se está realizando cálculos, hace que las respuestas del servidor de datos y el HMI presenten intermitencias.

3.17. Trabajo con tags del PLC's desde FactoryTalk View

Para realizar tareas de lectura/escritura desde el PLC utilizando el HMI, se hace uso de programación VBA, se debe definir las variables objeto tipo TagGroup que servirá para enlazar cada uno de los tags del PLC con los datos que se desea enviar desde el HMI, a continuación se presenta el código fuente de los siguientes procedimientos:

Sub Display_AnimationStart ().- Se ejecuta cuando se abre una pantalla en el HMI, crea el grupo de variables tipo tag oGroup y oMG2, las mismas que llaman a los tags de estado (MG1.CmdOut, MG2. CmdOut) y parada (MG1.MC, MG2.MC) por mantenimiento correctivo.

```

Option Explicit
Dim WithEvents oGroup As TagGroup
Dim WithEvents oMG2 As TagGroup
Sub Display_AnimationStart()
'Esta rutina permite ajustar el grupo de tags al momento de cargar la pantalla
Dim TagsInError As StringList
On Error Resume Next
Err.Clear
If (oGroup Is Nothing) And (oMG2 Is Nothing) Then
'Crea los grupos oGroup y oMG2 que contendrán los tags de los generadores 'MG1 y MG2
Set oGroup = Application.CreateTagGroup(Me.AreaName, 500)
Set oMG2 = Application.CreateTagGroup(Me.AreaName, 500)
If Err.Number Then
LogDiagnosticsMessage "Error creating TagGroup. Error:" _& Err.Description, ftDiagSeverityError
Exit Sub
End If
'Definir los tags del PLC a utilizar.
oGroup.Add "[RAM]MG1.CmdOut" '1 Status'
oGroup.Add "[RAM]MG1.MC" '2 Tipo MNT '
oMG2.Add "[RAM]MG2.CmdOut" '1 Status'
oMG2.Add "[RAM]MG2.MC" '2 Tipo MNT '
oGroup.Active = True
oMG2.Active = True
oGroup.RefreshFromSource TagsInError
oMG2.RefreshFromSource TagsInError
MG1MCINI = oGroup.Item(1).Value
MG2MCINI = oMG2.Item(1).Value
End If
End Sub

```

Private Sub oGroup_Change.-Se ejecuta cada vez que existe un cambio en el valor del estado o mantenimiento correctivo del MG1, al detectarse apagado inesperado o cuando el equipo es enviado a correctivo por el operador, llama al formulario: FrmRegistroFalla, este formulario se utiliza para que el operador ingrese el registro de fallas (Rockwell Automation, 2010).

```

Private Sub oGroup_Change(ByVal TagNames As StringList)
'Este procedimiento se ejecuta cuando existe algún cambio de valor o calidad en 'tags definidos
Dim vTagName As Variant
Dim vValue As Variant
Dim vTimeStamp As Date
Dim vQuality As tagQualityConstants
Dim sQuality As String
Dim vSubStatus As tagSubStatusConstants
Dim vLimit As tagLimitConstants
Dim vShouldResume As Boolean
Dim oTag As Tag
On Error GoTo ErrHandler:
'The Change() event can occur if the tag Value or Quality changes.
For Each vTagName In TagNames
Set oTag = oGroup.Item(vTagName)
oTag.GetTagData vValue, vTimeStamp, vQuality, vSubStatus, vLimit
Debug.Print vTagName & ";" & Now
'If the tag is reporting back as an empty value, it is considered bad. In
'this case an ERR value should have triggered with the GetTagData
'method just before this. Another way to do this check is to compare
'vQuality with tagQuality
If VarType(vValue) = vbEmpty Then
Call oTag.StateBad(vTagName, vSubStatus, oTag.LastErrorString)
ElseIf vQuality = tagQualityUncertain Then
Call oTag.StateStale(vTagName, vSubStatus, vTimeStamp)
End If

```

```

HMIMG1Cmd = oGroup.Item(1).Value ' Estado de Equipo
HMIMG1MC = oGroup.Item(2).Value ' En mantenimiento Correctivo
Next
If arranque >= 3 Then
    If (HMIMG1MC = 1) And (HMIMG1Cmd = 0) Then 'And (MG1MCINI <> HMIMG1MC) Then
        HMIEquipo = "MG-HE101"
        Load FrmRegistroFalla
        FrmRegistroFalla.Show vbModal
    Else
        If (HMIMG1Cmd = 0) Then
            HMIEquipo = "MG-HE101"
            MsgBox HMIEquipo & "EQUIPO APAGADO INESPERADAMENTE"
            Load FrmRegistroFalla
            FrmRegistroFalla.Show vbModal
        End If
    End If
Else
    arranque = arranque + 1
End If
Set oTag = Nothing
Exit Sub
ErrorHandler:
vShouldResume = False
' Using Select Case,
Select Case Err.Number
Case tagErrorReadValue:
vShouldResume = True
Case tagErrorOperationFailed:
Case Else
'at minimum, report the error
    LogDiagnosticsMessage "Error occurred in oGroupChange ()." & _
        "Error# 0x" & Hex(Err.Number) & ", " & Err.Description, ftDiagSeverityError
End Select
If vShouldResume = True Then
    Err.Clear
    Resume Next
Else
    Set oTag = Nothing
End If
End Sub

```

Private Sub oMG2_Change.- Se ejecuta cada vez que existe un cambio en el valor del estado o mantenimiento correctivo del MG2, al detectarse apagado inesperado o cuando el equipo es enviado a correctivo por el operador, llama al formulario: FrmRegistroFalla.

```

Private Sub oMG2_Change(ByVal TagNames As StringList)
'This is the procedure that is triggered by a change in tag values or quality
    Dim vTagName As Variant
    Dim vValue As Variant
    Dim vTimeStamp As Date
    Dim vQuality As tagQualityConstants
    Dim sQuality As String
    Dim vSubStatus As tagSubStatusConstants
    Dim vLimit As tagLimitConstants
    Dim vShouldResume As Boolean
    Dim oTag As Tag
    On Error GoTo ErrorHandler:

    For Each vTagName In TagNames
        Set oTag = oMG2.Item(vTagName)
        oTag.GetTagData vValue, vTimeStamp, vQuality, vSubStatus, vLimit
    
```



```

Debug.Print vTagName & ";" & Now
'If the tag is reporting back as an empty value, it is considered bad. In
'this case an ERR value should have triggered with the GetTagData
'method just before this. Another way to do this check is to compare
'vQuality with tagQuality
If VarType(vValue) = vbEmpty Then
    Call oTagStateBad(vTagName, vSubStatus, oTag.LastErrorString)
ElseIf vQuality = tagQualityUncertain Then
    Call oTagStateStale(vTagName, vSubStatus, vTimeStamp)
End If
'Tomando el valor de MC y Cmd
HMIMG2Cmd = oMG2.Item(1).Value ' Estado de Equipo
HMIMG2MC = oMG2.Item(2).Value ' En mantenimiento Correctivo
Next
If arranque >= 3 Then
    If (HMIMG2MC = 1) And (HMIMG2Cmd = 0) Then 'And (MG1MCINI <> HMIMG1MC) Then
        HMIEquipo = "MG-HE102"
        Load FrmRegistroFalla
        FrmRegistroFalla.Show vbModal
    End If
Else
    arranque = arranque + 1
End If
Set oTag = Nothing
Exit Sub
ErrorHandler:
vShouldResume = False
' Using Select Case,
Select Case Err.Number
    Case tagErrorReadValue:
        'Tried to read a bad Tag value
        'in this example case the scope is limited. Let the code continue
vShouldResume = True
    Case tagErrorOperationFailed:
        'Something didn't work in an overall general fashion - as in???
        ' Responde accordingly
    Case Else
        'at minimum, report the error
        LogDiagnosticsMessage "Error occurred in oGroupChange ()." & _
            "Error# 0x" & Hex(Err.Number) & ", " & Err.Description, _
ftDiagSeverityError
End Select
If vShouldResume = True Then
    Err.Clear
    Resume Next
Else
    Set oTag = Nothing
End If
End Sub

```

Sub Display_BeforeAnimationStop ().- Se ejecuta al momento de salir de la pantalla o cuando se apaga el HMI, se utiliza para liberar las tag Group creados. Es recomendable liberar siempre que ya no se requiera hacer uso de las variables tipo objeto.

```

Sub Display_BeforeAnimationStop()
'Al cerrar la pantalla también se libera las variables oGroup y OMG2
Set oGroup = Nothing
Set oMG2 = Nothing
arranque = 0
End Sub

```


3.18. Programación de indicadores.

A continuación se detalla el código VBA utilizado en FactoryTalk View Studio para obtener los indicadores claves de desempeño. Para obtener este resultado, se dividió en dos secciones importantes:

- Trabajo con tags creados en el HMI.
- Obtención de los totales de horas desde la base de datos mediante consulta SELECT.

Los siguientes procedimientos se utilizan para obtener los indicadores en el HMI:

Private Sub Btn_KIP_TOTAL_Released ().- Realiza el cálculo de indicadores utilizando el total de registros disponibles en la base de datos, es decir, desde el inicio de la operación del activo.

Private Sub ConectarBase ().- Realiza la conexión a la base de datos ISO_14224 desde el HMI.

Private Sub BtnDisconnect().- Realiza la desconexión a la base de datos.

Private Sub Display_Load ().- Se ejecuta cuando se comienza a cargar la ventana en el HMI, llama a los procedimientos que realizan la conexión a la base de datos, define las variables objeto para trabajar con tags, define las variables tipo tag para realizar cálculos internos y calcula los indicadores.

Sub DefinirTags ().- Este procedimiento permite definir la variable objeto tipo tag y selecciona los tags del HMI que se utilizarán para los diferentes cálculos.

Private Sub Definirvariables ().- Realiza asignación de variables tipo tag que se utilizarán para leer/escribir en los tags propios del HMI.

Private Sub TagsCalculados ().- Realiza la parte del cálculo de todos los indicadores claves de desempeño.

Private Sub RAM_Totalizador ().- Este procedimiento utiliza todos los anteriores, ya que realiza la conexión a la base de datos, ejecuta la consulta SQL para obtener los totales de las horas de operación, MC, MP, SB así como el total de veces que los generadores estuvieron en MC, MP, SB y OP, estos totales son enviados a variables tipo entero para realizar los cálculos correspondientes, los cuales son registrados en las variables tipo tag definidas para luego mediante una instrucción SET escribir en los tags creados en FactoryTalk View, las mismas que son utilizadas para visualización en la pantalla RAM Report.

Sub Display_BeforeAnimationStop ().- Se ejecuta cuando se cierra una ventana, cierra la conexión a la base de datos y libera la variable objeto tipo tag.

Private Sub Calcular_KPI_Proyectado_Released ().- Calcula todos los indicadores pero utilizando un tiempo (t) ingresado por el usuario, este cálculo permite realizar una proyección en el tiempo tomando como base la tasa de fallos y tasa de reparación históricos (acumulados).

```

*****CODIGO VBA *****
Option Explicit
Dim WithEvents oGroup As TagGroup
Private Sub Btn_KIP_TOTAL_Released()
    RAM_Totalizador
End Sub
Private Sub Display_Load()
'Conexión a Base de Datos
    ConectarBase
    DefinirTags
    Definirvariables
    RAM_Totalizador
End Sub

Private Sub ConectarBase()
'Conexión a Base de Datos ISO 14224
Dim connectionstringx As String
    Set cnb = Nothing
    Set cnb = New ADODB.Connection
    On Error Resume Next
    cnb.Open "Provider=" + "SQLOLEDB.1" + _
        ";Password=" + "operador" + _
        ";Persist Security Info=" + "True" + _
        ";User ID=" + "ISO_14224" + _
        ";Initial Catalog=" + "ISO_14224" + _
        ";Data Source=" + "Server\FTVIEWX64TAGDB"
    If cnb.State = 1 Then
        LogDiagnosticsMessage "Conexión a BD ISO 14224 realizada con éxito", ftDiagSeverityInfo,
ftDiagAudienceEngineer
    Else
        LogDiagnosticsMessage "Conexión a BD ISO 14224 falló", ftDiagSeverityInfo,
ftDiagAudienceEngineer
    End If
End Sub

```

Private Sub BtnDisconnect()

On Error Resume Next

cnb.Close

LogDiagnosticsMessage "Desconexión de Base de Datos ISO 14224 realizada con éxito"

End Sub

' ***** CREAMOS/DEFINIR TAGS EN OBJETO *****

Sub DefinirTags()

'Esta rutina, crea un variable tipo objeto para definir los tags creados en el HMI

On Error Resume Next

Err.Clear

If oGroup Is Nothing Then

Set oGroup = Application.CreateTagGroup(Me.AreaName, 500)

If Err.Number Then

LogDiagnosticsMessage "Error creating TagGroup. Error: " & Err.Description, ftDiagSeverityError

Exit Sub

End If

oGroup.Add "MG1\HMC" 'Total horas en Mnt. Correctivo

oGroup.Add "MG1\HMP" 'Total horas en Mnt. Preventivo

oGroup.Add "MG1\HOP" 'Total horas en operación

oGroup.Add "MG1\HSB" 'Total horas en stand by

oGroup.Add "MG1\NMC" 'Total veces en Mnt. Correctivo

oGroup.Add "MG1\NMP" 'Total veces en Mnt. Preventivo

oGroup.Add "MG1\NOP" 'Total veces en operación

oGroup.Add "MG1\NSB" 'Total veces en stand by

oGroup.Add "MG1\T" 'Período de tiempo para cálculo de indicadores

oGroup.Add "MG1\MTBF" 'If monitoring additional tags are desired

oGroup.Add "MG1\MTTR" 'PLC tiempo medio de reparación

oGroup.Add "MG1\A" 'PLC disponibilidad

oGroup.Add "MG1\R" 'PLC Confiabilidad

oGroup.Add "MG1\F" 'PLC Infiabilidad

oGroup.Add "MG1\M" 'PLC Mantenibilidad

oGroup.Add "MG1\MDT" 'Down time

oGroup.Add "MG1\MTTR" 'Mean Time to Repair

oGroup.Add "MG1\TFALLA"

oGroup.Add "MG1\TREP"

'Pull a current value. If there is a communications

oGroup.Item(oGroup.Count).RefreshFromSource

'error, the ERR value will be set

If Err.Number Then

Call ErrHandler(oGroup.Item(oGroup.Count).Name)

End If

oGroup.Add "MG2\HMC" 'Total horas en Mnt. Correctivo

oGroup.Add "MG2\HMP" 'Total horas en Mnt. Preventivo

oGroup.Add "MG2\HOP" 'Total horas en operación

oGroup.Add "MG2\HSB" 'Total horas en stand by

oGroup.Add "MG2\NMC" 'Total veces en Mnt. Correctivo

oGroup.Add "MG2\NMP" 'Total veces en Mnt. Preventivo

oGroup.Add "MG2\NOP" 'Total veces en operación

oGroup.Add "MG2\NSB" 'Total veces en stand by

oGroup.Add "MG2\T" 'Período de tiempo para cálculo de indicadores

oGroup.Add "MG2\MTBF" ' If monitoring additional tags are desired

oGroup.Add "MG2\MTTR" ' PLC tiempo medio de reparación

oGroup.Add "MG2\A" 'PLC disponibilidad

oGroup.Add "MG2\R" 'PLC Confiabilidad

oGroup.Add "MG2\F" 'PLC Infiabilidad

oGroup.Add "MG2\M" 'PLC Mantenibilidad

oGroup.Add "MG2\MDT" 'Down time

oGroup.Add "MG2\MTTR" 'Mean Time to Repair

oGroup.Add "MG2\TFALLA"

oGroup.Add "MG2\TREP"

oGroup.Item(oGroup.Count).RefreshFromSource

'error, the ERR value will be set

If Err.Number Then

Call ErrHandler(oGroup.Item(oGroup.Count).Name)

End If

oGroup.Add "Year"

```

oGroup.Add "Month"
oGroup.Add "t"
oGroup.Add ("YearIni")
oGroup.Add ("YearFin")
oGroup.Add ("MonthIni")
oGroup.Add ("MonthFin")
oGroup.Add ("DayIni")
oGroup.Add ("DayFin")
oGroup.Add ("t")
oGroup.Item(oGroup.Count).RefreshFromSource
oGroup.Active = True
End If
End Sub

```

Private Sub Definirvariables()

'Coloca el valor de cada tag en las variables tipo objeto correspondientes.

'MG1 Define grupo de tags

```

Set MG1HMCtag = oGroup("MG1\HMC")
Set MG1HMPtag = oGroup("MG1\HMP")
Set MG1HOPtag = oGroup("MG1\HOP")
Set MG1HSBtag = oGroup("MG1\HSB")
Set MG1NMCtag = oGroup("MG1\NMC")
Set MG1NMPtag = oGroup("MG1\NMP")
Set MG1NOPtag = oGroup("MG1\NOP")
Set MG1NSBtag = oGroup("MG1\NSB")
Set MG1Ttag = oGroup("MG1\T")
Set MG1MTBFtag = oGroup("MG1\MTBF")
Set MG1MTTRtag = oGroup("MG1\MTTR")
Set MG1Atag = oGroup("MG1\A")
Set MG1Rtag = oGroup("MG1\R")
Set MG1Ftag = oGroup("MG1\F")
Set MG1Mtag = oGroup("MG1\M")
Set MG1MDTtag = oGroup("MG1\MDT")
Set MG1MTTRtag = oGroup("MG1\MTTR")
Set MG1Tfallotag = oGroup("MG1\TFALLA")
Set MG1Treptag = oGroup("MG1\TREP")
Set MG2HMCtag = oGroup("MG2\HMC")
Set MG2HMPtag = oGroup("MG2\HMP")
Set MG2HOPtag = oGroup("MG2\HOP")
Set MG2HSBtag = oGroup("MG2\HSB")
Set MG2NMCtag = oGroup("MG2\NMC")
Set MG2NMPtag = oGroup("MG2\NMP")
Set MG2NOPtag = oGroup("MG2\NOP")
Set MG2NSBtag = oGroup("MG2\NSB")
Set MG2Ttag = oGroup("MG2\T")
Set MG2MTBFtag = oGroup("MG2\MTBF")
Set MG2MTTRtag = oGroup("MG2\MTTR")
Set MG2Atag = oGroup("MG2\A")
Set MG2Rtag = oGroup("MG2\R")
Set MG2Ftag = oGroup("MG2\F")
Set MG2Mtag = oGroup("MG2\M")
Set MG2Tfallotag = oGroup("MG2\TFALLA")
Set MG2Treptag = oGroup("MG2\TREP")
Set MG2MDTtag = oGroup("MG2\MDT")
Set MG2MTTRtag = oGroup("MG2\MTTR")
Set Yeartag = oGroup("Year")
Set Yeartag = oGroup("Month")
Set ttag = oGroup("t")
Set YearInitag = oGroup("YearIni")
Set YearFintag = oGroup("YearFin")
Set MonthInitag = oGroup("MonthIni")
Set MonthFintag = oGroup("MonthFin")
Set DayInitag = oGroup("DayIni")
Set DayFintag = oGroup("DayFin")
Set ttag = oGroup("t")

```

End Sub

```

'Total horas en Mnt. Correctivo
'Total horas en Mnt. Preventivo
'Total horas en operación
'Total horas en stand by
'Total veces en Mnt. Correctivo
'Total veces en Mnt. Preventivo
'Total veces en operación
'Total veces en stand by
'Periodo de tiempo para cálculos
'If monitoring additional tags are desired
'PLC tiempo medio de reparación
'PLC disponibilidad
'PLC Confiabilidad

```

```

'Down time
'Mean Time to Repair

```

```

' Total horas en Mnt. Correctivo
' Total horas en Mnt. Preventivo
' Total horas en operación
' Total horas en stand by
' Total veces en Mnt. Correctivo
' Total veces en Mnt. Preventivo
' Total veces en operación
' Total veces en stand by
' Periodo de tiempo para cálculos
' If monitoring additional tags are desired
' PLC tiempo medio de reparación
' PLC disponibilidad
' PLC Confiabilidad

```

```

' Down time
' Mean Time to Repair

```

```

Private Sub TagsCalculados()
'Cálculo de indicadores de MG1
Dim x As Integer
For x = 1 To 10
    MG1MDTtag.Value = MG1HMCtag.Value + MG1HMPtag.Value 'Downtime
MG1Ttag.Value = MG1HMPtag.Value + MG1HSBtag.Value + MG1HOPtag.Value + MG1HMCtag.Value
    'Total horas transcurridas desde su instalación.
    If MG1NMCTag.Value > 0 Then
        'Cálculo del MTBF
        MG1MTBFtag.Value = MG1HOPtag.Value / MG1NMCTag.Value 'MG1Ttag.Value /MG1NMCTag.Value
        'Cálculo del MTTR
        MG1MTTRtag.Value = MG1HMCtag.Value / MG1NMCTag.Value
    Else
        'Cálculo del MTBF y MTTR
        MG1MTBFtag.Value = MG1HOPtag.Value 'MG1Ttag.Value
        MG1MTTRtag.Value = MG1HMCtag.Value
    End If
    If MG1MTBFtag.Value > 0 Then
        MG1Tfallotag.Value = 1 / MG1MTBFtag.Value
        MG1Rtag.Value = (Exp(-MG1Tfallotag.Value * 24)) * 100 'MG1Ttag.Value)) * 100
    Else
        'Cálculo de la tasa de fallas y Confiabilidad R(t)
        MG1Tfallotag.Value = 0
        MG1Rtag.Value = 0
    End If
    If MG1MTTRtag.Value > 0 Then
        'Cálculo de la tasa de reparación y Mantenibilidad A(t)
        MG1Treptag.Value = 1 / MG1MTTRtag.Value
        MG1Mtag.Value = (1 - Exp(-MG1Treptag.Value * 24)) * 100 'MG1Ttag.Value)) * 100
    Else
        'Cálculo de la tasa de reparación y Mantenibilidad M(t)
        MG1Treptag.Value = 0
        MG1Mtag.Value = 0
    End If
    If (MG1MTBFtag.Value + MG1MTTRtag.Value) > 0 Then
        'Cálculo de la Disponibilidad A(t)
        MG1Atag.Value = (MG1MTBFtag.Value / (MG1MTBFtag.Value + MG1MTTRtag.Value)) * 100
    Else
        'Cálculo de la Disponibilidad A(t)
        MG1Atag.Value = 0
    End If
    'Cálculo de la Infiabilidad F(t)
    MG1Ftag.Value = 100 - MG1Rtag.Value
    'Cálculo de indicadores de MG2
    MG2MDTtag.Value = MG2HMCtag.Value + MG2HMPtag.Value 'Downtime
MG2Ttag.Value = MG2HMPtag.Value + MG2HSBtag.Value + MG2HOPtag.Value + MG2HMCtag.Value
    ' Tiempo total transcurrido
    If MG2NMCTag.Value > 0 Then
        'Cálculo del MTBF
        MG2MTBFtag.Value = MG2HOPtag.Value / MG2NMCTag.Value 'MG2Ttag.Value /
        MG2NMCTag.Value
        'Cálculo del MTTR
        MG2MTTRtag.Value = MG2HMCtag.Value / MG2NMCTag.Value
    Else
        'Cálculo del MTBF y MTTR
        MG2MTBFtag.Value = MG2HOPtag.Value 'MG2Ttag.Value
        MG2MTTRtag.Value = MG2HMCtag.Value
    End If
    If MG2MTBFtag.Value > 0 Then
        'Cálculo de la tasa de fallas y Confiabilidad R(t)
        MG2Tfallotag.Value = 1 / MG2MTBFtag.Value
        MG2Rtag.Value = (Exp(-MG2Tfallotag.Value * 24)) * 100 'MG2Ttag.Value)) * 100
    Else
        'Cálculo de la tasa de fallas y Confiabilidad R(t)
        MG2Tfallotag.Value = 0
        MG2Rtag.Value = 0
    End If
End Sub

```

```

If MG2MTTRtag.Value > 0 Then
'Cálculo de la tasa de reparación y Mantenibilidad A(t)
  MG2Treptag.Value = 1 / MG2MTTRtag.Value
  MG2Mtag.Value = (1 - Exp(-MG2Treptag.Value * 24)) * 100 'MG2Ttag.Value)) * 100
Else
'Cálculo de la tasa de reparación y Mantenibilidad A(t)
  MG2Treptag.Value = 0
  MG2Mtag.Value = 0
End If
If (MG2MTBFtag.Value + MG2MTTRtag.Value) > 0 Then
'Cálculo de la Disponibilidad A(t)
  MG2Atag.Value = (MG2MTBFtag.Value / (MG2MTBFtag.Value + MG2MTTRtag.Value)) * 100
Else
'Cálculo de la Disponibilidad A(t)
  MG2Atag.Value = 0
End If
'Cálculo de la Infiabilidad F(t)
MG2Ftag.Value = 100 - MG2Rtag.Value
Next x
End Sub

```

```
Private Sub RAM_Totalizador()
```

```
'Consulta totales de base de datos SQL ISO 14224 y registra a Tags en PLC
```

```
Definirvariables
```

```
Err.Clear
```

```
contadorcerrar = 0
```

```
Set rstb = Nothing
```

```
Set rstb = New ADODB.Recordset
```

```
rstb.CursorLocation = ADODB.CursorLocationEnum.adUseClient
```

```
rstb.CursorType = ADODB.CursorTypeEnum.adOpenStatic
```

```
rstb.LockType = ADODB.LockTypeEnum.adLockBatchOptimistic
```

```
'CONSULTA TOTALES DE EQUIPOS - SQL
```

```
rstb.Open "SELECT TOP(100) PERCENT IdEquipo, SUM(HMC) AS THMC, SUM(HMP) AS THMP, SUM(HSB) AS THSB, SUM(HOP) AS THOP, SUM(NMP) AS TMP, SUM(NSB) AS TSB, SUM(NOP) AS TST, SUM(NMC) AS TMC From dbo.EqRegHoras GROUP BY IdEquipo", cnb
```

```
If rstb.BOF And rstb.EOF Then
```

```
  MsgBox ("No existen registros")
```

```
  rstb.ActiveConnection = Nothing
```

```
  Exit Sub
```

```
End If
```

```
rstb.MoveLast
```

```
rstb.MoveFirst
```

```
If rstb.RecordCount > 1000 Then
```

```
If MsgBox("El resultado es " + Format(rstb.RecordCount) + " registros y se demorara en procesar...."
```

```
+ Chr(13) + "Desea continuar ?", vbYesNo) = vbYes Then
```

```
Else
```

```
  rstb.ActiveConnection = Nothing
```

```
  Exit Sub
```

```
End If
```

```
End If
```

```
' set campos de base de datos
```

```
Set TIdEquipo = rstb("IdEquipo")
```

```
Set TTHMC = rstb("THMC")
```

```
Set TTHMP = rstb("THMP")
```

```
Set TTHSB = rstb("THSB")
```

```
Set TTHOP = rstb("THOP")
```

```
Set TTMP = rstb("TMP")
```

```
Set TTSB = rstb("TSB")
```

```
Set TTST = rstb("TST")
```

```
Set TTMC = rstb("TMC")
```

```
n = 0
```

```
Do While Not rstb.EOF
```

```
'Asigna datos de consulta a variables
```

```
  TIdEquipos = TIdEquipo.Value
```

```
  TTHMCi = TTHMC.Value
```

```
  TTHMPi = TTHMP.Value
```

```

TTHOPi = TTHOP.Value
TTHSBi = TTHSB.Value
TTMPi = TTMP.Value
TTSBi = TTSB.Value
TTSTi = TTST.Value
TTMCi = TTMC.Value
n = n + 1
'Datos para KPI MG1, coloca en los TAGs del HMI los totales calculados
If TIdEquipos = "MG-HE101" Then
MG1HMCtag.Value = TTHMCI
MG1HMPtag.Value = TTHMPi
MG1HOPtag.Value = TTHOPi
MG1HSBtag.Value = TTHSBI
MG1NMCtag.Value = TTMCi
MG1NMPtag.Value = TTMPi
MG1NOPtag.Value = TTSTi
MG1NSBtag.Value = TTSBi
End If
If TIdEquipos = "MG-HE102" Then
MG2HMCtag.Value = TTHMCI
MG2HMPtag.Value = TTHMPi
MG2HOPtag.Value = TTHOPi
MG2HSBtag.Value = TTHSBI
MG2NMCtag.Value = TTMCi
MG2NMPtag.Value = TTMPi
MG2NOPtag.Value = TTSTi
MG2NSBtag.Value = TTSBi
End If
LogDiagnosticsMessage "Registro : " & n & " transferidos a PLC", ftDiagSeverityInfo
rstb.MoveNext
contadorcerrar = 0
Loop
TagsCalculados
End Sub

Sub Display_BeforeAnimationStop()
RAM_Totalizador
Set oGroup = Nothing
BtnDisconnect
End Sub

Private Sub Calcular_KPI_Proyectado_Released()
Dim x As Integer
MG1Rtag.Value = (Exp(-MG1Tfallotag.Value * ttag.Value)) * 100
MG1Mtag.Value = (1 - Exp(-MG1Treptag.Value * ttag.Value)) * 100
MG1Ftag.Value = 100 - MG1Rtag.Value
MG2Rtag.Value = (Exp(-MG2Tfallotag.Value * ttag.Value)) * 100
MG2Mtag.Value = (1 - Exp(-MG2Treptag.Value * ttag.Value)) * 100
MG2Ftag.Value = 100 - MG2Rtag.Value
End Sub

```

3.19. Registro de modos de falla.

Dentro de FactoryTalk Studio, en el banner de alarmas del HMI, se creó el formulario FrmRegistroFalla y mediante el uso de programación VBA se realizó el registro (INSERTO) y consultas (SELECT) desde y hacia la base de datos. En la Figura 31-3 se muestra la estructura de la programación VBA en el banner de alarmas del HMI.

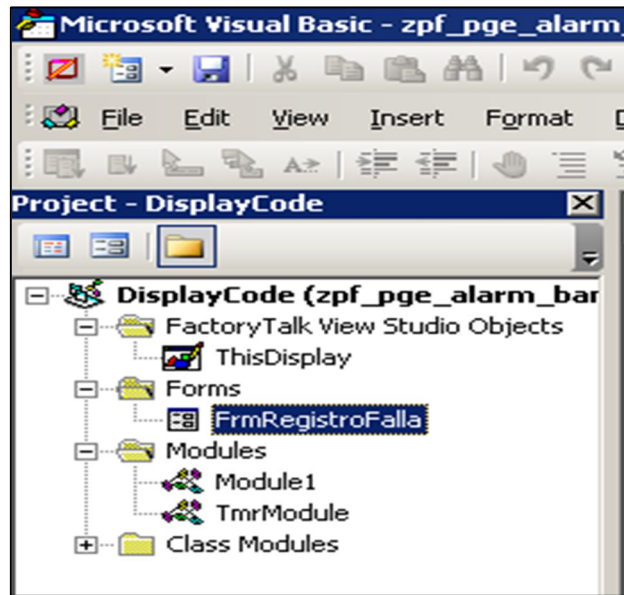


Figura 31-3 Estructura del proyecto en programación Visual Basic.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

El formulario permanece activo siempre que la ventana que lo contiene esté abierta, por este motivo se lo desarrolló en el banner superior de alarmas, ya que esta ventana se cierra únicamente cuando el HMI deja de funcionar.

En la Figura 32-3 se muestra el diseño del formulario creado para el registro de fallas, cada uno de los campos a ingresar provienen de la base de datos estándar creada para este efecto.

Según el equipo seleccionado, el formulario se actualiza para mostrar únicamente las opciones que aplicarían para esta clase de equipos, es decir, filtra información y muestra solamente la que aplica, lo mismo sucede con el resto de opciones (subsistema, subdivisiones de causa de falla, etc.), de tal manera que el usuario ingresa información lo más real posible y acorde a lo que sugiere la norma.

Una vez ingresada toda la información, al hacer clic en el botón Registrar Falla, los datos se envían mediante una sentencia INSERT de SQL, a la tabla RegistroFallasISO de nuestro servidor para su almacenamiento. Información que puede ser procesada y analizada posteriormente desde cualquier herramienta o software que soporte SQL.

Este formulario aparece automáticamente cuando el operador realiza un apagado del equipo mediante el botón STOP Mnt. Correctivo o cuando la variable tipo tag MG1.CmdOut o MG2.CmdOut cambia su valor lógico a "0" en el PLC.

ISO 14224 Full | Informes | Settings

EQUIPO: MG-HE101 CE

FECHA: yyyy/mm/dd HORA: hh:mm:ss

INICIO EVENTO:

FIN EVENTO:

TIPO MNT: CME Id Actividad a Realizar:

Validar Fechas

Modo de Falla: FTS Ingrese: Modo de Falla descripcion adicional Metodo de Deteccion: 1

Mas detalles modo de falla. Max 99 caracteres

Subsistema: XXXX Item Mantenible: 162 Mecanismo de Falla: 99999 Sub Mecanismo de Falla: 9999

Causa de Falla: 99999 Causa de Falla: Subdivision: 99999

Registrar Falla Exit

Figura 32-3 Formulario para registro de fallas.
Elaborado por: OTO Marco, 2015

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN,

Luego de realizado el desarrollo y pruebas correspondientes, se presentan los siguientes resultados:

4.1. FactoryTalk View Studio: Presentación del HMI

Desde la vista general del SCADA, se puede acceder directamente a los siguientes botones:

4.1.1. Overview Generators.

En esta pantalla, en la Figura 1-4 se muestran los datos obtenidos, se puede visualizar de manera rápida un resumen de los principales indicadores de cada equipo: Disponibilidad, Confiabilidad, Infiabilidad y Mantenibilidad.

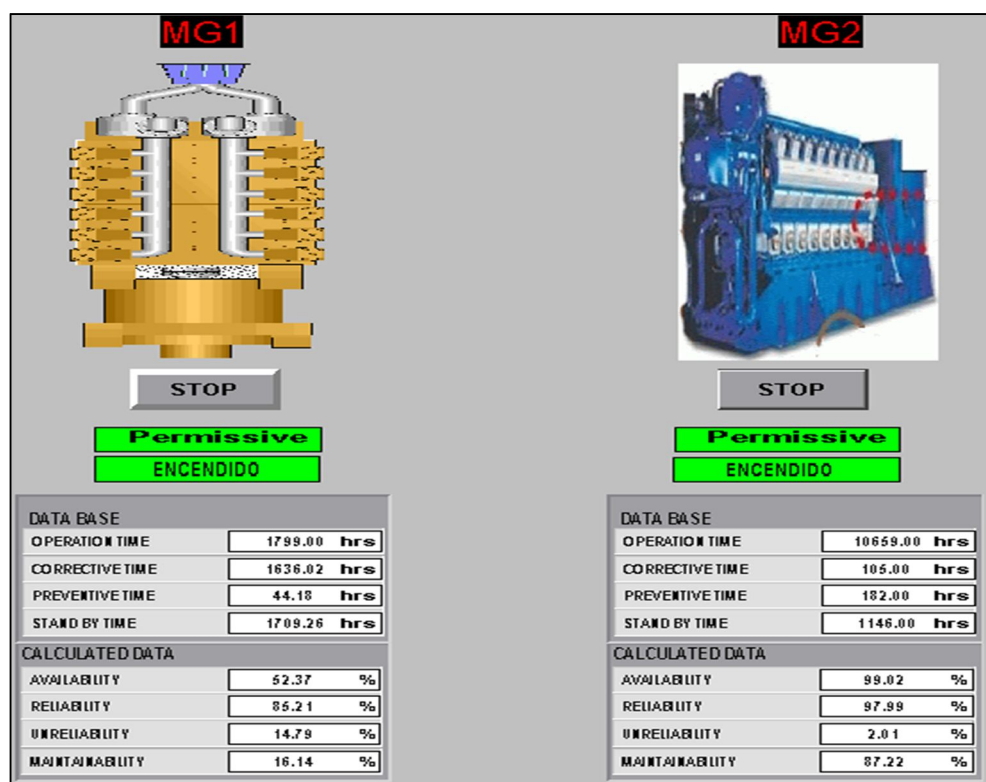


Figura 1-4 Pantalla Overview Generators en el HMI.
Elaborado por: OTO Marco, 2015

4.1.2. RAM Report.

En esta ventana, presentada en la Figura 2-4, se muestra un resumen general de los indicadores de cada grupo electrógeno. Al abrir la pantalla se presentan los indicadores actualizados hasta el momento, cuyos datos provienen de la base de datos, además dispone de tres botones:

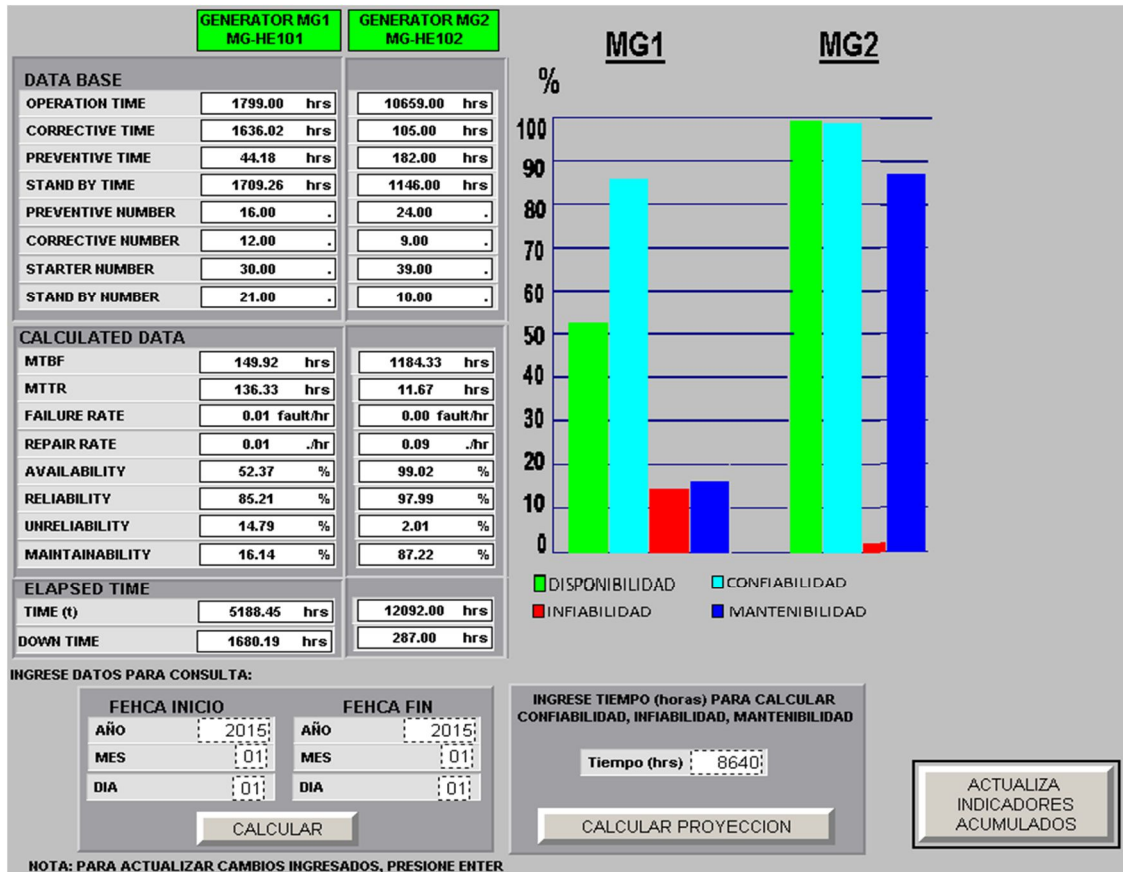


Figura 2-4 Pantalla RAM Report, muestra indicadores acumulados.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

- **Botón Calcular.-** Esta opción permite calcular los indicadores en un determinado intervalo de tiempo (por día, mes, año, etc.), al ingresar la fecha de inicio y fin se ejecuta una sentencia SELECT que permite obtener las horas de operación, mantenimiento correctivo, preventivo y stand by de los equipos, con estos resultados se actualiza el cálculo para este tiempo determinado.
- **Botón Calcular Proyección.-** Este opción sirve para realizar una proyección de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad, infiabilidad y mantenibilidad en función del tiempo, es decir, en base a los históricos permite conocer cuál será el resultado de los indicadores en t horas, permitiendo tomar decisiones antes de un evento no deseado.

- **Actualiza Indicadores acumulados.-** Esta opción permite restablecer los indicadores acumulados históricos.

4.2. Registro de modos de falla

Cada vez que ocurre una parada no programada se presenta un formulario en el HMI, el operador debe registrar la información de la falla, en caso que no disponga de cierta información, se creó códigos generales que aparecen por defecto, solamente cambian si el operador selecciona alguna de las opciones.

La información mostrada aparece filtrada de acuerdo al Anexo A según (ISO 14224, 2006, pp.31-111) y corresponde únicamente al tipo de equipo/clase/sistema / sub sistema seleccionado. En la Figura 3-4 se muestra el formulario para ingreso de fallas.

The screenshot shows a software interface for recording a failure. At the top, it indicates 'CONNECTED' and has tabs for 'Informes' and 'Settings'. The main form is titled 'ISO 14224 Full' and contains the following sections:

- EQUIPO:** MG-HE101 CE
- FECHA:** 2015/08/01
- HORA:** 22:36:11
- INICIO EVENTO:** 2015/08/01 22:36:11
- FIN EVENTO:** 2015/08/01 22:36:11
- TIPO MNT:** CME (Mantenimiento Correctivo de Emergencia)
- Modo de Falla:** ERO (Erratic output)
- Subsistema:** COMO (Control and Monitoring)
- Item Mantenable:** 20 (Control unit)
- Mecanismo de Falla:** 3 (Instrument failure)
- Sub Mecanismo de Falla:** 32 (No signal/indication alarm)
- Causa de Falla:** 2 (Fabrication/installation-related causes)
- Causa de Falla: Subdivision:** 21 (Fabrication Error)

Buttons for 'Registrar Falla' and 'Exit' are located at the bottom of the form.

Figura 3-4 Visualización de formulario para registro de fallas.
Elaborado por: OTO Marco, 2015

4.3. Elaboración de Informes

Toda la información es almacenada en el servidor SQL, lo que permite su fácil acceso desde el HMI. Se generaron dos tipos de reporte en formato Excel (.xlsx) los mismos que se almacenan en el disco c:\FTV_EXCEL\, los nombres de los archivos son:

- ReporteHorasOperacion + fecha y hora;
- RegistroFallasISO + fecha y hora.

El usuario tiene la flexibilidad de cambiar el directorio y nombre de los archivos de los reportes según su requerimiento. En la Figura 4-4 se presenta la pantalla de configuración del directorio y los nombres de archivos con los que se guardan los informes, también se puede observar toda la información al servidor de datos al cual se conecta para extraer la información.

CONNECTED

ISO 14224 Full | Informes | Settings

Connect to DB

Disconnect from DB

Provider: SQLOLEDB.1

Password: *****

PersistSecurityInfo: True

User ID: ISO_14224

InitialCatalog: ISO_14224

Server: PIL2014-MV4\FTVIEW

File Path: C:\FTV_EXCEL\

File Name: ReporteHorasOperacion

File Name: RegistroFallasISO

5H difference activate

Figura 4-4 Configuración de directorio para guardar informes.
Elaborado por: OTO Marco, 2015

Para poder generar estos informes, se accede mediante la pestaña informes del formulario de registro de fallas mostrado en la Figura 5-4, en esta venta se presentan dos botones que permiten generar cualquiera de los informes mencionados, se debe ingresar la fecha de inicio y fin para indicar seleccionar los registros correspondientes:

CONNECTED

ISO 14224 Full | Informes | Settings

INFORMES SCADA

	FECHA yyyy/mm/dd	HORA hh:mm
INICIO	2015/01/01	00:00:00
FIN	2015/10/30	23:59:00

Exportar a Excel

Registro Horas Operacion | Registro de Fallas ISO 14224

Figura 5-4 Pantalla para generación de informes.
Elaborado por: OTO Marco, 2015.

4.3.1. Informe de horas de operación

Al hacer clic en el botón Registro Horas Operación mostrado en la Figura 5-4, se ejecuta una sentencia SQL que selecciona los registros de la tabla EqRegHoras, comprendidos entre las fechas de inicio y fin ingresadas por el usuario, estos registros son exportados a Excel para su presentación, tal como se muestra en la Tabla 1-4.

Tabla 1-4 Informe de horas de grupos electrógenos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	PETROAMAZONAS EP											
2	MANTENIMIENTO - ZPF BLOQUE 18											
3	REPORTE DIARIO DE OPERACIÓN											
4	EQUIPO	FECHA	HORA	Timestamp	HORAS MC	HORAS MP	HORAS STAND BY	HORAS OPERACION	NUM. MC	NUM. MP	NUM. STAND BY	NUM. ARRANQUES
5	MG-HE101	14/10/2015	00:00,0	14-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
6	MG-HE101	13/10/2015	00:00,0	13-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
7	MG-HE101	12/10/2015	00:00,0	12-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
8	MG-HE101	11/10/2015	00:00,0	11-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
9	MG-HE101	10/10/2015	00:00,0	10-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
10	MG-HE101	09/10/2015	00:00,0	9-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
11	MG-HE101	08/10/2015	00:00,0	8-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
12	MG-HE101	07/10/2015	00:00,0	7-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
13	MG-HE101	06/10/2015	00:00,0	6-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
14	MG-HE101	05/10/2015	00:00,0	5-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
15	MG-HE101	04/10/2015	00:00,0	4-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
16	MG-HE101	03/10/2015	00:00,0	3-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
17	MG-HE101	02/10/2015	00:00,0	2-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0
18	MG-HE101	01/10/2015	00:00,0	1-10-15 0:00	24	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

4.3.2. Informe de registro de fallas ISO.

Al hacer clic en el botón Registro Fallas ISO 14224, mostrado en la Figura 5-4, se ejecuta una sentencia SQL SELECT que permite seleccionar los registros de la tabla RegistroFallasISO, comprendidos entre las fechas de inicio y fin ingresadas por el usuario.

Este informe presenta el resumen de todas las fallas registradas en la base de datos, información que se utiliza por el ingeniero de confiabilidad para su respectivo análisis y toma de decisiones.

En la Tabla 3-4 se presenta un ejemplo de fallas registrado para el generador MG1 con código MG-HE101, donde se puede observar el tipo de mantenimiento realizado, el subsistema, ítem mantenible afectado, el mecanismo de falla detectado, la causa de falla, el método de detección utilizado por el personal técnico y el modo de falla.

Según el problema, se puede llegar a ingresar información hasta un nivel de ítem mantenible o hasta el nivel de equipo, ya que en muchos de los casos no se dispone de toda la información en el momento del registro, quedando para posterior análisis las posibles causas de la falla mediante el uso de otras metodologías como el Análisis Causa Raíz.

Durante la realización del análisis causa raíz, será importante poder disponer de los registros de fallas ingresados desde el SCADA, ya que permite tener una idea de la secuencia de eventos y sobre todo el tiempo en que ocurrió la falla.

4.4. Elaboración de FMEA

Para el desarrollo de este análisis se utilizó como referencia la norma internacional (IEC 60812, 2006) que describe el FMEA (Análisis de modos de falla y efectos) y el FMECA (Análisis de modos de fallas, efectos y criticidad).

En el análisis se incluyó los siguientes sistemas para cada grupo electrógeno: sistema de combustible, auxiliares de aceite y combustible, sistema de lubricación, sistema de aire de carga, componentes del motor, sistema de enfriamiento, alternador, instrumentación y control.

Se utilizó la información técnica disponible en la planta de generación eléctrica, tales como, filosofía de operación, registro de mantenimientos, registro de fallas, diagramas y manuales detallados en (Petroamazonas EP - AMS, 2013).

En la Tabla 2-4, se muestra el resumen general del estudio realizado por Petroamazonas EP, donde se puede observar la cantidad de activos, funciones, fallas funcionales y modos de falla detectados en cada grupo electrógeno (MG1 tabla izquierda). En el Anexo E se muestran más detalles del estudio FMEA.

Tabla 2-4 Resultados del análisis FMEA del grupo electrógeno MG1 y MG2.

Ítem definido	Cantidad
Activos	88
Funciones	132
Falla Funcional	155
Modo de Falla	280

Ítem definido	Cantidad
Activos	55
Funciones	86
Falla Funcional	101
Modo de Falla	203

Fuente: (Petroamazonas EP - AMS, 2013).

Tabla 3-4 Informe de registro de fallas según ISO 14224:2006.

PETROAMAZONAS EP
MANTENIMIENTO - ZPF BLOQUE 18
REGISTRO DE FALLAS ISO 14224

ID	FECHA INI EVENTO	FECHA FIN EVENTO	ID EQUIPO	ID EQUIPO EAM	EQ PRINCIPAL	TIPO MNT	ID SUBSISTEMA	NOM. SUBSISTEMA	ID. ITEM MANT	ITEM MANTENIBLE	ID. MECANISMO FALLA	MECANISMO FALLA	MECANISMO FALLA EN	ID SUB MECANISMO FALLA
{CDDA8581-8	11/06/2015 20:54	11/06/2015 20:54	MG-HE101	EQ-76936	MG-HE101	CMP	LUSY	Lubrication Sy	25	Reservoir	2	Falla Material	Material failure	22
{56D10480-5	06/06/2015 23:39	06/06/2015 23:39	GE-HE101	EQ-76935	MG-HE101	CME	COSY	Cooling Syste	17	Piping	2	Falla Material	Material failure	23
{4BB51C28-2	06/05/2015 21:01	06/05/2015 21:01	MG-HE101	EQ-76936	MG-HE101	CME	COSY	Cooling Syste	18	Valves	3	Falla de Instrumentacion	Instrument failure	32

SUB MECANISMO FALLA	ID CAUSA FALLA	CAUSA FALLA	ID SUB CAUSA FALLA	SUB CAUSA FALLA	ID METODO DETECCION	METODO DETECCION	ID ACTIVIDAD REALIZAR	ACTIVIDAD REALIZAR	ID ACTIVIDAD REALIZADA	ID MODO FALLA	MODO FALLA	DESC. MODO FALLA	REPORTAD O POR	TOTAL HORAS
Corrosion	2	Fabrication/installation-related causes	20	General	1	Periodic Maintenance	2	Repair	1	BRD	Breakdown	Mas detalles modo de falla. Max 99 caracteres	OTOM	2
Erosion	5	Miscellaneous	50	General	9	Other	2	Repair	1	FTS	Failure to start on demand	Mas detalles modo de falla. Max 99 caracteres	OTOM	2
No signal/indi	2	Fabrication/installation-related causes	21	Fabrication E	3	Inspectio	3	Modify	1	AIR	Abnormal instrument reading	DAÑO	OTOM	2

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

4.5. Validación de la Hipótesis.

Se realizó un análisis comparativo entre el sistema actual y el sistema propuesto para poder validar la hipótesis propuesta.

Sistema Actual.- Describe la forma que se venía realizando el registro de fallas y el cálculo de indicadores clave de desempeño de los grupos electrógenos.

Sistema Propuesto.- Describe las nuevas ventajas y características que presenta el nuevo sistema desarrollado, la facilidad de almacenamiento de información en tiempo real y en un sistema de base de datos relacional estandarizado según normas internacionales.

4.5.1. Criterios de Evaluación.

En la Tabla 4-4 se muestran las calificaciones cualitativas y cuantitativas que se dieron a los diferentes factores y parámetros analizados para el desarrollo de la comparación entre los dos sistemas.

Tabla 4-4 Criterios de evaluación.

TIPO MEDIDA	VALOR				
Cuantitativa	1	2	3	4	5
Cualitativa	Insuficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
Porcentaje	20%	40%	60%	80%	100%

Elaborador por: OTO Marco, 2015.

4.5.2. Análisis de los parámetros de comparación.

Para el desarrollo del análisis comparativo se utilizó información obtenida principalmente de la observación en campo realizada, información bibliográfica y archivos digitales disponibles en la locación.

En la Tabla 5-4 se presenta el resumen obtenido luego de realizar la evaluación a los factores más importantes sobre los cuales tiene mayor impacto el desarrollo de la aplicación.

Se tuvo considerables mejoras con la nueva aplicación, entre lo más relevante se puede destacar, que permite obtener indicadores claves de desempeño en tiempo real, un adecuado registro de fallas según norma ISO 14224, información confiable e importante para realizar análisis y toma de decisiones en la gestión de mantenimiento.

Tabla 5-4 Análisis comparativo entre sistemas Actual y Propuesto.

FACTORES	SISTEMA				Calif. Máxima
	ACTUAL	OBSERVACIÓN	PROPUESTO	OBSERVACIÓN	
Dispone de base de datos	1	No se registra información de fallas en Base de datos	5	Registra información de fallas en base de datos SQL estandarizada según ISO 14224	5
Registro de horas Equipos	3	Registro en archivos Excel	4	Registra todos los estados en base de datos	5
Registro de fallas	3	Se registra en EAM MAXIMO y Excel	4	Registro en SQL de forma estandarizada y EAM Máximo	5
Indicadores en tiempo real	1	No dispone	4	Permite obtener en tiempo real en HMI y realizar proyecciones	5
Software para registro de información	3	Excel y EAM Máximo	4	Base de datos SQL, EAM MAXIMO y Excel	5
Participación del personal	3	Técnicos	4	Técnicos y Operadores	5
TOTAL	14		25		30
PORCENTAJE	47%		83%		100%

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

4.5.3. Comprobación de los resultados.

Para comprobar la hipótesis se utilizó el método estadístico Chi cuadrado (X^2), que nos permite determinar si dos variables están relacionadas o no (Hipótesis Nula e Hipótesis alternativa).

En la Tabla 6-4 se muestra el resumen de las evaluaciones realizadas a cada uno de los principales factores donde se tiene mayor impacto luego de la implementación de la aplicación, las principales diferencias o mejoras se muestra en que bajo el nuevo sistema se dispone de una base de datos estandarizada para el registro de datos, así como el cálculo de indicadores en tiempo real desde el HMI (Ver Gráfico 6-4).

También, permite el involucramiento de los operadores como elemento fundamental para el ingreso de información, de ello, depende la confiabilidad de los datos para análisis.

Como se puede apreciar en la gráfica 6-4, son evidentes las mejoras alcanzadas en cada uno de los factores analizados.

Tabla 6-4 Comparación de factores de Sistema Actual y Propuesto.

FACTORES	SISTEMA	
	ACTUAL	PROPUESTO
Dispone de base de datos	20%	100%
Registro de horas Equipos	60%	80%
Registro de fallas	60%	80%
Indicadores en tiempo real	20%	80%
Software para registro de información	60%	80%
Participación del personal	60%	80%
PROMEDIO	47%	83%

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

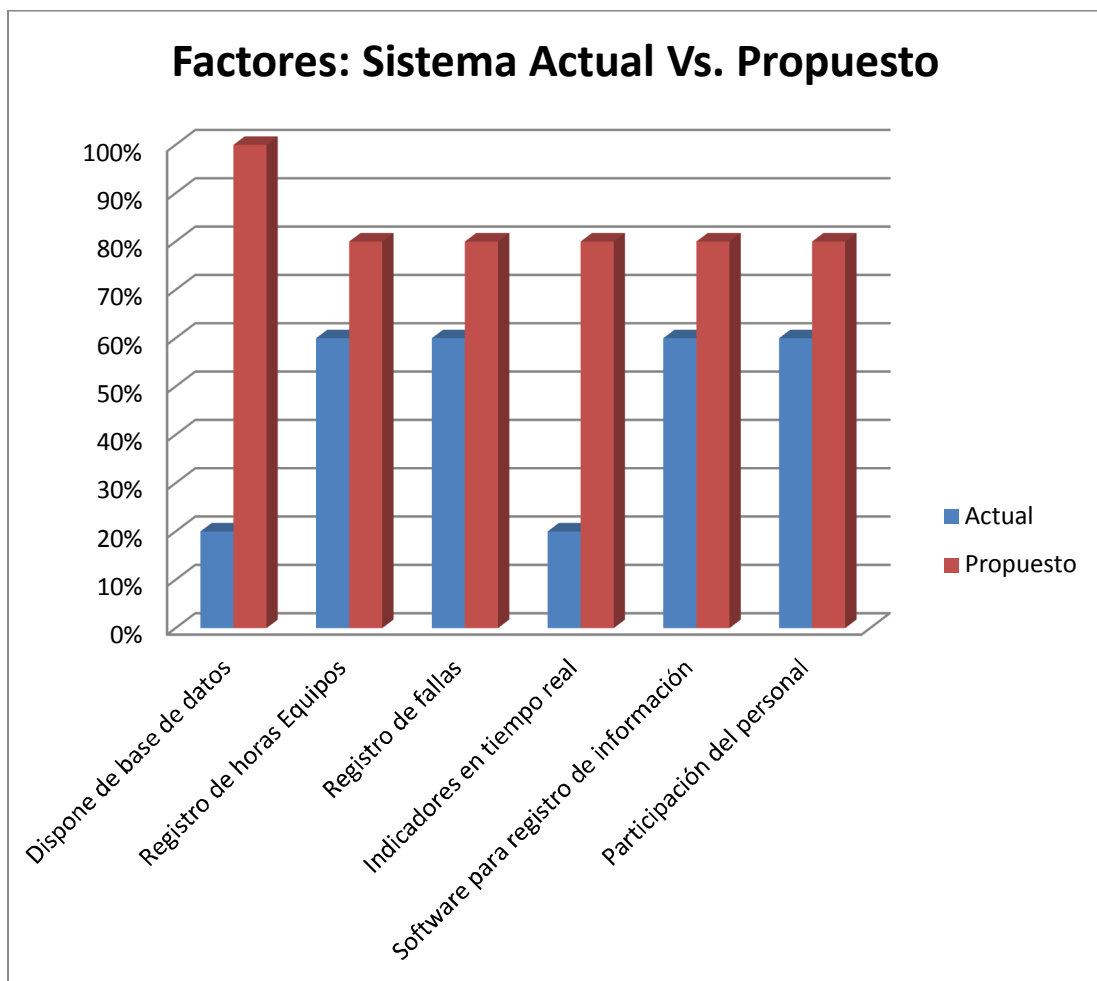


Figura 6-4 Gráfico Comparación de factores: Sistema actual Vs. propuesto.

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

4.5.4. Prueba Chi Cuadrado.

Para la aplicación de esta prueba es recomendable seguir la siguiente secuencia:

- a) Definir la hipótesis nula y alternativa;
- b) Calcular el valor de X^2_{calc} ;
- c) Determinar el valor p y el grado de libertad (V);
- d) Obtener el valor crítico;
- e) Comparar el valor chi cuadrado calculado y el valor crítico;
- f) Analizar e Interpretar la comparación.

A continuación se presenta el desarrollo y análisis mencionado:

4.5.4.1. Hipótesis Nula y Alternativa.

H0: El uso de un sistema SCADA con una base de datos estandarizada según la Norma ISO 14224:2006 para el registro de eventos y modos de falla, NO permite disponer de indicadores clave de desempeño.

Ha: El uso de un sistema SCADA con una base de datos estandarizada según la Norma ISO 14224:2006 para el registro de eventos y modos de falla, permite disponer de indicadores clave de desempeño.

4.5.4.2. Cálculo de chi cuadrado (X^2_{calc}).

- a) Primeramente obtenemos los totales (filas y columnas) de la Tabla 6-4, como se muestra en la Tabla 7-4.

Tabla 7-4 Valores totales de evaluación de factores.

FACTORES	SISTEMA		
	ACTUAL	PROPUESTO	TOTAL
Dispone de base de datos	20,00	100,00	120,00
Registro de horas Equipos	60,00	80,00	140,00
Registro de fallas	60,00	80,00	140,00
Indicadores en tiempo real	20,00	80,00	100,00
Software para registro de información	60,00	80,00	140,00
Participación del personal	60,00	80,00	140,00
TOTAL	280,00	500,00	780,00

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

b) Obtener los valores esperados para cada factor de la Tabla 6-4, aplicando la ecuación 1.4 a la Tabla 7-4, obtenemos la Tabla 8-4.

$$Valor Esperado = \frac{Total Columna * Total Fila}{Total Filas + Columnas} \quad \text{Ecuación 1.4}$$

Tabla 8-4 Resultado de Valores esperados.

FACTORES	SISTEMA		
	ACTUAL	PROPUESTO	TOTAL
Dispone de base de datos	43,08	76,92	120,00
Registro de horas Equipos	50,26	89,74	140,00
Registro de fallas	50,26	89,74	140,00
Indicadores en tiempo real	35,90	64,10	100,00
Software para registro de información	50,26	89,74	140,00
Participación del personal	50,26	89,74	140,00
TOTAL	280,00	500,00	780,00

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

c) Aplicando la fórmula de chi cuadrado descrita en la ecuación 2.4, obtenemos la Tabla 9-4.

$$X^2_{calc} = \sum_{i=0}^n \frac{(oi - ei)^2}{ei} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde;

oi Valor obtenido/observado.

ei Valor esperado.

n número de factores (filas).

Tabla 9-4 Cálculo de chi cuadrado.

FACTORES	SISTEMA		
	ACTUAL	PROPUESTO	TOTAL
Dispone de base de datos	12,36	6,92	19,29
Registro de horas Equipos	1,89	1,06	2,95
Registro de fallas	1,89	1,06	2,95
Indicadores en tiempo real	7,04	3,94	10,98
Software para registro de información	1,89	1,06	2,95
Participación del personal	1,89	1,06	2,95
TOTAL	26,96	15,10	42,06

X² calc

Elaborado por: OTO Marco, 2015.

Como resultado tenemos que el valor de chi cuadrado es **42,06**.

4.5.4.3. *Obtenemos el valor p, nivel de significancia y el grado de libertad (V).*

Para calcular el grado de libertad aplicamos la ecuación 3.4

$$V = (\text{Numero filas} - 1) * (\text{Número columnas} - 1)$$

Ecuación 3-4

Obtenemos que el grado de libertad, $V = (6-1)*(2-1)=5$

Los valores de filas y columnas se obtienen de la Tabla 6-4.

El nivel de significancia se considera al error que se puede cometer al dar por rechazada una hipótesis nula en el supuesto que sea verdadera, considerando que por lo general se considera aceptable un nivel de significancia de 0.05, es decir, que existe una probabilidad de 0.95 que la Hipótesis Nula sea verdadera.

Tenemos; $p = 1 - \text{Nivel de significancia}$.

$$p = 1 - 0.05 = \mathbf{0.95}$$

4.5.4.4. *Obtener el valor crítico.*

Utilizamos el grado de libertad y el nivel de significancia para obtener el valor crítico de la Tabla 10-4 Distribución de chi-cuadrado.

Tabla 10-4 Distribución chi-cuadrado X^2 .

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170

Fuente: http://labrad.fisica.edu.uy/docs/tabla_chi_cuadrado.pdf

Para nuestro trabajo, obtenemos un valor crítico de **11.0705**

4.5.4.5. Comparación, análisis e interpretación.

De acuerdo a las reglas de validación definidas por este método se tiene las siguientes consideraciones para la toma de decisiones:

Si, X^2 calc es \leq que Valor crítico Se acepta H_0

Si, X^2 calc es $>$ que Valor crítico Se rechaza H_0

En conclusión, se pudo observar que ($42.06 > 11.0705$) el chi cuadrado experimental es mayor que el valor crítico, por lo tanto, la Hipótesis Nula H_0 cae en zona de rechazo, aceptando de esta manera, la Hipótesis Alternativa como verdad.

Se ha comprobado entonces, que la aplicación desarrollada cumple los objetivos y confirma la hipótesis planteada.

CONCLUSIONES

- Luego de la implementación del proyecto se logró realizar el cálculo de indicadores claves de desempeño de dos (02) grupos electrógenos a nivel de equipo, directamente desde el HMI de un sistema SCADA.
- Se implementó el registro de fallas de forma estandarizada según la norma ISO 14224:2006, directamente desde el sistema SCADA.
- Se presentó el resultado del estudio FMEA de dos (02) grupos electrógenos.
- Los registros para el cálculo de indicadores, así como, el registro de fallas es almacenado en una base de datos estandarizada SQL, lo que permite fácil acceso a esta información desde otras herramientas informáticas (Excel, EAM Máximo Oil & Gas) que soportan lenguaje SQL.
- El disponer de indicadores directamente en el sistema SCADA, permite visualizar de manera rápida y oportuna el comportamiento del equipo, información que ayuda a tomar de decisiones para una mejor gestión de mantenimiento.
- Se estableció comunicación entre las variables de PLC's en campo, HMI y base de datos en un sistema distribuido con arquitectura cliente/servidor.
- Se utilizó código de programación VBA desarrollado y ejecutado desde el HMI para poder intercambiar información entre los PLC's y las tablas en la base de datos.
- El disponer de un registro de fallas estandarizado según normativa internacional permitirá a futuro, relacionarlo con otras bases de datos que dispone la Empresa, como por ejemplo el sistema de gestión de mantenimiento Máximo Oil & Gas.

RECOMENDACIONES

- La información que contiene la base de datos estandarizada para el registro de fallas se puede complementar con datos particulares de cada equipo/sistema de acuerdo al contexto operacional de la compañía, el resultado del FMEA podrá integrarse a la base de datos en proyectos futuros.
- Se debe utilizar la menor cantidad de código VBA dentro del sistema SCADA ya que podría causar intermitencias o generar errores durante su ejecución, es recomendable utilizar la mayor cantidad de características que permite el software utilizado para el HMI.
- Se debe tener especial cuidado al momento de establecer/cerrar la conexión con las bases de datos, es importante mantener abierta una conexión siempre que se vaya a ejecutar acciones con su información y cerrarla cuando ya no se requiera.
- La creación de campos y tipos de datos durante el diseño de las tablas debe ser compatible con las bases de datos existentes para que permitan una integración en proyectos futuros.
- La información obtenida del FMEA debe tener una estructura similar o con un grado de equivalencia a la taxonomía sugerida en la norma ISO 14224:2006, para facilitar la integración a la base de datos existente en proyectos futuros.
- Es necesario que los operadores de sala de control reciban capacitación y conocimientos sólidos sobre la norma y la importancia de un adecuado registro de datos.
- Los indicadores obtenidos en el HMI deben ser analizados por los ingenieros de confiabilidad y/o supervisores calificados para una adecuada interpretación y toma de decisiones.

GLOSARIO

A

Avería Estado de un elemento caracterizado por la incapacidad para desarrollar una función requerida, excluyendo la incapacidad durante el mantenimiento preventivo o por otras acciones planificadas, o debido a la falta de recursos externos.

C

Capacidad inicial Nivel de desempeño que un activo físico o sistema es capaz de alcanzar en el momento de su entrada en servicio (SAE JA1011, 1999, p.4).

Confiabilidad Es la probabilidad de que un ítem desempeñe su función bajo las condiciones dadas en un intervalo de tiempo determinado (ISO 14224, 2006, p.7).

Contexto operacional Conjunto de factores que influyen de manera directa o indirecta sobre el funcionamiento de un proceso, sistema, equipo o componente.

Consecuencias ambientales Un modo de fallo o un fallo múltiple tiene consecuencias ambientales si viola cualquier norma o regulación ambiental corporativa, municipal, regional, nacional o internacional que se aplique al activo físico o sistema en consideración (SAE JA1011, 1999, p.4).

Consecuencias del fallo Forma(s) en las que los efectos de un modo de fallo o un fallo múltiple importan (evidencia de fallo, impacto en la seguridad, en el medio ambiente, en la capacidad operacional, en los costos de reparación directos e indirectos) (SAE JA1011, 1999, p.4).

Consecuencias no operacionales Categoría de consecuencias del fallo que no tiene efecto adverso sobre la seguridad, el medio ambiente o las operaciones, sino que solamente se requiere reparar o sustituir cualquier elemento que pueda ser afectado por el fallo (SAE JA1011, 1999, p.5).

Consecuencias operacionales Categoría de consecuencias del fallo que tiene un efecto adverso sobre la capacidad operacional de un activo físico o sistema (salida,

calidad del producto, servicio al cliente, capacidad militar o costos de operación en adición al costo de la reparación) (SAE JA1011, 1999, p.5).

Consecuencias para la seguridad Un modo de fallo o un fallo múltiple tiene consecuencias para la seguridad si hiere o mata a alguna persona (SAE JA1011, 1999, p.5).

Contexto operacional Circunstancias en las cuales se espera que opere un activo físico o sistema (SAE JA1011, 1999, p.5).

Cuadro de mando integral (Balanced Scorecard) Es una herramienta de gestión que permite traducir la estrategia y la misión de una organización en objetivos, que medidos a través de indicadores y ligados a planes de acción, permitan informar sobre cómo la organización avanza en el logro de estos objetivos.

D

Desempeño deseado Nivel de desempeño deseado por el propietario o el usuario de un activo físico o sistema.

Disponibilidad Capacidad de un elemento de encontrarse en un estado para desarrollar una función requerida bajo unas condiciones determinadas en un instante dado o bien durante un intervalo de tiempo determinado, asumiendo que se proveen los recursos externos requeridos (ISO 14224, 2006, p.2).

Disponibilidad Inherente (A_i) Probabilidad (capacidad) de un elemento para operar satisfactoriamente durante un intervalo de tiempo dado, cuando se usa bajo condiciones establecidas en un ambiente de soporte ideal. Excluye tiempos de parada por aspectos logísticos, administrativos, demoras y el tiempo de parada por mantenimiento preventivo. Incluye el tiempo de parada por mantenimiento correctivo.

Disponibilidad Mecánica (A_M) Probabilidad (capacidad) de un elemento para operar satisfactoriamente durante un intervalo de tiempo dado, cuando se usa bajo condiciones establecidas en un ambiente de soporte ideal. Excluye tiempos de parada por aspectos logísticos, administrativos y demoras. Incluye el tiempo de parada por mantenimiento preventivo y correctivo. También llamada Disponibilidad Alcanzada (A_a).

Disponibilidad Operacional (Ao) Probabilidad (capacidad) de un elemento para operar satisfactoriamente durante un intervalo de tiempo dado, cuando se usa en un ambiente de operación y soporte actual o real. Incluye tiempos de parada por aspectos logísticos, administrativos, demoras y el tiempo de parada por mantenimiento preventivo y correctivo.

E

Edad Medida de la exposición al esfuerzo calculada desde el momento que un ítem o componente entra en servicio cuando es nuevo, o cuando se reincorpora al servicio luego de una tarea diseñada para restaurar su capacidad inicial, pudiendo ser medida en términos de tiempo calendario, tiempo de trabajo, distancia recorrida, ciclos de trabajo, unidades de salida o de rendimiento

Efecto Es la desviación de un esperado. Positivo o negativo. (ISO 14224, 2006)

Efecto de falla Lo que sucede cuando ocurre un modo de falla (SAE JA1011, 1999, p.4).

F

Fallo Cese en la capacidad de un elemento para desarrollar una función requerida". (IEC 60812, 2006)

NOTA 1 – Después del fallo el elemento presenta una avería, la cual puede resultar completa o parcial.

NOTA 2 – El "fallo" es un evento, a diferenciar de la "avería" que es un estado.

Fallo evidente Modo de fallo cuyos efectos se hacen evidentes para el personal de operación bajo circunstancias normales si el modo de fallo ocurre por sí mismo (SAE JA1011, 1999, p.4).

Fallo funcional Estado en el cual un activo físico o sistema no es capaz de ejecutar una función específica al nivel de desempeño deseado (SAE JA1011, 1999, p.4).

Fallo múltiple Evento que ocurre si una función protegida falla mientras su dispositivo o sistema de protección está en estado de fallo (SAE JA1011, 1999, p.4).

Fallo oculto Modo de fallo cuyos efectos bajo circunstancias normales no se hacen evidentes para el personal de operación si el modo de fallo ocurre por sí mismo (SAE JA1011, 1999, p.4).

Fallo Potencial Condición identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o está en estado de ocurrencia (SAE JA1011, 1999, p.5).

Función Actividad o conjunto de actividades a través de las cuales se produce o presta determinado bien o servicio. Lo que el dueño o usuario desea que realice un activo físico o sistema (SAE JA1011, 1999, p.4).

Función evidente Función cuyo fallo, por sí mismo, se hace evidente para el personal de operación en circunstancias normales (SAE JA1011, 1999, p.4).

Función oculta Función cuyo fallo, por sí mismo, no se hace evidente para el personal de operación en circunstancias normales (SAE JA1011, 1999, p.4).

Función(es) primaria(s) Función(es) que constituye(n) la(s) principal(es) razón(es) por las que un activo o sistema físico es adquirido por su propietario o su usuario (SAE JA1011, 1999, p.5).

Función requerida Función o combinación de funciones de un elemento que se consideran necesarias para proporcionar un servicio dado (ISO 14224, 2006, p.7).

Función(es) secundaria(s) Funciones que un activo físico o sistema tiene que cumplir además de su función(es) primaria(s), tales como las necesarias para cumplir requerimientos regulatorios y las que se relacionan con aspectos tales como protección, control, contención, comodidad, apariencia, eficiencia energética e integridad estructural (SAE JA1011, 1999, p.5).

I

Intervalo P-F El intervalo entre el punto en que una falla potencial se hace detectable y el punto en que esta se degrada hasta una falla funcional (también conocida como “período para el desarrollo de falla” o “tiempo esperado para la falla” (SAE JA1011, 1999, p.5).

Inspección Control de conformidad mediante medición, observación, ensayo o calibración de las características relevantes de un elemento. (ISO 14224, 2006).

ISO Organización Internacional de Normalización, es una federación mundial de organismos nacionales de normalización.

G

Gestión Estratégica Es el modo de conducir la empresa, cuyo objetivo es el desarrollo de capacidades, recursos y prácticas empresariales que vinculan las decisiones operacionales y de administración de una empresa para lograr resultados exitosos en el largo plazo.

M

Mantenimiento Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida (ISO 14224, 2006, p.5).

Mantenimiento Basado en Condición (CBM, por sus siglas en inglés) Tipo de mantenimiento realizado con el fin de hacer seguimiento a la condición de un elemento para prevenir su falla o su degradación, interviniendo sólo hasta que su condición lo amerite. Se hace bajo rutinas de inspección, técnicas predictivas y monitoreo de parámetros operacionales.

Mantenimiento Correctivo (MC o CM, por sus siglas en inglés) Mantenimiento llevado a cabo tras el reconocimiento de una falla con la intención de poner el elemento en un estado en el que pueda realizar la función requerida.

Mantenimiento Preventivo (MP o PM, por sus siglas en inglés) Es el tipo de mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos y enfocado a reducir la probabilidad de falla o degradación de la función de un elemento.

Modo de fallo Un evento único, que causa un fallo funcional (SAE JA1011, 1999, p.4).

MTBF Representa el promedio del tiempo entre dos fallas de un elemento (Equipo, Sistema o Componente).

MTTF Cuando se trata de un cambio o sustitución de parte o repuesto, el concepto es similar al anterior (MTBF), caso contrario, significa el tiempo promedio con que se producirá la falla del elemento analizado.

MTTR Representa el promedio de tiempo que se tarda la reposición de la falla de un elemento (Equipo, sistema o componente)

P

Plan de mantenimiento Conjunto estructurado de tareas que comprende las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar el mantenimiento.

Política de gestión de fallos Término genérico que abarca las tareas según la condición, la sustitución programada, la restauración programada, la búsqueda de fallos, el trabajo hasta el fallo y las modificaciones (SAE JA1011, 1999, p.4).

Probabilidad condicional de fallo Probabilidad que un fallo ocurra en un período específico dado que el elemento en cuestión haya sobrevivido al comienzo de ese periodo (SAE JA1011, 1999, p.4).

Programa Un Programa es todo conjunto de proyectos que guardan un lineamiento base común a todos ellos, y cuyos objetivos están alineados con un objetivo estratégico institucional.

Programado Que es ejecutado a intervalos fijos predeterminados, incluyendo los "monitoreos continuos" (donde el intervalo real es cero) (SAE JA1011, 1999, p.5).

Propietario Persona u organización que puede sufrir o ser responsable por las consecuencias de un modo de fallo en virtud de la propiedad de un activo o sistema (SAE JA1011, 1999, p.5).

Proyecto Es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto o servicio único. Consiste en un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas; la razón de un proyecto es alcanzar objetivos específicos dentro de los límites que imponen un presupuesto, un alcance y un lapso de tiempo previamente definido.

R

Restauración programada Tarea programada que consiste en restaurar la capacidad de un elemento a o antes de un intervalo especificado (edad límite), independiente de su condición en ese instante, a un nivel que proporciona una probabilidad tolerable de sobrevivir al final de otro intervalo especificado (SAE JA1011, 1999, p.5).

Revisión Conjunto extenso de exámenes y acciones, ejecutado con el fin de mantener el nivel requerido de disponibilidad y seguridad de un elemento (ISO 14224, 2006).

Riesgo Efecto de la incertidumbre sobre los objetivos. (ISO 14224, 2006)

S

SQL (Structure Query Language) Es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en ellas.

Sustitución programada Tarea programada que consiste en sustituir un elemento a o antes de una edad específica independientemente de su condición en ese instante (SAE JA1011, 1999, p.5).

T

Tasa de Fallas (λ) Frecuencia con que un sistema de ingeniería o componente falla, expresada por ejemplo en fallas por hora.

Trabajo hasta el fallo Política de gestión de fallos que permite que ocurra un modo de fallo específico sin hacer ningún intento para detectarlo o prevenirlo (SAE JA1011, 1999, p.5).

U

Usuario: Persona u organización que opera un activo o sistema y que puede sufrir o ser responsable por las consecuencias de un modo de fallo de ese sistema (SAE JA1011, 1999, p.5).

V

Variable Es una característica que al ser medida es susceptible de adoptar diferentes valores en el transcurso del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

ECUADOR. PETROAMAZONAS EP - AMS. (2013). *Análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) de La Planta de Generación Eléctrica, Palo Azul, B18, PAM-EP.* Petroamazonas EP, Mantenimiento, Quito. pp. 4-155

ECUADOR. PETROAMAZONAS EP. (2015). *Quienes somos.*

<http://www.petroamazonas.gob.ec/quienes-somos/>

2015-03-22

ESPAÑA. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN AENOR. (2010). UNE-EN 13306:2010: *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento.* pp. 6-19.

ESPAÑA. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN AENOR. (2008). UNE-EN 15341:2008. *Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento.* pp. 6-16.

ESTADOS UNIDOS. MICROSOFT. (2015). *Microsoft Developer Network.*

<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms188751.aspx>

2015-05-06

ESTADOS UNIDOS. SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, INC. (1999) SAE JA1011 *Evaluation Criteria for Reliability - Centered Maintenance (RCM) Process.* pp. 6-10.

ESTADOS UNIDOS. SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, INC. (2002). SAE JA1012 *A guide to the Reliability-centered Maintenance (RCM) standard.*

GARCIA, A. (2003). *Manual Práctico de SQL.* pp. 5-31

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC. (2006). IEC 60812 *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)* (Vol. 2). Switzerland. pp. 11-79.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2006). *ISO 14224:2006 Petroleum and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and Maintenance data equipment (2 ed.)*. Switzerland: ISO. pp. 1-165.

LUQUE, J. M. (2013). *PLC - HMI - SCADA*.

<http://plc-hmi-scadas.com/135.php>

2015-06-02

MEDINA, R. (2014). Experiencia en la elaboración de un catalogo de fallas para la industria del gas y petroleo. *Mantenimiento en Latinoamerica*, N° 6(6), pp. 6-8.

MOUBRAY, J. (1997). RCM Reliability-centered Maintenance. (S. Y. ELLMANN, Trad., págs. 22-132). United Kingdom: Aladon Ltd. pp. 22-132.

NEWBROUGH, E. (1998). *Administración de mantenimiento industrial*. Mexico D.F., Mexico: Diana. pp. 1-24.

NOWLAN, F. S., & HEAP, H. F. (1978). *Reliability-centered Maintenance, Department of Defense, Report Number AD-A066579, Unclassified*. San Francisco, California: U.S. Department of Commerce. Springfield, VA 22161. pp. 2-109.

OMDEC RCM KNOWLEDGE. (2014). *Optimal Maintenance Decisions Inc.*

<http://www.omdec.com/moxie/bm~doc/spanish-lrcm.pdf>

2015-03-15

ORREGO, J. (2014). *Métodos de Ingeniería de Confiabilidad*.

www.mantenimientoenlatinoamerica.com

2014-10-22

ROCKWELL AUTOMATION. (2004). *Recommendations For Writing VisualBasic for Applications (VBA) Code In RSViewSE – V1.3*. pp. 1-7

<http://wenku.baidu.com/view/c76d68731711cc7931b71680.html>

2015-04-25

ROCKWELL AUTOMATION. (2008). *Cómo obtener resultados con rslinx classic.*
pp.1-13

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/lnx-gr001_-es-e.pdf

2015-08-25

ROCKWELL AUTOMATION. (2010). *VBA Error Handling for Communication Events Tips & Best Practices version 1.0.* pp. 3-40

ROCKWELL AUTOMATION. (2014). *FactoryTalk Alarms and Events System Configuration Guide.*

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/ftae-rm001_-en-e.pdf

2015-04-23

ROCKWELL AUTOMATION. (2015). *FactoryTalk® View Machine Edition User's Guide.*

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewme-um004_-en-e.pdf

2015-08-19

SEXTO, L. F. (2014). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - Apuntes y Reflexiones.* www.radical-management.com

2015-12-06

SILVA, P. (2014). *Confiabilidad.*

http://www.confiabilidad.net/assets/uploads/art/PDF/manejo_de_la_informacion.pdf

2015-03-21

TROFFÉ, M. (2009). Base de datos de confiabilidad, dirigido a la gestión del conocimiento y mitigación del riesgo. *PETROTECNIA Revista del Instituto Argentino del Petróleo y el Gas.*

http://www.petrotecnica.com.ar/febrero09/base_de_datos_de_confiabilidad.pdf

2015-03-24

ANEXOS

Anexo A. Instalación y configuración de SQL Server 2008 R2.

1. Debemos contar con el instalador SQL Server 2008 R2, en la carpeta de instalación ejecutamos Setup.exe.
2. Aparece le asistente de instalación

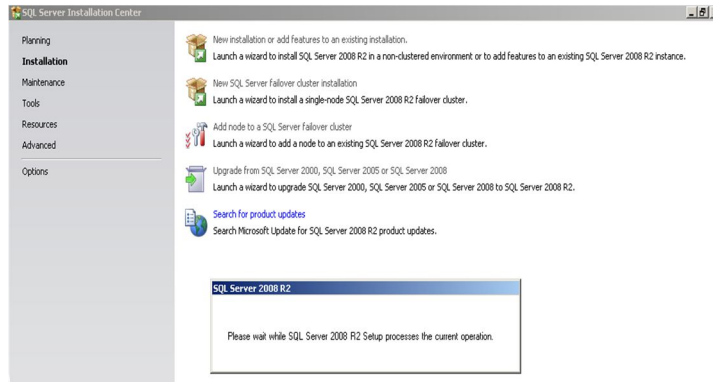


Ilustración A.1 Instalación SQL – Inicio

3. Seleccionar la opción: Nueva instalación o agregar características compartidas.

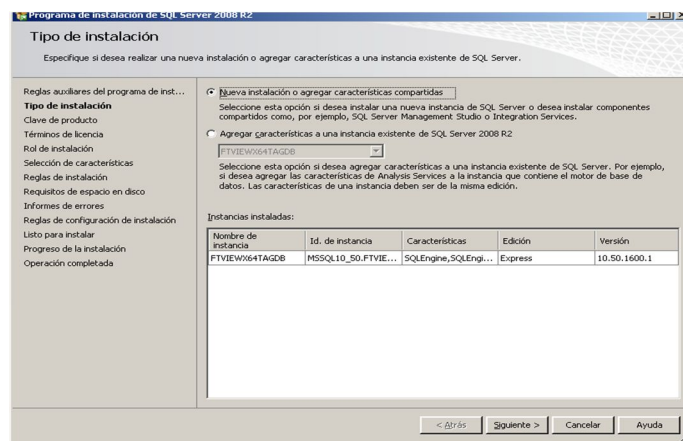


Ilustración A.2 Nueva Instalación SQL

4. Ingresar clave de activación del producto:

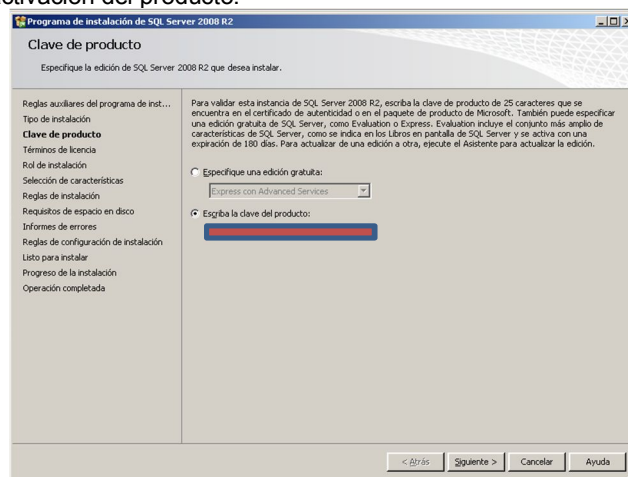


Ilustración A.3 Colocar clave del producto.

5. Aceptar los términos de licencia.

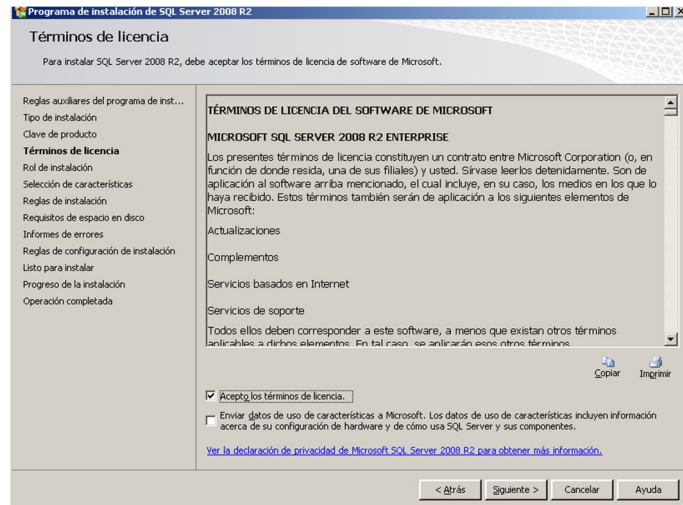


Ilustración A.4 Términos de licencia.

6. Selección Rol de la instalación: Instalación de características de SQL Server.

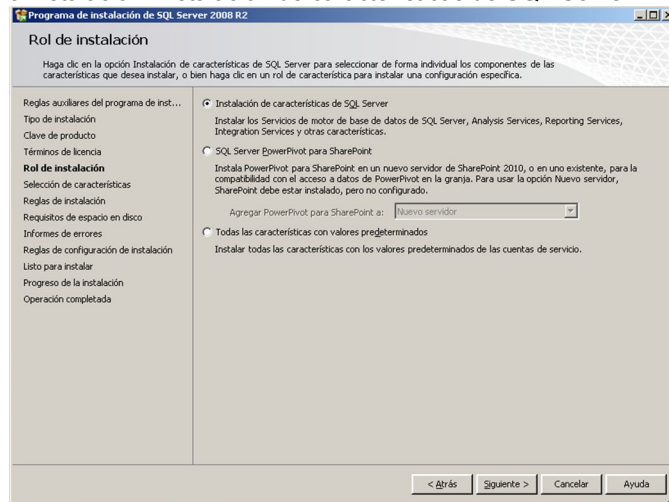


Ilustración A.5 Rol de instalación.

7. Selección de características: seleccionar las que se requiera, en nuestro caso, seleccionamos todas.

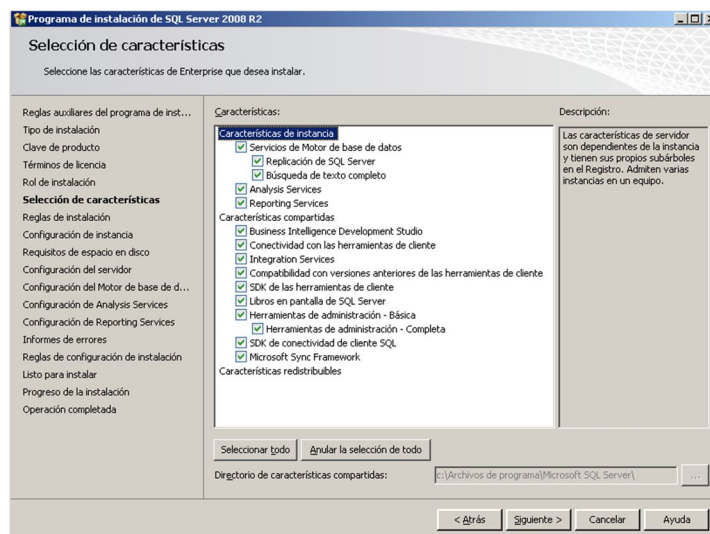


Ilustración A.6 Selección de características.

8. Creamos una instancia con nombre: **FTAVIEWX64TAGDB**, este punto es importante ya que este nombre utiliza Rockwell Automation para conectar FTV Studio con la base de datos.

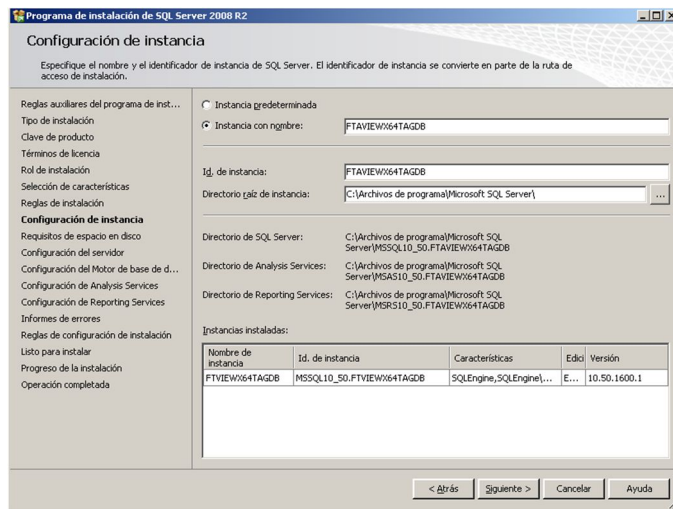


Ilustración A.7 Crear instancia FTAVIEWX64TAGDB

9. Configurar usuario y contraseña para conectarse con el servidor de base de datos, como ejemplo podemos citar:

Usuario : Admin
Clave : admin

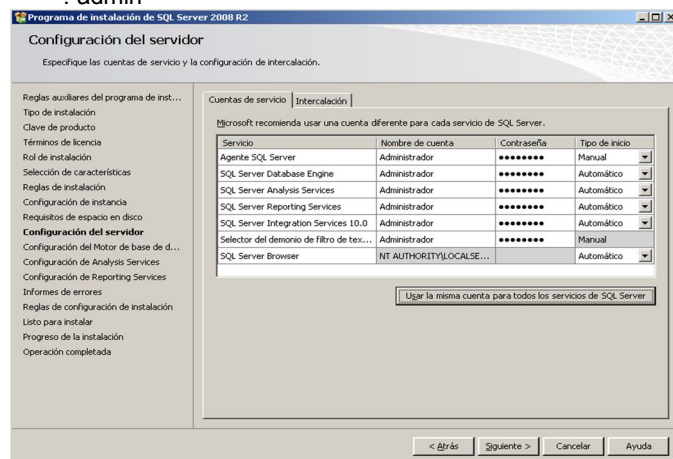


Ilustración A.8 Configurar usuario y contraseña.

10. Para el acceso al servidor, configurar como Modo de autenticación de Windows.

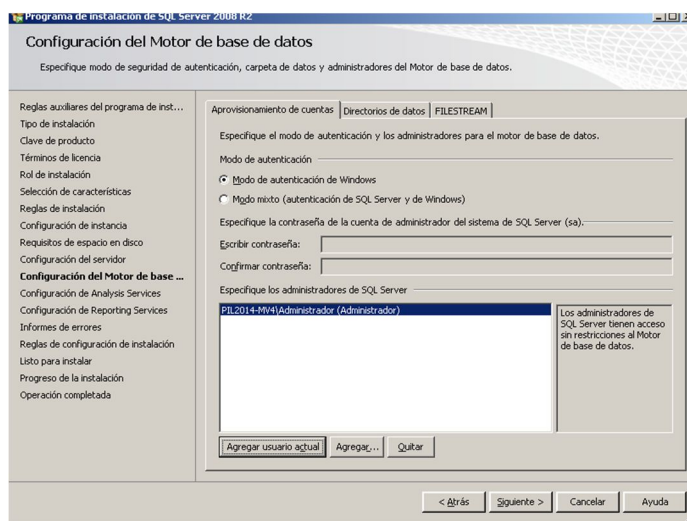


Ilustración A.9 Modo de autenticación de Windows

11. Configuración de AnalysisServices

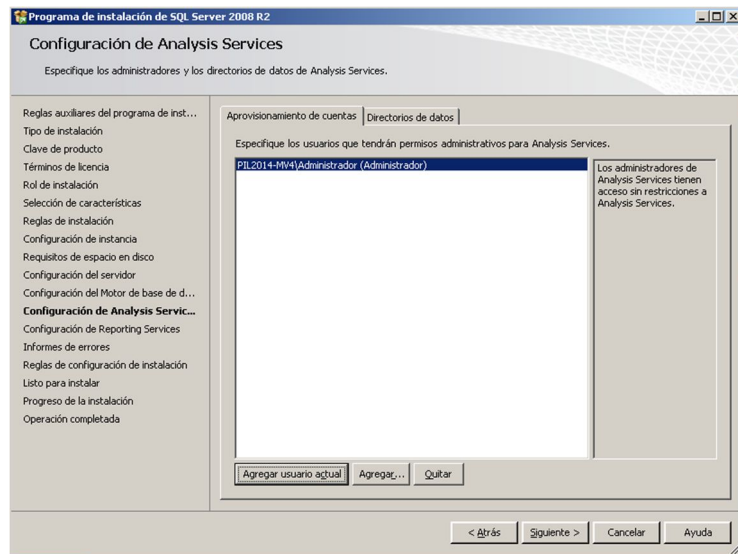


Ilustración A.10 Configurar AnalysisServices, con usuario Administrador.

12. Seleccionar la opción: Instalar la configuración predeterminada del modo nativo.

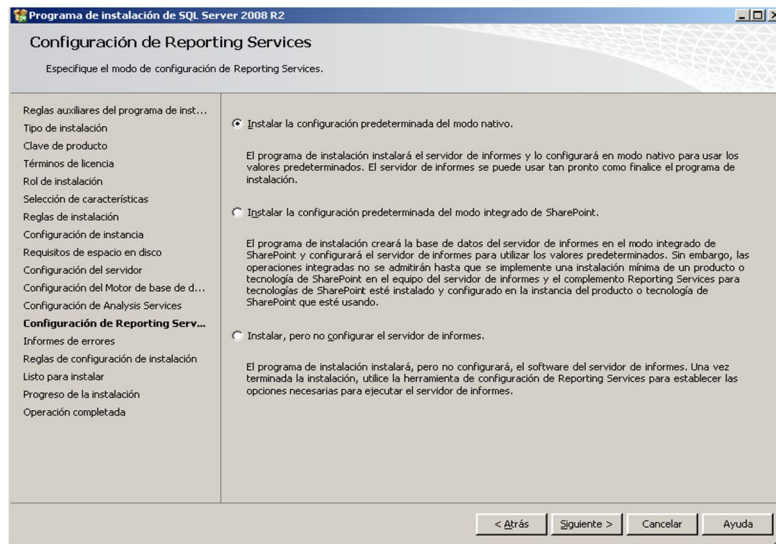


Ilustración A.11 Configuración de ReportingServices

13. En informe de errores dar clic en siguiente.

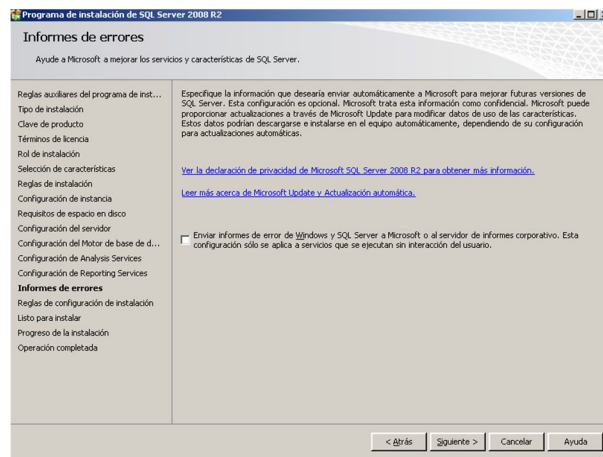


Ilustración A.12 Informes de errores.

14. Aparece la siguiente pantalla, damos clic en siguiente.

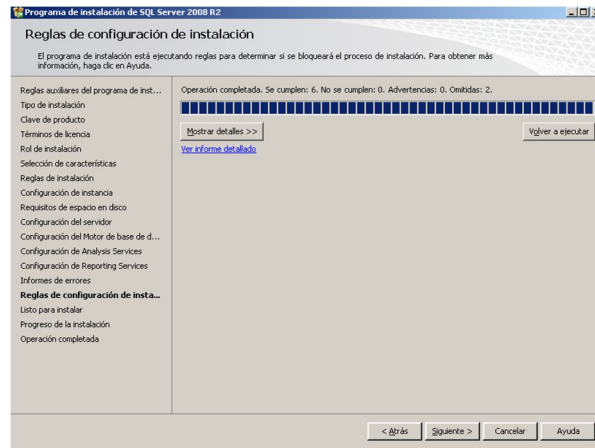


Ilustración A.13 Reglas de configuración de instalación.

15. Aparece la venta donde nos indica que se dispone de todas las condiciones para iniciar la instalación, presionamos el botón Instalar, inmediatamente inicia la instalación de SQL.

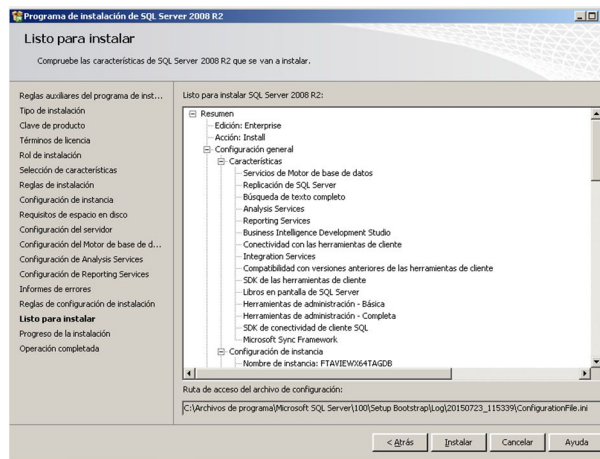


Ilustración A.14 Ventana Listo para instalar.

16. Una vez finalizada la instalación, podemos abrir el programa Microsoft SQL Server Management Studio que se encuentra en Inicio|Programas|Microsoft SQL Server 2008 R2|SQL Server Management Studio.

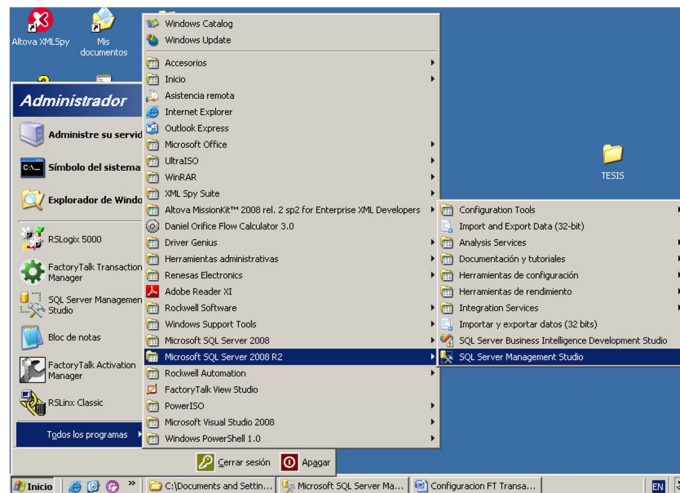


Ilustración A.15 Abrir Microsoft SQL Server Management Studio

17. Seleccionamos el nombre del servidor al que deseamos conectarnos (nombre PC\Server), por ejemplo: PIL2014-MV4\FTVIEWX64TAGDB.

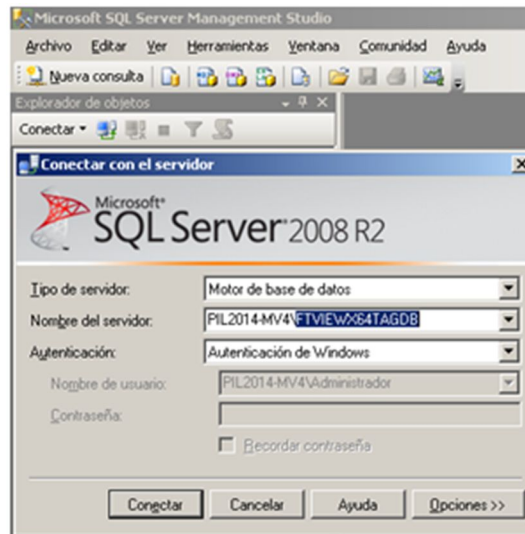


Ilustración A.16 Conexión al Servidor de Base de Datos FTV

18. Clic en el botón Conectar.

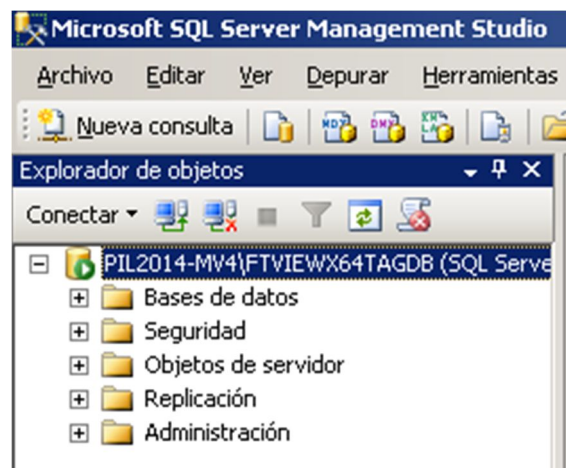
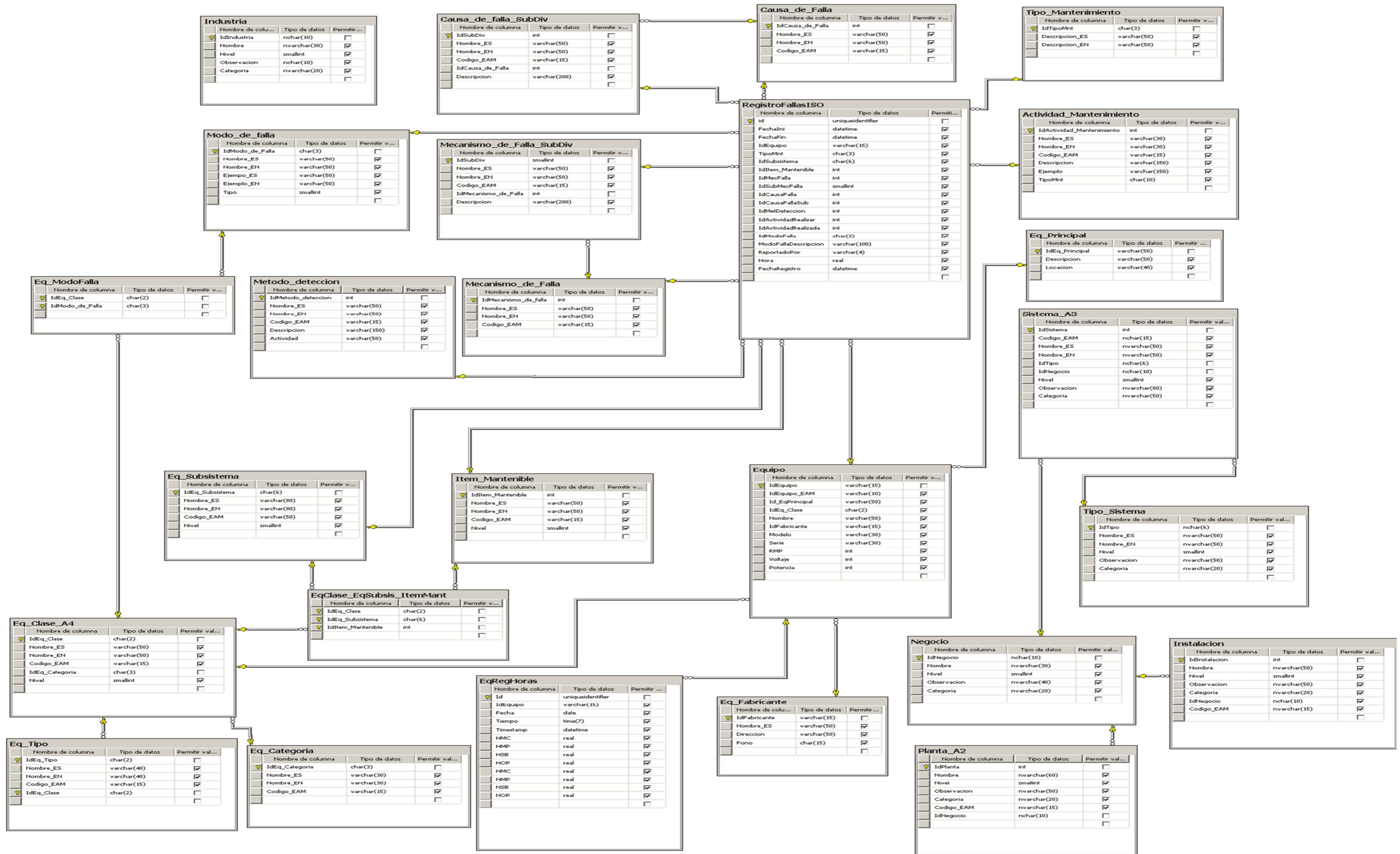


Ilustración A.17 Conexión a Servidor SQL FTAVIEWX64TAGDB exitosa.

Anexo B. Diagrama de base de datos ISO_14224.



Anexo C. Configuración de Factory Talk Transaction Manager.

1. En el servidor de datos, realizar conexión al servidor SQL PIL2014-MV4FTVIEWX64TAGDB.

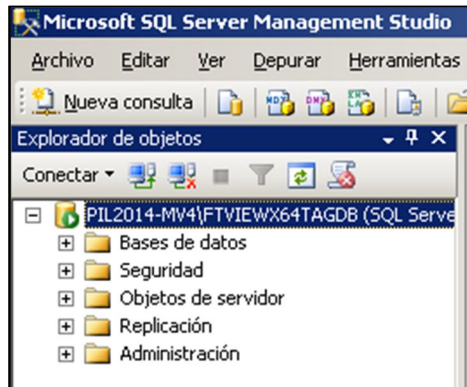


Ilustración C.1 Conexión a servidor SQL exitosa.

2. Una vez confirmado que la conexión al servidor SQL fue exitosa, abrimos el software que se encuentra en: Inicio\Programas\Rockwell Software\FactoryTalkTransaction Manager\FactoryTalkTransaction Manager.

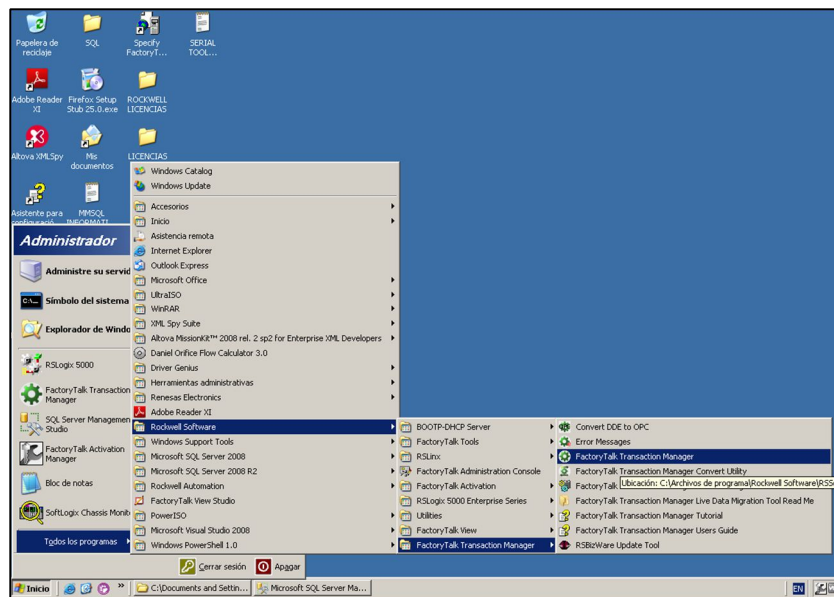


Ilustración C.2 Abrir FactoryTalkTransaction Manager

3. Procedemos a crear una nueva configuración que nos permita registrar los datos de horas (operación, mantenimiento preventivo, correctivo, stand by) de cada equipo desde el PLC-RAM-SCADA hacia la tabla EqRegHoras que se creó en la base de Datos ISO_14224.

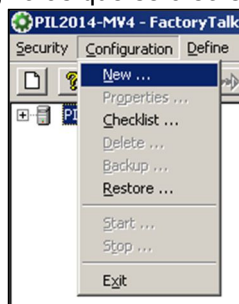


Ilustración C.3 Crear Nueva configuración.

4. Colocar un nombre a la configuración: EQ_REPORTE_DIARIO

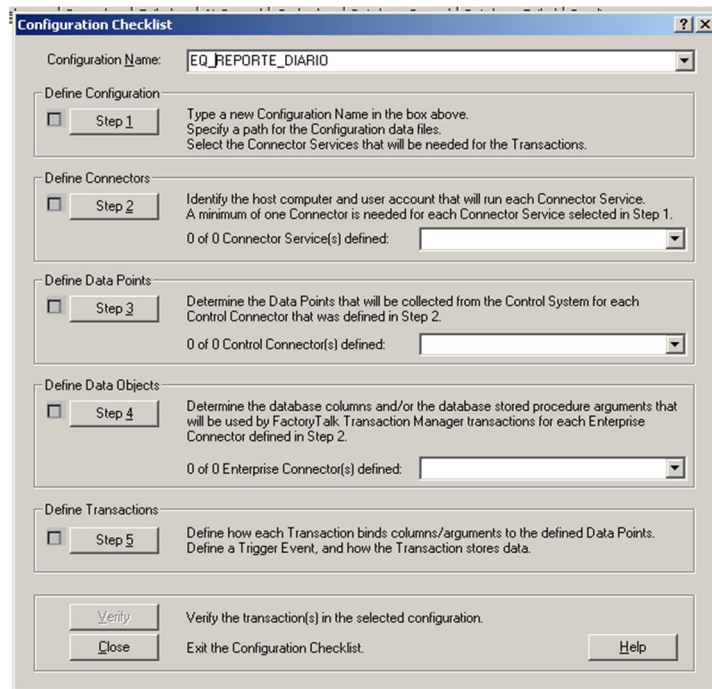


Ilustración C.4 Nombre de configuración.

5. Seleccionamos Step 1, el nombre de configuración EQ_REPORTE_DIARIO y un path donde se guardará la configuración.

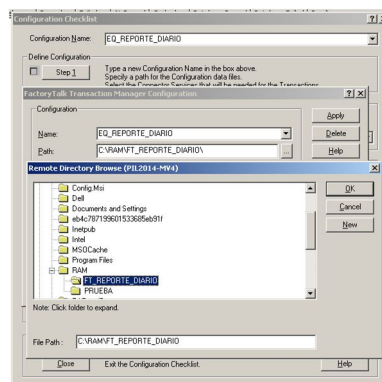


Ilustración C.5 Seleccionar nombre de configuración y dirección donde se guardará configuración

6. Seleccionamos el tipo de enlace a realizar, en nuestro caso, RSLinxClassic OPC y ODBC, esta opción nos permite enlazar Tags del PLC y la tabla EqRegHoras de la base de datos.

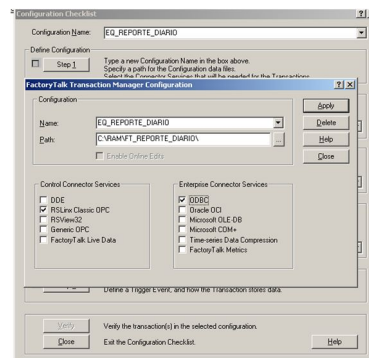


Ilustración C.6 Definir Configuración de conector.

7. Presionar Apply y luego Yes para aceptar los cambios.

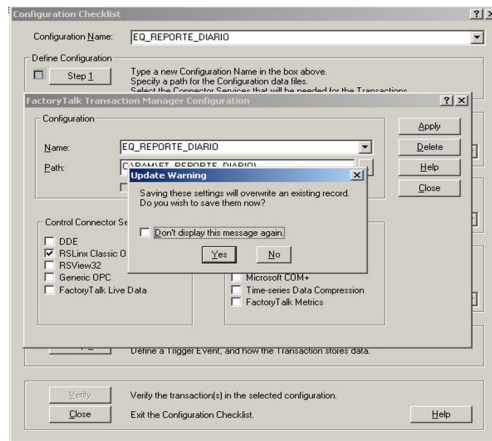


Ilustración C.7 Aceptar cambios.

8. Hacemos clic en Step 2, en este punto debemos realizar tres configuraciones: y TransactionManager, ODBC Connectors y RSLinxClassicConnector, para confirmar cada configuración ingresada se debe presionar Apply y luego Yes/Ok, con esto se valida la configuración ingresada.

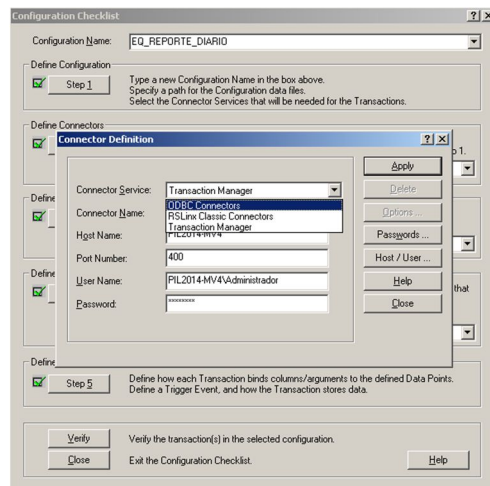


Ilustración C.8 Configuración de conectores.

a. Transaction Manager.- Al seleccionar esta opción por defecto aparecen llenos los datos configurados durante la instalación de SQL, en este punto solamente debemos ingresar el Password para conectarnos con el servidor SQL, en este proyecto se aplica el mismo usuario y contraseña de Windows.

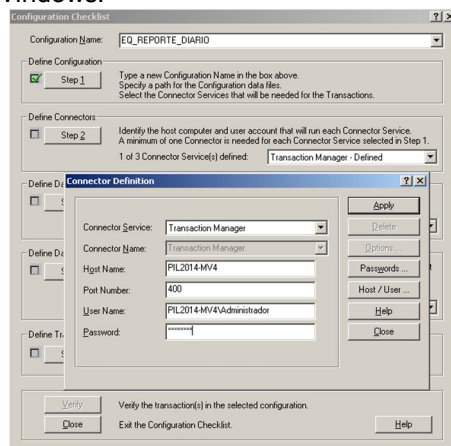


Ilustración C.9 Configuración de conector a base de datos.

- b. ODBC Connector.- Al seleccionar esta opción, solamente debemos colocar un nombre de conector ODBC que nos permitirá realizar el enlace con la base de datos más adelante, para este proyecto se colocó: SQL_REPORTE

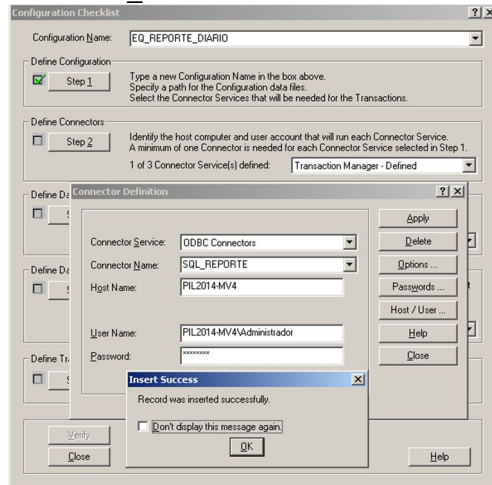


Ilustración C.10 Configurar conector ODBC.

- c. RSLinxClassicConnector.- Colocamos únicamente un nombre al conector RSLinx, para este proyecto se definió: SQL_TOPICO.

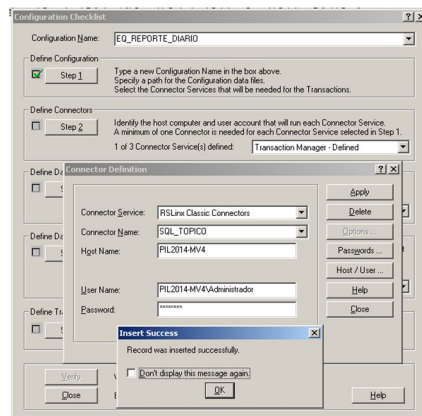


Ilustración C.11 Configurar conector RSLinx

9. Hacer clic en Step 3 donde definiremos los data points para conexión con los tags del PLC vía RSLinx.
 - a. Seleccionamos un conector (Creado en Step 2), para este proyecto se creó el conector: SQL_TOPICO
 - b. En el listado de conexiones RSLinx, seleccionamos el PLC que contiene los tags para lectura/escritura a través del conector, al seleccionar un PLC, automáticamente se actualiza el campo DeviceName con el nombre con el que está programado el PLC en campo.
 - c. Añadimos tags desde PLC, si se dispone de una archivo de Tags .csv se puede importar o utilizando AddTags, en este punto se debe seleccionar los tags del PLC y definir tipo de datos y tipo de datos. ItemAddress corresponde al tag en el PLC, DatapointName es el nombre con el que se conocerá dentro de FactoryTalkTransaction Manager.

Para este proyecto es utilizó los tags listados a continuación y corresponden a los registros de operación de los moto-generadores MG1 y MG2, adicional, se configura el conector TRANSFERIR_SQL que más adelante se utiliza para disparar el registro de estos valores hacia la tabla EqRegHoras.

Para confirmar cambios presionar Apply.

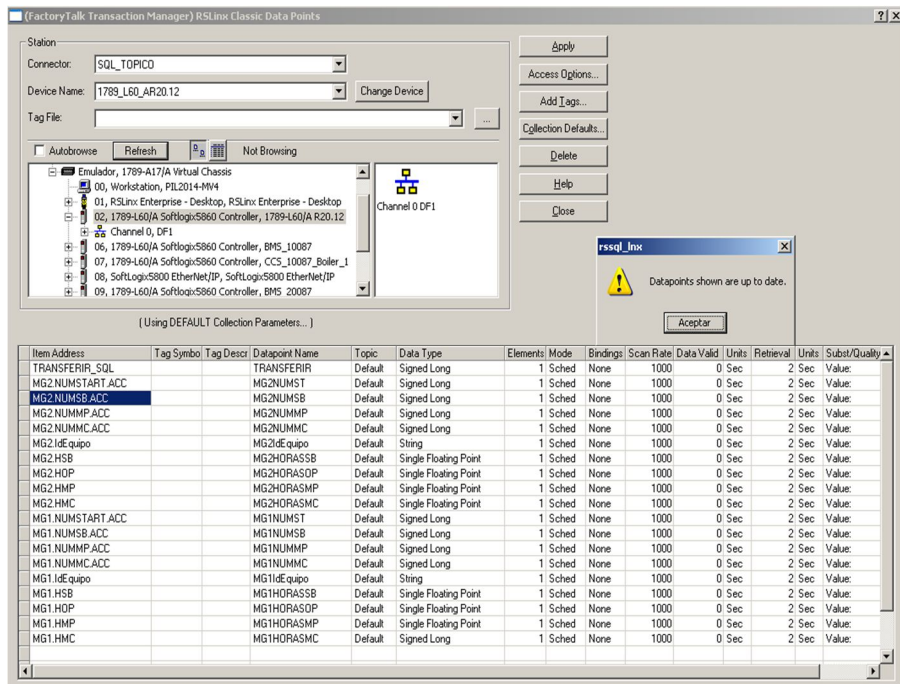


Ilustración C.12 Configurar RSLinx Classic DataPoints

10. Hacer clic en Step 4 para configurar los Data Objects, en este punto se realiza la configuración de la conexión con la base de datos y los campos de las tablas donde se desea almacenar la información proveniente del PCL cuyos objetos se definieron en el Step 3.
 - a. Primeramente seleccionamos un conector creado en el Step 2, para este proyecto se definió SQL_REPORTE.

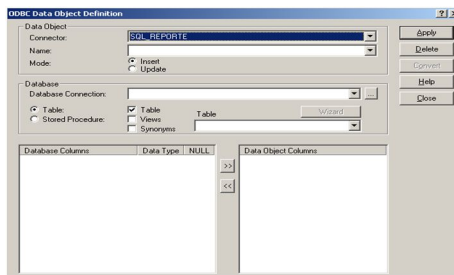


Ilustración C.13 Seleccionar un conector de datos.

- b. Creamos una nueva conexión a la Base de Datos, siguiendo los pasos del 1 al 4 de la siguiente figura.

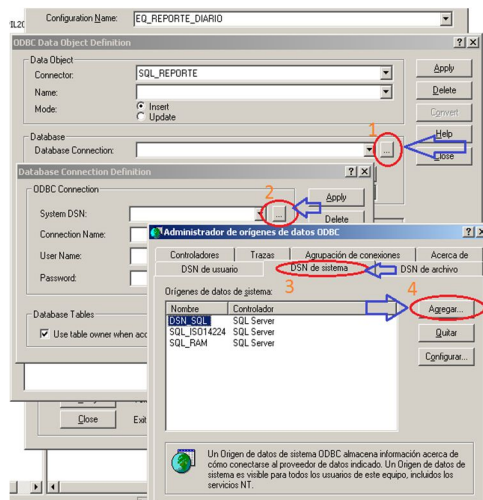


Ilustración C.14 Creación de nuevo DNS de Sistema para conexión a la base de datos.

c. Seleccionamos SQL Server



Ilustración C.15 Configurar nuevo origen de datos tipo SQL Server

d. Ingresamos un nombre, descripción y seleccionamos el servidor donde se encuentra nuestra base de datos.

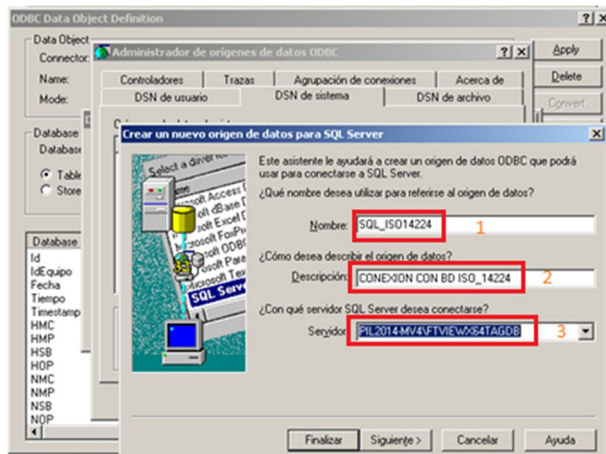


Ilustración C.16 Configurar nueva DNS de sistema.

e. Seleccionar autenticación de Windows como muestra la figura siguiente.

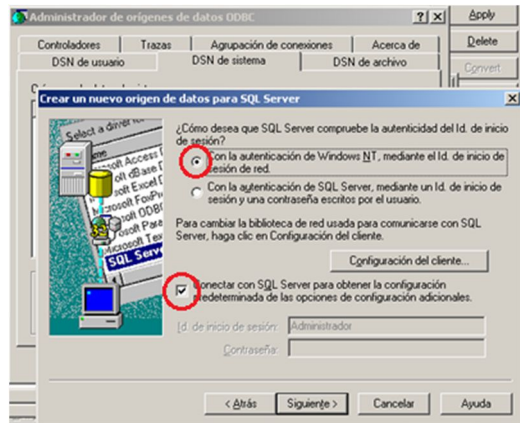


Ilustración C.17 Autenticación de windows

- f. Seleccionar base de datos ISO_14224 como predeterminada, es ahí donde se encuentra la creada la tabla EqRegHoras

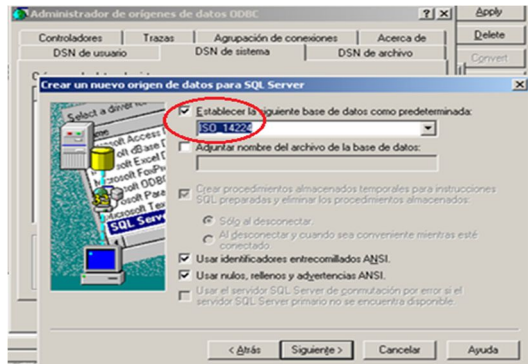


Ilustración C.18 Establecer ISO_14224 como base de datos predeterminada.

- g. Finalizar configuración y realizar pruebas de conectividad.

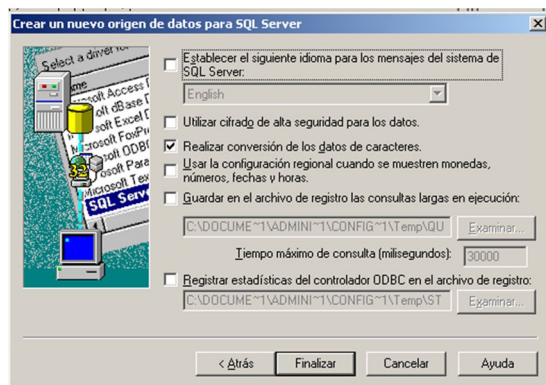


Ilustración C.19 Configuración DNS

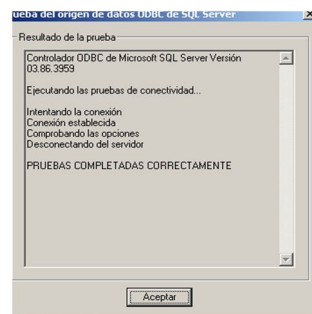


Ilustración C.20 Pruebas de conectividad.

11. Una vez finalizada la creación del DNS de sistema, presionamos Aceptar para regresar a la pantalla de configuración FactoryTalkTransaction Manager.

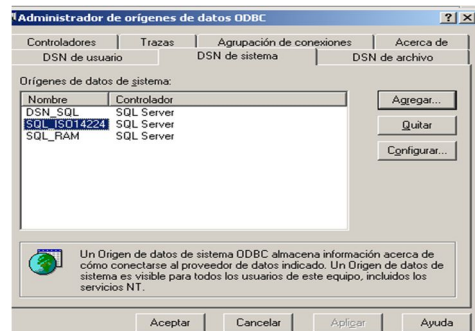


Ilustración C.21 DNS de sistema creado.

12. Seleccionamos en System DSN el nombre del DSN que acabamos de crear: SQL_ISO_14224, y colocamos el usuario y contraseña que configuramos para conectarnos con la base de datos, presionamos Test para verificar conectividad satisfactoria.

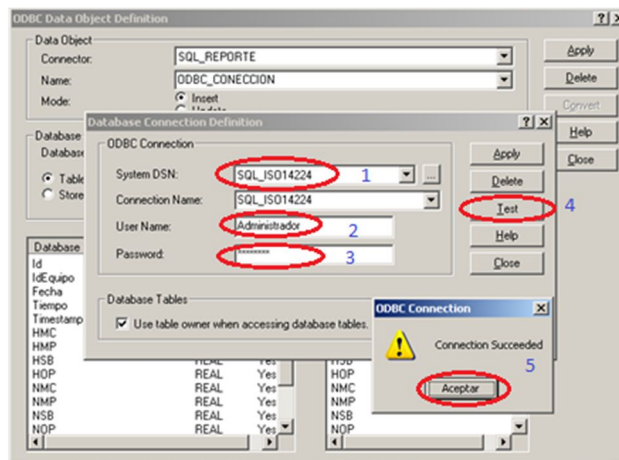


Ilustración C.22 Configuración de conexión ODBC.

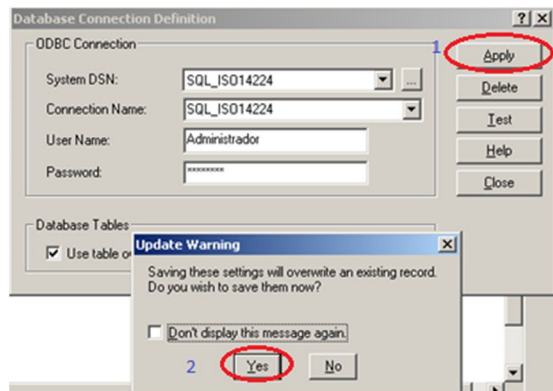


Ilustración C.23 Confirmar configuración de conexión ODBC.

13. Una vez finalizada la configuración de conexión con la base de datos, seleccionamos la tabla o tablas donde se desea almacenar la información proveniente del PLC, para este proyecto seleccionamos la tabla dbo.EqRegHoras que se encuentra en la base de datos ISO_14224, en la parte inferior izquierda aparece la lista de campos que contiene dicha tabla.

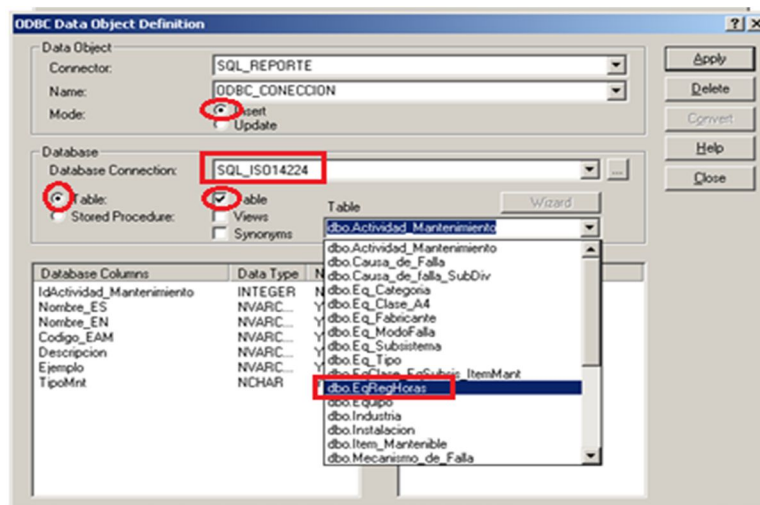


Ilustración C.24 Seleccionar tabla EqRegHoras

14. Seleccionamos únicamente los campos que se necesita.

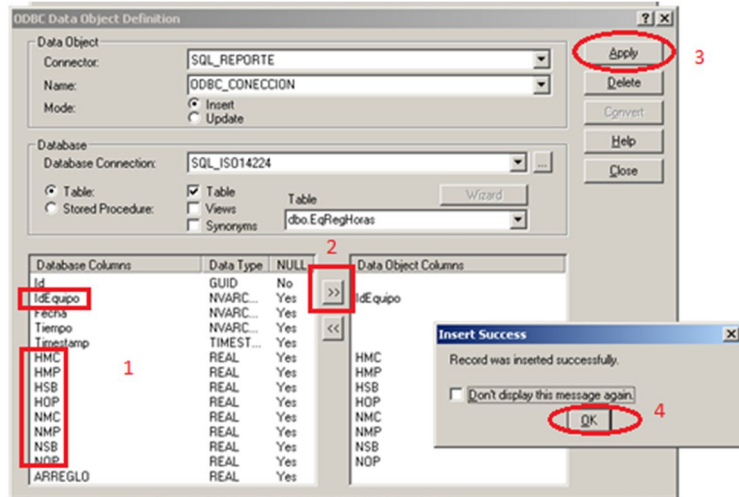


Ilustración C.25 Seleccionar campos necesarios de tabla seleccionada.

15. Hacer clic en Step 5 Define Transactions, en este punto realizamos el enlace entre los campos de la tabla (vía DSN) y los tags del PLC (vía RSLinx).

- Creamos un nombre para la transacción: MG1_REGISTRO (finalizada la creación de MG1_REGISTRO, creamos también MG2_REGISTRO, podemos crear el número de transacciones que deseemos)
- Seleccionamos el Data ObjectName: ODBC_CONECCION (creada en el Step 4)
- En la parte inferior izquierda, por defecto nos aparece la lista de campos configurados en el ODBC_CONECCION.
- A cada Data Object listado debemos asignarle un Data Point, con esto realizamos el enlace para que cada tag del PLC sea almacenado en el campo correspondiente de la tabla.

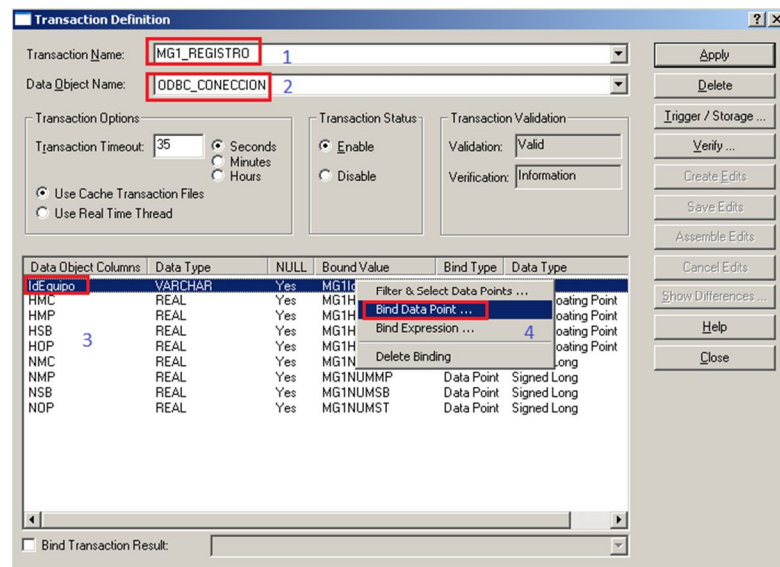


Ilustración C.26 Configuración de transacción.

16. Finalizada la configuración de cada ítem, debemos configurar el Trigger/Storage, es decir, la forma o evento cuando deseamos se realice la transferencia de los datos desde el PLC hacia la tabla SQL, para este caso, se ejecutará cada vez que TRANSFERIR=1, donde, TRANSFERIR está enlazado con un tag del PLC-RAM-SCADA que se activa al final el día (23:59:59 horas), en ese instante en que este tag es verdadero, se disparara el proceso que permite almacenar en la base de datos los parámetros del PLC en campo.

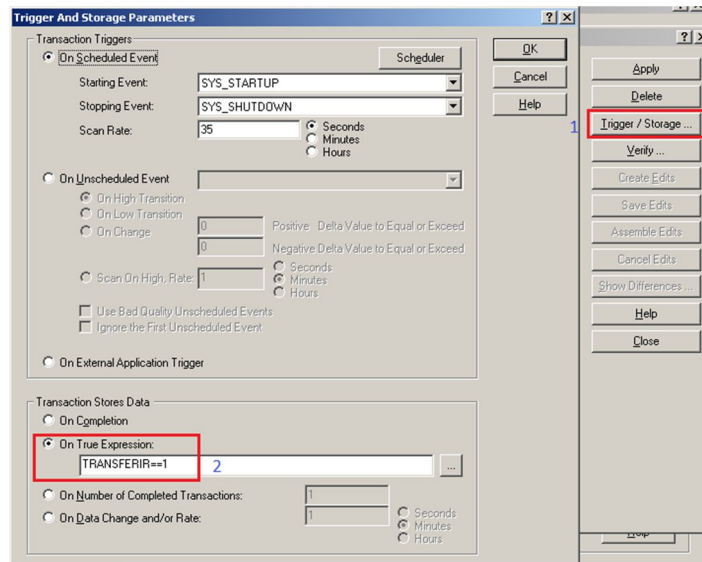


Ilustración C.27 Disparo de registro de datos desde PLC hacia Base de Datos.

- Terminada la configuración de disparo, presionamos Verify para confirmar que no existan errores, luego presionamos Apply para confirmar configuración.

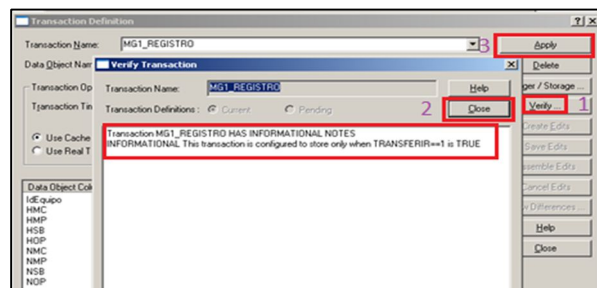


Ilustración C.28 Verificación de configuración de transacción.

- Una vez finalizadas las configuraciones de los 5 (cinco) pasos, se visualiza un visto color verde en cada paso. También se puede realizar una verificación de todas las transacciones configuradas presionando el botón Verify mostrado en la figura siguiente.

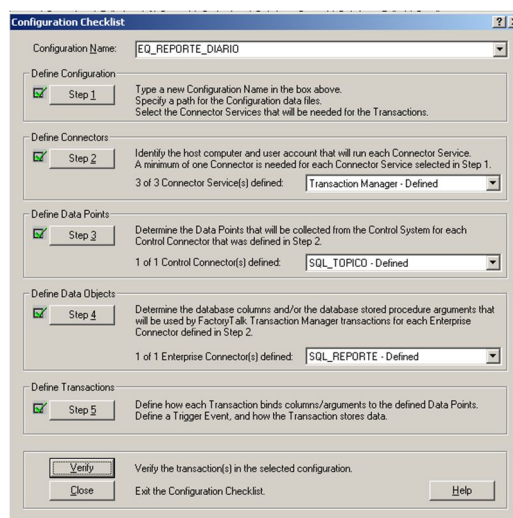


Ilustración C.29 Configuración finalizada

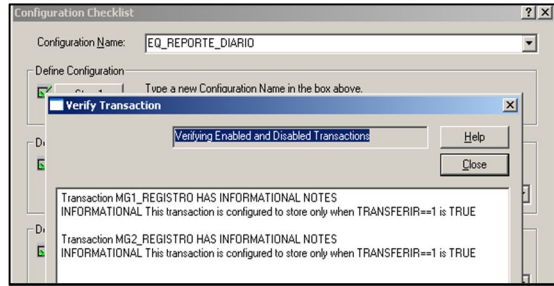


Ilustración C.30 Resultado de verificación de transacciones configuradas.

19. Terminada la verificación total de la configuración, hacer en el botón Close mostrado en la figura C.29, ahora ya podemos visualizar nuestra configuración EQ_REPORTE_DIARIO.



Ilustración C.31 Nueva configuración realizada: EQ_REPORTE_DIARIO.

20. Para activar la transacción, hacer clic en el icono Start, nos pedirá confirmación, hacer clic en SI, inmediatamente entra en funcionamiento. Nótese que el semáforo se encuentra en rojo cuando el proceso está detenido, cambia a verde cuando está en funcionamiento.

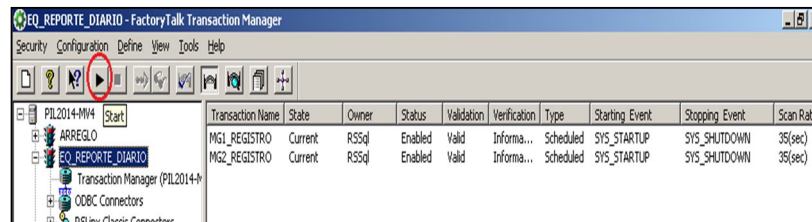


Ilustración C.32 Iniciar Transacción.

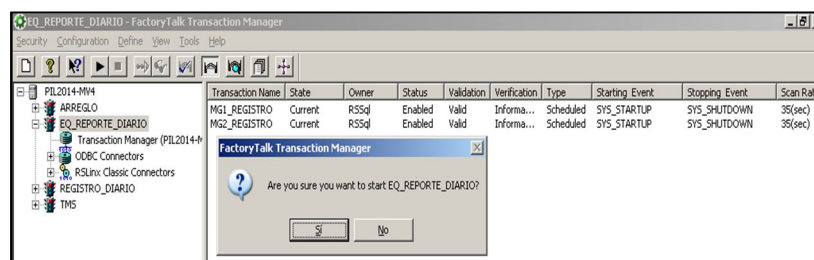


Ilustración C.33 Confirmar Inicio de transacción.

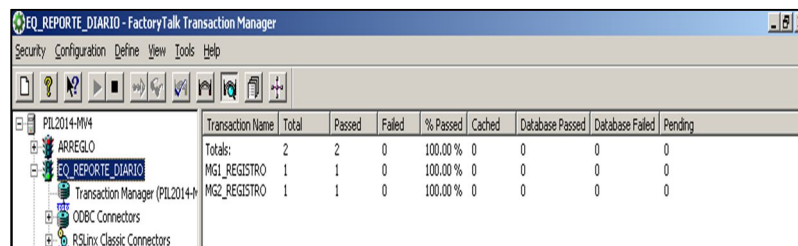


Ilustración C.34 Transacción en funcionamiento.

21. Antes de inicio de transacción, la tabla EqRegHoras no contiene registros, con el transcurso del tiempo, se generará un registro por cada día para cada equipo configurado (MG1 y MG2)

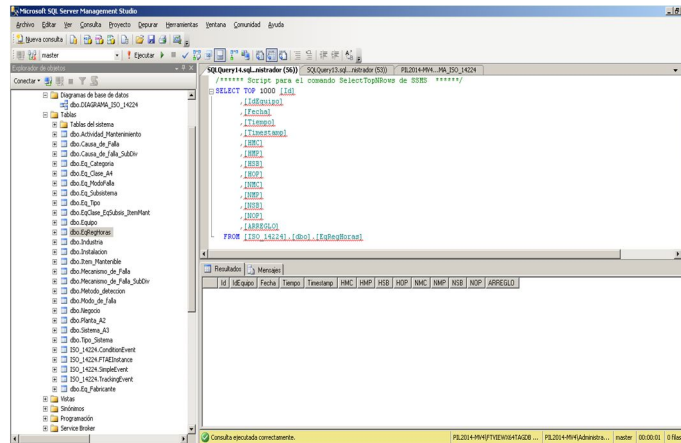


Ilustración C.35 Tabla EqRegHoras.

22. Antes de inicio de transacción, la tabla EqRegHoras no contiene registros, con el transcurso del tiempo, se generará un registro por cada día para cada equipo configurado (MG1 y MG2)
23. En PLC-RAM-SCADA se encuentra programado el tag TRANSFERIR_SQL, el mismo que se activa según la hora del sistema a las 23:59:59 horas, además, resetea todos los contadores y temporizadores para iniciar nuevamente el conteo diario, desde las 00:00:00 horas.

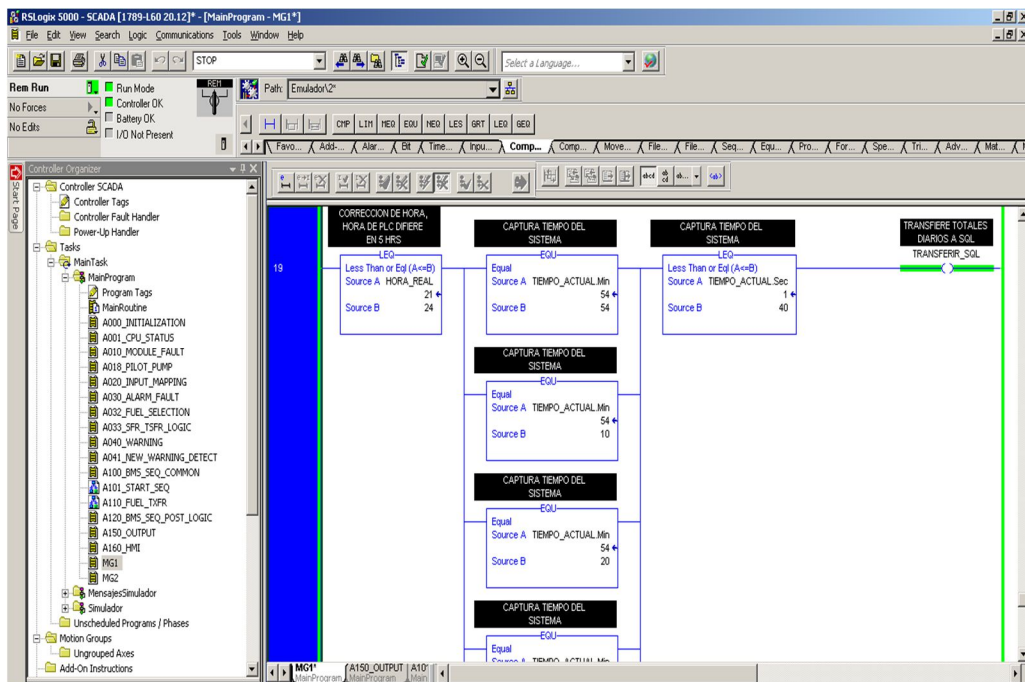


Ilustración C.36 PLC-RAM-SCADA programación de bit TRANSFERIR_SQL que activa la transacción en FT Transaction Manager

Anexo D. Programación del PLC.

SCADA - Controller Tag Listing
SCADA (Controller)

Page 1
31/07/2015 14:32:50

C:\Documents and Settings\Administrador\Mis documentos\B18-SIMULADOR PGE\RAM_SCADA\SCADA.ACD

Show: All Tags
Sort by: Data Type

Name	Data Type	Description
ACTUALIZA_TRANSF	BOOL	BIT PARA ACTIVAR TRANSFERENCIA DE DATOS DESDE PLC A SQL
RAM_RESET	BOOL	RESET DE CONTADORES/TIMERS DIARIO
SQLPRUEBA	BOOL	
START_PERMISSIVE_OK	BOOL	
TRANSFERIR_SQL	BOOL	TRANSFIERE TOTALES DIARIOS A SQL
[-] MG1	Equipo	GENERADOR MG1
MG1.Ack	BOOL	GENERADOR MG1
MG1.AlarmErr	BOOL	GENERADOR MG1 Equipo no se detiene con alarma
MG1.CmdOut	BOOL	GENERADOR MG1 Estado de Equipo
[+] MG1.EQONS	BOOL[32]	GENERADOR MG1 CONTROL DE HORAS (DISPARO)
MG1.MC	BOOL	GENERADOR MG1 Indica que inicia correctivo
MG1.MP	BOOL	GENERADOR MG1 Indica que inicia preventivo
MG1.OP	BOOL	GENERADOR MG1 Indica que esta operando
MG1.Permissive	BOOL	GENERADOR MG1
MG1.Rst	BOOL	GENERADOR MG1
MG1.SB	BOOL	GENERADOR MG1 Indique que inicia stand by
MG1.SMC	BOOL	GENERADOR MG1 Se;al desde HMI de inicio MC
MG1.SMP	BOOL	GENERADOR MG1 Se;al desde HMI de inicio MP
MG1.SOP	BOOL	GENERADOR MG1 Se;al desde HMI de inicio Operacion
MG1.SSB	BOOL	GENERADOR MG1 Se;al desde HMI de inicio Stand By
MG1.StartErr	BOOL	GENERADOR MG1 Falla al arrancar equipo
MG1.StartPB	BOOL	GENERADOR MG1 Se;al de arranque
MG1.StartSignal	BOOL	GENERADOR MG1 Se;al de arranque enviada
MG1.Status	BOOL	GENERADOR MG1 Estado del equipo (funcionando / apagado)
MG1.StopErr	BOOL	GENERADOR MG1 Falla, equipo no se detiene enviado comando stop
MG1.StopFail	BOOL	GENERADOR MG1 Equipo parado por falla
MG1.StopPB	BOOL	GENERADOR MG1 Se;al de apagado
MG1.StopSignal	BOOL	GENERADOR MG1 Se;al de parada enviada
MG1.StpFl	BOOL	GENERADOR MG1
MG1.StpFlAkd	BOOL	GENERADOR MG1
[+] MG1.NUMMC	COUNTER	GENERADOR MG1 Numero de correctivos
[+] MG1.NUMMCT	COUNTER	GENERADOR MG1 Total Numero de correctivos
[+] MG1.NUMMP	COUNTER	GENERADOR MG1 Numero de Preventivos
[+] MG1.NUMMPT	COUNTER	GENERADOR MG1 Total Numero de Preventivos
[+] MG1.NUMSB	COUNTER	GENERADOR MG1 Numero de veces en Stand By

Name	Data Type	Description
MG1.NUMSBT	COUNTER	GENERADOR MG1 Total Numero de veces en Stand By
MG1.NUMSTART	COUNTER	GENERADOR MG1 Numero de arranques
MG1.NUMSTARTT	COUNTER	GENERADOR MG1 Total Numero de arranques
MG1.A	REAL	GENERADOR MG1 DISPONIBILIDAD= MTBF / (MTBF + MTTR)
MG1.F	REAL	GENERADOR MG1 IN-FIABILIDAD = 1 - R(t)
MG1.HMC	REAL	GENERADOR MG1 Horas MC por dia
MG1.HMCT	REAL	GENERADOR MG1 Acumulado: Horas MC
MG1.HMP	REAL	GENERADOR MG1 Horas Diarias MP
MG1.HMPT	REAL	GENERADOR MG1 Acumulado: Horas MP
MG1.HOP	REAL	GENERADOR MG1 Horas diarias Operacion
MG1.HOPT	REAL	GENERADOR MG1 Acumulado: Horas Operacion
MG1.HSB	REAL	GENERADOR MG1 Horas diarias stand by
MG1.HSBT	REAL	GENERADOR MG1 Acumulado: Horas stand by
MG1.M	REAL	GENERADOR MG1 Mantenibilidad = $1 - \exp(-((1/MTTR)*t))$
MG1.MTBF	REAL	GENERADOR MG1 Tiempo Medio entre Reparacion = Total Hrs. Operacion / Numero de fallos
MG1.MTTR	REAL	GENERADOR MG1 Tiempo Medio de Reparacion = Tiempo Total de reparacion / numero de fallos
MG1.R	REAL	GENERADOR MG1 CONFIABILIDAD = $\exp(-((1/MTBF)*t))$
MG1.Tfallo	REAL	GENERADOR MG1 Tasa de fallo = $1/MTBF = \text{Total fallas} / \text{Total Hrs. Periodo Operacion}$
MG1.Trep	REAL	GENERADOR MG1 Tasa de repacion = $1/MTTR$
MG1.IdEquipo	STRING	GENERADOR MG1 TAG de equipo
MG1.HDMC	TIMER	GENERADOR MG1 Horas MC por dia
MG1.HDMCT	TIMER	GENERADOR MG1 Total Horas MC
MG1.HDMP	TIMER	GENERADOR MG1 Horas Diarias MP
MG1.HDMPT	TIMER	GENERADOR MG1 Total Horas MP
MG1.HDOP	TIMER	GENERADOR MG1 Horas diarias Operacion
MG1.HDOPT	TIMER	GENERADOR MG1 Totla Horas Operacion
MG1.HDSB	TIMER	GENERADOR MG1 Horas diarias stand by
MG1.HDSBT	TIMER	GENERADOR MG1 Total Horas stand by
MG2	Equipo	GENERADOR MG2
MG2.Ack	BOOL	GENERADOR MG2
MG2.AlarmErr	BOOL	GENERADOR MG2 Equipo no se detiene con alarma
MG2.CmdOut	BOOL	GENERADOR MG2 Estado de Equipo
MG2.EQONS	BOOL[32]	GENERADOR MG2 CONTROL DE HORAS (DISPARO)
MG2.MC	BOOL	GENERADOR MG2 Indica que inicia correctivo
MG2.MP	BOOL	GENERADOR MG2 Indica que inicia preventivo

Name	Data Type	Description
MG2.OP	BOOL	GENERADOR MG2 Indica que esta operando
MG2.Permissive	BOOL	GENERADOR MG2
MG2.Rst	BOOL	GENERADOR MG2
MG2.SB	BOOL	GENERADOR MG2 Indique que inicia stand by
MG2.SMC	BOOL	GENERADOR MG2 Se;al desde HMI de inicio MC
MG2.SMP	BOOL	GENERADOR MG2 Se;al desde HMI de inicio MP
MG2.SOP	BOOL	GENERADOR MG2 Se;al desde HMI de inicio Operacion
MG2.SSB	BOOL	GENERADOR MG2 Se;al desde HMI de inicio Stand By
MG2.StartErr	BOOL	GENERADOR MG2 Falla al arrancar equipo
MG2.StartPB	BOOL	GENERADOR MG2 Se;al de arranque
MG2.StartSignal	BOOL	GENERADOR MG2 Se;al de arranque enviada
MG2.Status	BOOL	GENERADOR MG2 Estado del equipo (funcionando / apagado)
MG2.StopErr	BOOL	GENERADOR MG2 Falla, equipo no se detiene enviado comando stop
MG2.StopFail	BOOL	GENERADOR MG2 Equipo parado por falla
MG2.StopPB	BOOL	GENERADOR MG2 Se;al de apagado
MG2.StopSignal	BOOL	GENERADOR MG2 Se;al de parada enviada
MG2.StpFl	BOOL	GENERADOR MG2
MG2.StpFlAkd	BOOL	GENERADOR MG2
MG2.NUMMC	COUNTER	GENERADOR MG2 Numero de correctivos
MG2.NUMMCT	COUNTER	GENERADOR MG2 Total Numero de correctivos
MG2.NUMMP	COUNTER	GENERADOR MG2 Numero de Preventivos
MG2.NUMMPT	COUNTER	GENERADOR MG2 Total Numero de Preventivos
MG2.NUMSB	COUNTER	GENERADOR MG2 Numero de veces en Stand By
MG2.NUMSBT	COUNTER	GENERADOR MG2 Total Numero de veces en Stand By
MG2.NUMSTART	COUNTER	GENERADOR MG2 Numero de arranques
MG2.NUMSTARTT	COUNTER	GENERADOR MG2 Total Numero de arranques
MG2.A	REAL	GENERADOR MG2 DISPONIBILIDAD= MTBF / (MTBF + MTTR)
MG2.F	REAL	GENERADOR MG2 IN-FIABILIDAD = 1 - R(t)
MG2.HMC	REAL	GENERADOR MG2 Horas MC por dia
MG2.HMCT	REAL	GENERADOR MG2 Acumulado: Horas MC
MG2.HMP	REAL	GENERADOR MG2 Horas Diarias MP
MG2.HMPT	REAL	GENERADOR MG2 Acumulado: Horas MP
MG2.HOP	REAL	GENERADOR MG2 Horas diarias Operacion
MG2.HOPT	REAL	GENERADOR MG2 Acumulado: Horas Operacion
MG2.HSB	REAL	GENERADOR MG2 Horas diarias stand by

Name	Data Type	Description
-MG2.HSBT	REAL	GENERADOR MG2 Acumulado: Horas stand by
-MG2.M	REAL	GENERADOR MG2 Mantenibilidad = $1 - \exp(-((1/MTRR)*t))$
-MG2.MTBF	REAL	GENERADOR MG2 Tiempo Medio entre Reparacion = Total Hrs. Operacion / Numero de fallos
-MG2.MTRR	REAL	GENERADOR MG2 Tiempo Medio de Reparacion = Tiempo Total de reparacion / numero de fallos
-MG2.R	REAL	GENERADOR MG2 CONFIABILIDAD = $\exp(-((1/MTBF)*t))$
-MG2.Tfallo	REAL	GENERADOR MG2 Tasa de fallo = $1/MTBF = \text{Total fallas} / \text{Total Hrs. Periodo Operacion}$
-MG2.Trep	REAL	GENERADOR MG2 Tasa de repacion = $1/MTRR$
⊕-MG2.IdEquipo	STRING	GENERADOR MG2 TAG de equipo
⊕-MG2.HDMC	TIMER	GENERADOR MG2 Horas MC por dia
⊕-MG2.HDMCT	TIMER	GENERADOR MG2 Total Horas MC
⊕-MG2.HDMP	TIMER	GENERADOR MG2 Horas Diarias MP
⊕-MG2.HDMPT	TIMER	GENERADOR MG2 Total Horas MP
⊕-MG2.HDOP	TIMER	GENERADOR MG2 Horas diarias Operacion
⊕-MG2.HDOPT	TIMER	GENERADOR MG2 Totla Horas Operacion
⊕-MG2.HDSB	TIMER	GENERADOR MG2 Horas diarias stand by
⊕-MG2.HDSBT	TIMER	GENERADOR MG2 Total Horas stand by
⊕-MG3	Equipo	GENERADOR MG3
⊕-MG4	Equipo	GENERADOR MG4
⊕-TIEMPO_ACTUAL	FECHA_HORA	CAPTURA TIEMPO DEL SISTEMA
⊕-HORA_REAL	INT	CORRECCION DE HORA, HORA DE PLC DIFIERE EN 5 HRS
⊕-TIEMPOAUXILIAR	INT	
⊕-ARREGLO	REAL[10]	
AUXREAL	REAL	AUXILIAR PARA DECIMALES
FLOTANTE	REAL	
TEMP_REAL	REAL	
⊕-IdEquipo	STRING	TAG DE EQUIPO MG1=MG-HE101
⊕-T1	TIMER	
⊕-T2	TIMER	

Ilustración D.1 Lista de Instrument Tags creados en PLC-SCADA.

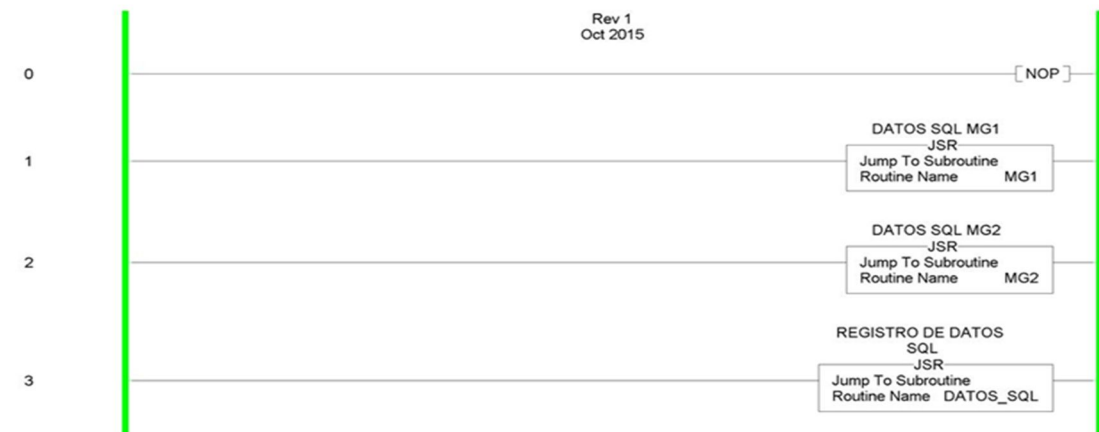
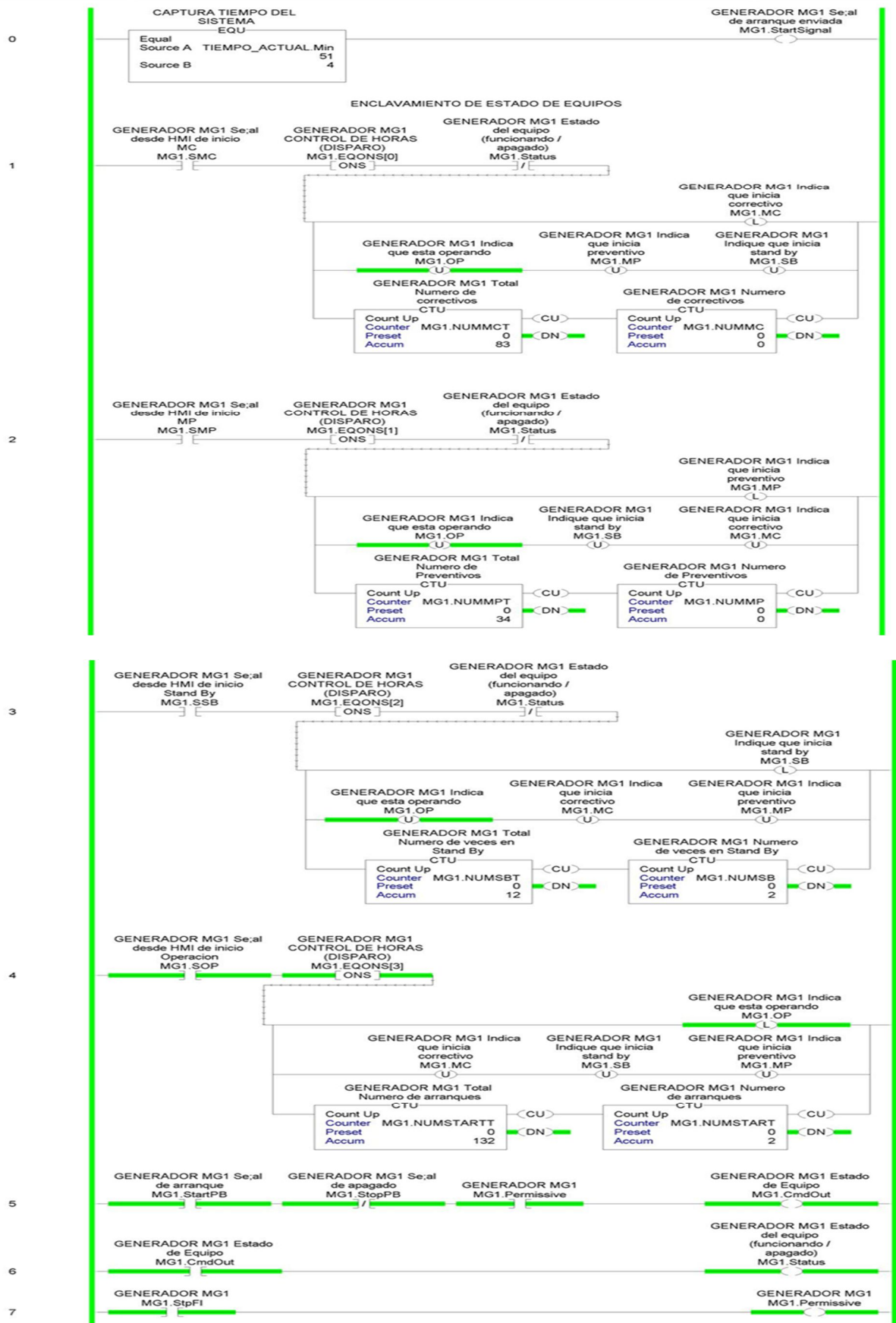


Ilustración D.2 Programa Principal



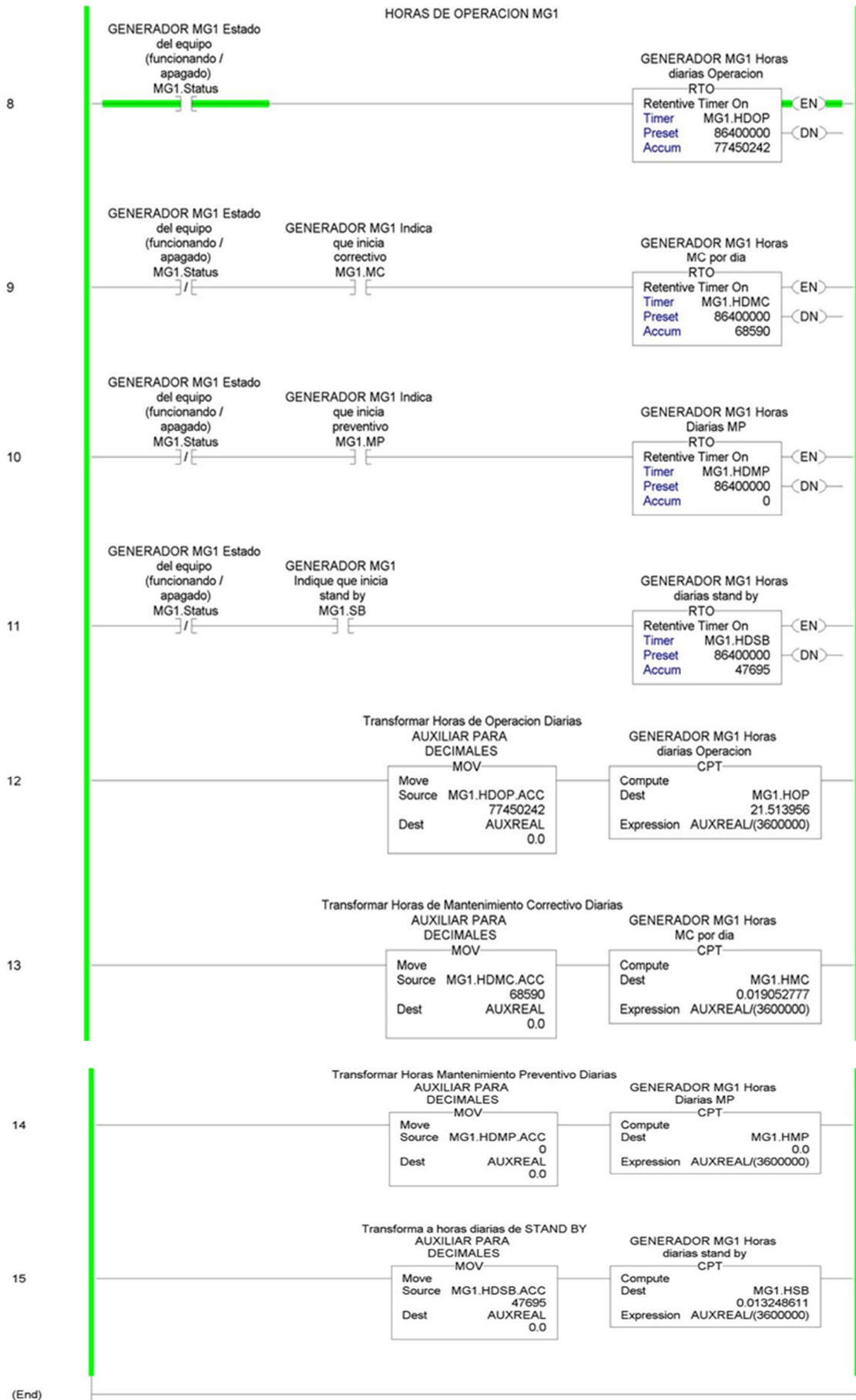
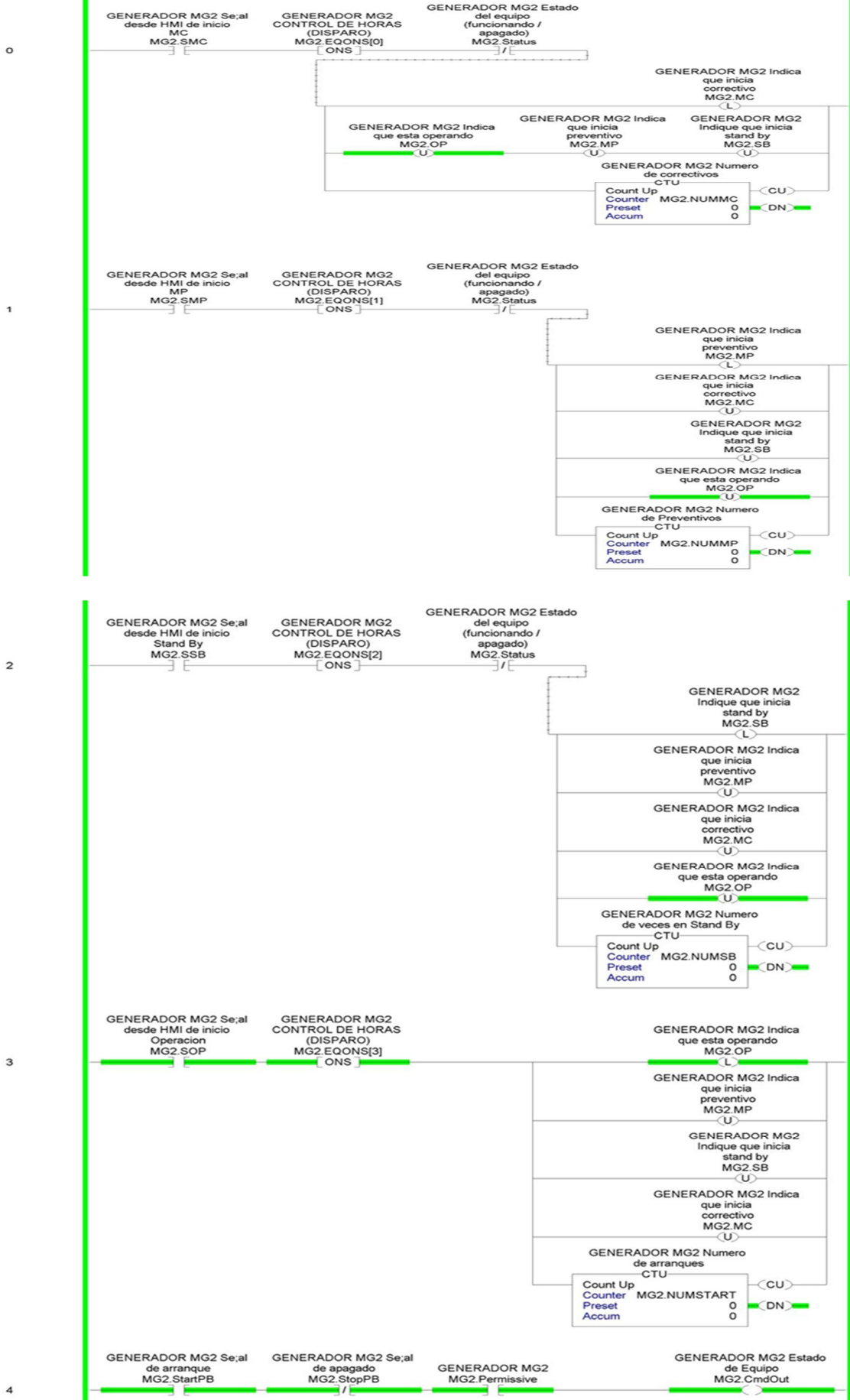


Ilustración D.3 Programación para registro de parámetros: MG1

ENCLAVAMIENTO DE ESTADO DE EQUIPOS



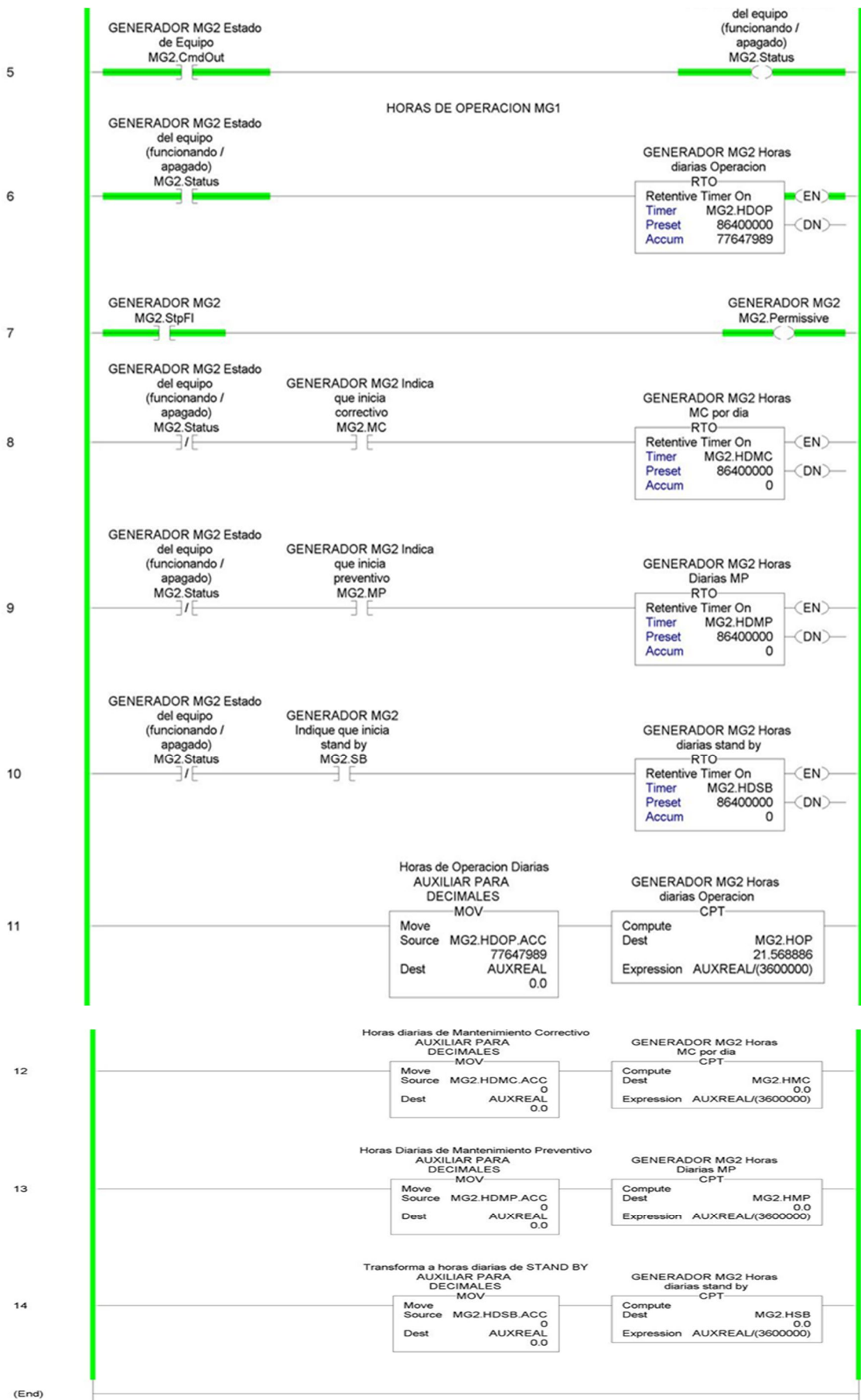


Ilustración D.4 Programación para registro de parámetros: MG2

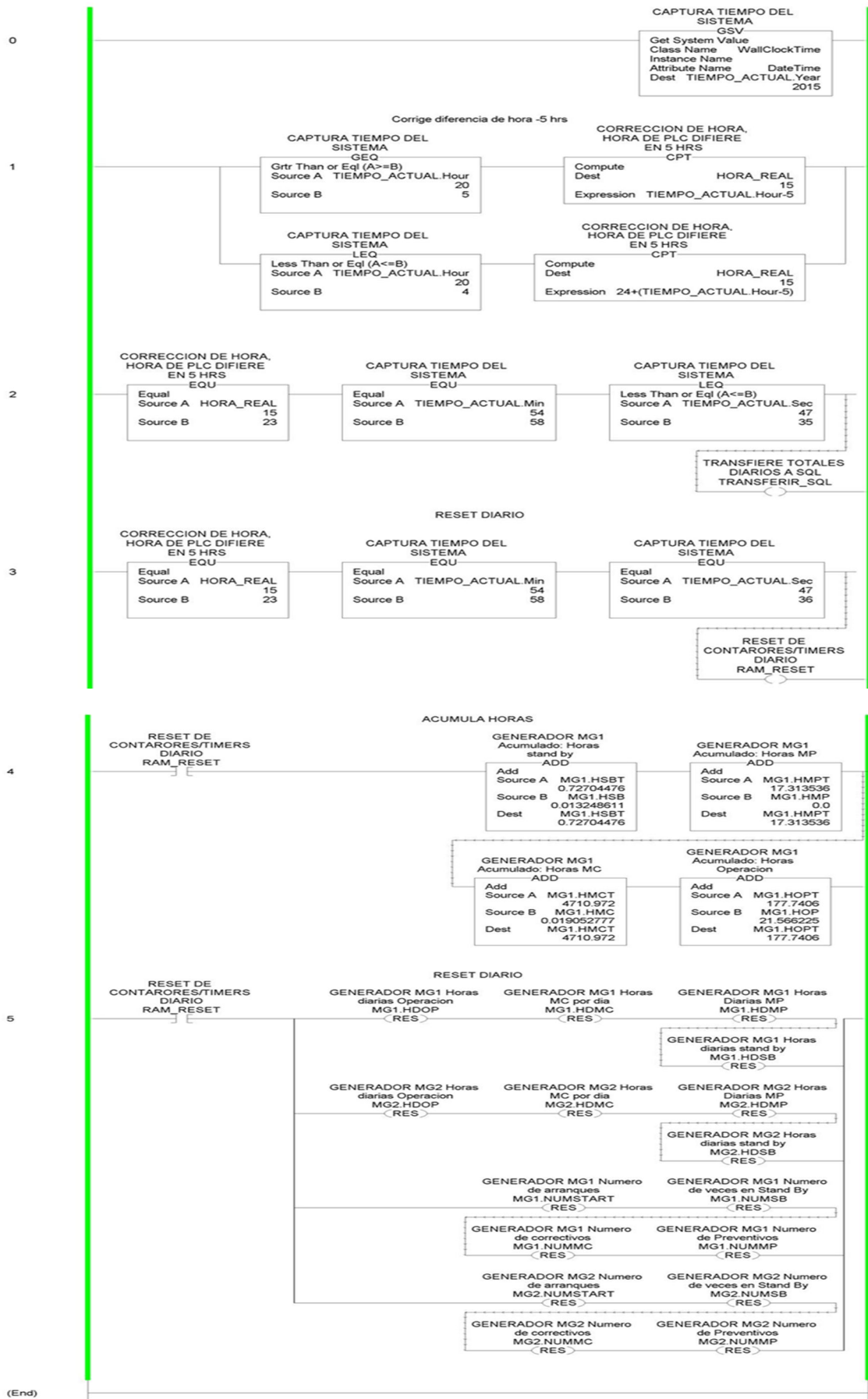


Ilustración D.5 Programación para transferir datos a SQL y reset de contadores de MG1 y MG2.

Anexo E. Estudio FMEA

ESTUDIO FMEA DE GRUPO ELECTRÓNICO MG1

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 5380 KW	Mala combustión en los cilindros que produce alta o baja temperatura en los mismos	BAJA SALIDA	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 5380 KW	Daño en los componentes internos de cabezotes: asientos y discos de válvulas, válvulas descalabradas	ROTURA	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 5380 KW	Daño en los componentes internos de los cilindros: anillos, pistones, liners	ROTURA	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 5380 KW	Baja presión combustible.	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 5380 KW	Viscosidad del combustible fuera de rango (10 a 12 cst). Sera analizado en Sist Combustible	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 5380 KW	Bomba(s) de inyección defectuosa(s)	PROBLEMA MENOR EN SERVICIO	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 5380 KW	Inyector obstruido o aguja de inyector pegada	PROBLEMA MENOR EN SERVICIO	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 5380 KW	Turbo cargador(es) defectuoso(s) o sucio(s)	ROTURA	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 5380 KW	Obstrucción en el filtro de aire	RESTRICION DE FLUJO	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	Motor no arranca cuando se requiere	Presión de aire en las botellas es muy baja	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	FALLA DE ARRANQUE DEL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	Motor no arranca cuando se requiere	Válvula solenoide de paso de aire hacia el arrancador presenta defectos	ROTURA	FALLA DE ARRANQUE DEL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 5380 KW a 720 RPM	Motor no arranca cuando se requiere	Sistema de aire de arranque defectuoso	ROTURA	FALLA DE ARRANQUE DEL MOTOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Operar en condiciones óptimas de vibración y temperaturas	Operar con vibraciones elevadas en bancada	Mala combustión en los cilindros	VIBRACION	PARADA PARA CAMBIO DE COMPONENTES DEL CILINDRO
Motor MG1 12CM32 CAT	Operar en condiciones óptimas de vibración y temperaturas	Operar con vibraciones elevadas en bancada	Des alineamiento entre el motor y el generador	VIBRACION	PARADA PARA ALINEAR MOTOR-GENERADOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Operar en condiciones óptimas de vibración y temperaturas	Operar con vibraciones elevadas en bancada	Daño en cojinete de bancada, muñones de biela, árbol de levas, engranajes	VIBRACION	PARADA PARA CAMBIO DE COMPONENTES EN MAL ESTADO
Motor MG1 12CM32 CAT	Operar en condiciones óptimas de vibración y temperaturas	Operar con altas temperaturas de cojinetes de bancadas	Daño en cojinete de bancada, muñón de biela, árbol de levas, engranajes	SOBRECALENTAMIENTO	PARADA PARA CAMBIO DE COMPONENTES EN MAL ESTADO
Motor MG1 12CM32 CAT	Operar a una velocidad constante de 720 RPM	Presentar oscilaciones en la velocidad de giro y carga del motor	Excesiva tolerancia en el palancaje que conecta el gobernador con las bombas de inyección	SALIDA ERRATICA	PARADA PARA CAMBIO DE COMPONENTES DEL PALANCAJE
Motor MG1 12CM32 CAT	Operar a una velocidad constante de 720 RPM	Presentar oscilaciones en la velocidad de giro y carga del motor	Actuador Woodward UG40 defectuoso	SALIDA ERRATICA	PARADA PARA CAMBIO DE ACTUADOR
Motor MG1 12CM32 CAT	Operar a una velocidad constante de 720 RPM	Presentar oscilaciones en la velocidad de giro y carga del motor	Desgaste en los dientes de la cremallera de la bomba(s) de inyección	SALIDA ERRATICA	PARADA PARA CAMBIO DE BOMBAS DE INYECCIÓN
Filtro de aire CF101	Filtrar el aire de carga para la combustión	No filtrar el aire para la combustión	Daño en la caja de engranaje que hace girar la cortina	ROTURA	PARADA PARA CAMBIO DE ENGRANAJES DEL FILTRO
Filtro de aire CF101	Filtrar el aire de carga para la combustión	No filtrar el aire para la combustión	Bajo nivel de aceite	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Filtro de aire CF101	Filtrar el aire de carga para la combustión	Causar restricción en el flujo de aire (Alto DP)	Contaminación de aceite del filtro de aire	RESTRICION DE FLUJO	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
Silenciador de aire CN101	Disminuir el ruido en la corriente de aire de entrada al motor	Generación de alto ruido en el silenciador	Daño en los componentes internos del silenciador	ROTURA	POSIBLE DAÑO EN VÁLVULAS Y CILINDROS DEL MOTOR
Silenciador de aire CN101	Disminuir el ruido en la corriente de aire de entrada al motor	Generación de alto ruido en el silenciador	Colocación incorrecta del silenciador	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Silenciador de aire CN101	Disminuir el ruido en la corriente de aire de entrada al motor	Generación de alto ruido en el silenciador	Obstrucción interna del silenciador	RESTRICION DE FLUJO	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbo cargador EC101	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Compresión ineficiente del aire para la combustión	Impulsor del compresor sucio	PROBLEMA MENOR EN SERVICIO	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbo cargador EC101	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con baja RPM	Desgaste entre los alabes de la turbina	VIBRACION	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbo cargador EC101	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con baja RPM	Daño en los cojinetes del turbocompresor, anillos de laberinto de sellos	ROTURA	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbo cargador EC101	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con alta RPM	Obstrucción en el anillo tobera de la turbina. Acumulación de depósitos en los alabes (blades) de la turbina y/o compresor	RESTRICION DE FLUJO	RIESGO DE SOBREVOLUCIDAD EN EL TURBOCOMPRESOR
Turbo cargador EC102	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Compresión ineficiente del aire para la combustión	Impulsor del compresor sucio	PROBLEMA MENOR EN SERVICIO	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbo cargador EC102	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con baja RPM	Desgaste entre los alabes de la turbina	VIBRACION	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbo cargador EC102	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con baja RPM	Daño en los cojinetes del turbocompresor, anillos de laberinto de sellos	ROTURA	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbo cargador EC102	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con alta RPM	Obstrucción en el anillo tobera de la turbina. Acumulación de depósitos en los alabes (blades) de la turbina y/o compresor	RESTRICION DE FLUJO	RIESGO DE SOBREVOLUCIDAD EN EL TURBOCOMPRESOR
Enfriador aire de carga (AT) CH101	Enfriar el aire de salida del turbocompresor	No enfriar el aire del turbocompresor	Obstrucción o ensuciamiento en el enfriador (lado agua)	SOBRECALENTAMIENTO	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Enfriador aire de carga (AT) CH101	Enfriar el aire de salida del turbocompresor	No enfriar el aire del turbocompresor	Obstrucción o ensuciamiento en el enfriador (lado aire)	SOBRECALENTAMIENTO	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Enfriador aire de carga (AT) CH101	Retirar humedad del aire de salida del turbocompresor	No retirar la humedad del aire para el motor	Obstrucción de la válvula manual	RESTRICION DE FLUJO	PASO DE AGUA A CILINDROS. RIESGO DE DAÑO EN CILINDROS Y CULATAS
Enfriador aire de carga (AT) CH101	Contener el agua dentro del mismo	Dejar escapar agua a la atmosfera	Escape de agua por los empaques	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE AGUA A LA ATMÓSFERA
Enfriador aire de carga (AT) CH101	Contener el agua dentro del mismo	Dejar pasar agua al lado de aire	Rotura de tubos	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	PASO DE AGUA A CILINDROS. RIESGO DE DAÑO EN CILINDROS Y CULATAS
Enfriador aire de carga (AT) CH101	Contener el aire dentro del mismo	Dejar escapar aire a la atmosfera	Escape de aire por los empaques	FUGA DE AIRE	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Enfriador aire de carga (BT) CH102	Enfriar el aire de salida del turbocompresor	No enfriar el aire del turbocompresor	Obstrucción o ensuciamiento en el enfriador (lado agua)	RESTRICION DE FLUJO	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Enfriador aire de carga (BT) CH102	Enfriar el aire de salida del turbocompresor	No enfriar el aire del turbocompresor	Obstrucción o ensuciamiento en el enfriador (lado aire)	RESTRICION DE FLUJO	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Enfriador aire de carga (BT) CH102	Retirar humedad del aire de salida del turbocompresor	No retirar la humedad del aire para el motor	Obstrucción de la válvula manual	RESTRICION DE FLUJO	PASO DE AGUA A CILINDROS. RIESGO DE DAÑO EN CILINDROS Y CULATAS
Enfriador aire de carga (BT) CH102	Contener el agua dentro del mismo	Dejar escapar agua a la atmosfera	Escape de agua por los empaques	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE AGUA A LA ATMÓSFERA
Enfriador aire de carga (BT) CH102	Contener el agua dentro del mismo	Dejar pasar agua al lado de aire	Rotura de tubos	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	PASO DE AGUA A CILINDROS. RIESGO DE DAÑO EN CILINDROS Y CULATAS
Enfriador aire de carga (BT) CH102	Contener el aire dentro del mismo	Dejar escapar aire a la atmosfera	Escape de aire por los empaques	FUGA DE AIRE	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Silenciador de gases de escape EN101	Disminuir el ruido en la corriente de aire de gases de salida del motor	Generación de alto ruido en el silenciador	Daño en los componentes internos del silenciador	ROTURA	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE GASES DE SALIDA DEL MOTOR
Silenciador de gases de escape EN101	Disminuir el ruido en la corriente de aire de gases de salida del motor	Generación de alto ruido en el silenciador	Colocación incorrecta del silenciador	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE GASES DE SALIDA DEL MOTOR
Silenciador de gases de escape EN101	Disminuir el ruido en la corriente de aire de gases de salida del motor	Generación de alto ruido en el silenciador	Obstrucción interna del silenciador	RESTRICION DE FLUJO	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE GASES DE SALIDA DEL MOTOR

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Chimenea gases de escape EX1701	Conducir los gases de escape del motor a la atmosfera	Dejar escapar gases por el cuerpo de la chimenea	Presentar corrosión en el metal de la chimenea	DEFICIENCIA ESTRUCTURAL	SALIDA DE GASES POR EL CUERPO DE LA CHIMENEA
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Convertir la energía mecánica del motor en energía eléctrica, máximo 5380 KW a 13.8 KW	No ser capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica	Ausencia del campo magnético	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MOTOR PARA REVISIÓN DE EXCITATRIZ Y REGULADOR DE VOLTAJE.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Convertir la energía mecánica del motor en energía eléctrica, máximo 5380 KW a 13.8 KW	No ser capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica	No cierre del interruptor principal. Falla del sistema de sincronización	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA REVISIÓN DE SEÑALES Y BREAKER PRINCIPAL.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Convertir la energía mecánica del motor en energía eléctrica, máximo 5380 KW a 13.8 KW	No ser capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica	Voltajes no balanceados en las fases	FALLA VOLTAJE DE SALIDA	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DE LA TURBINA PARA REVISIÓN DE LOS VOLTAJES Y DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Convertir la energía mecánica del motor en energía eléctrica, máximo 5380 KW a 13.8 KW	No ser capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica	Falla en el sistema de sincronización automática	FALLA EN SINCRONIZACIÓN	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DE LA TURBINA PARA REVISIÓN DEL SINCRONIZADOR.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Convertir la energía mecánica del motor en energía eléctrica, máximo 5380 KW a 13.8 KW	No ser capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica	Falla en el sistema de sincronización manual	FALLA EN SINCRONIZACIÓN	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA REVISIÓN DEL SINCRONIZADOR.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Desalineamiento entre motor-generador	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA ALINEACIÓN MOTOR-GENERADOR.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Desgaste en los cojinetes del generador	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA CAMBIO DE COJINETES DEL GENERADOR.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Desbalanceo mecánico y/o eléctrico del rotor del generador	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA REALIZAR BALANCEO DEL GENERADOR.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Daño en el acople. Se tratara en el punto del acople	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA REALIZAR CAMBIO DE ACOPLE.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Problemas eléctricos del campo magnético	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DEL CAMPO MAGNÉTICO.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Acumulación de sucio en el ventilador	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA LIMPIAR VENTILADOR.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas temperaturas en los cojinetes	Desgaste o superficie rugosa del anillo de lubricación	SOBRECALENTAMIENTO	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA CAMBIO DE ANILLOS DE LUBRICACIÓN.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA 58CL14/10P	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas temperaturas en los cojinetes	Aceite de viscosidad incorrecta	SOBRECALENTAMIENTO	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA CAMBIO DE ACEITE.
Generador eléctrico Leroy Somer tipo LSA58CL14/10P	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas temperaturas en los cojinetes	Alto y/o bajo nivel de aceite de lubricación	SOBRECALENTAMIENTO	POSIBLE DAÑO EN COJINETES DEL GENERADOR
Sistema de enfriamiento de aire	Enfriar los devanados adecuadamente	No ser capaz de enfriar los devanados en forma adecuada	Taponamiento de los filtros de aire	SOBRECALENTAMIENTO	POSIBLE DAÑO EN LARGO PLAZO DE LOS DEVANADOS.
Sistema de enfriamiento de aire	Enfriar los devanados adecuadamente	No ser capaz de enfriar los devanados en forma adecuada	Deficiencia en la circulación de aire en la sala de maquinas	SOBRECALENTAMIENTO	POSIBLE DAÑO EN LARGO PLAZO DE LOS DEVANADOS.
Ventilador de enfriamiento	Impulsar el aire para enfriamiento del generador	Suministrar aire insuficiente para el enfriamiento	Ensuciamiento del impulsor del ventilador	SOBRECALENTAMIENTO	POSIBLE DAÑO EN LARGO PLAZO DE LOS DEVANADOS.
Ventilador de enfriamiento	Impulsar el aire para enfriamiento del generador	Suministrar aire insuficiente para el enfriamiento	Desgaste en las aspas del ventilador del rotor	SOBRECALENTAMIENTO	POSIBLE DAÑO EN LARGO PLAZO DE LOS DEVANADOS.
Acople Motor-Generador Vulkan RATO R G332TR	Transmitir el torque y la potencia del motor al generador	No transmitir el torque del motor al generador	Daño grave en el acople	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA CAMBIO DEL ACOPLE

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
Compresores de aire AC001/002 de pistón	Suministrar 22366 scfm de aire a 435 psig a las botellas de aire comprimido	No suministrar aire comprimido a las botellas (vessels o pulmones)	Daño en los componentes internos del compresor: camisas, cabezotes de alta y baja presión, válvulas, acople motor compresor	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. SON 2 COMPRESORES
Compresores de aire AC001/002 de pistón	Suministrar 22366 scfm de aire a 435 psig a las botellas de aire comprimido	No suministrar aire comprimido a las botellas (vessels o pulmones)	Material extraño (residuos de carbón) hace que quede abierta la electroválvula	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA PARA REPARAR LA ELECTROVÁLVULA.
Compresores de aire AC001/002 de pistón	Suministrar 22366 scfm de aire a 435 psig a las botellas de aire comprimido	No suministrar aire comprimido a las botellas (vessels o pulmones)	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. SON 2 COMPRESORES
Compresores de aire AC001/002 de pistón	Suministrar 22366 scfm de aire a 435 psig a las botellas de aire comprimido	No suministrar aire comprimido a las botellas (vessels o pulmones)	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DEL COMPRESOR EN STAND-BY.
Botellas de aire comprimido AT001/002	Almacenar 132 galones de aire comprimido a 435 psig	Escape de aire a la atmosfera	Escape de aire por los empaques, bridas y accesorios (conexiones, tubings)	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. SON 2 COMPRESORES. CORRECCIÓN DE ESCAPE.
Filtros de aire comprimido AF001/002	Filtrar el aire para instrumentos	No filtrar el aire de instrumentos	Daño del filtro de aire	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PASA AIRE SIN FILTRAR A CILINDROS DEL MOTOR.
Válvulas de regulación de presión aire instrumentos AR001/002	Reducir la presión del aire comprimido a 7.2 barg para usarlos en los instrumentos	Falta de regulación de presión de aire	Daño en los componentes internos: diafragma, resorte, presencia de humedad	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. REPARACIÓN DEL REGULADOR.
Secador de aire instrumentos AS001 tipo refrigeración	Extraer la humedad del aire para instrumentos	Dejar pasar humedad en el aire de instrumentación	Daño en el secador de aire de refrigeración. (Está actualmente dañado)	FALLA AL ARRANQUE	PASO DE AIRE HÚMEDO A VÁLVULAS DE 3 VÍAS DEL MG1.
Carter del motor LT101	Contener el aceite lubricante del motor	Presentar escape de aceite a la atmosfera	Escape de aceite por empaques y accesorios	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA. PARADA DEL MG1 PARA CORREGIR ESCAPE
Separadora centrifuga de aceite LS101	Separar los lodos (depósitos de la combustión) y el agua que se forman en el aceite de lubricación (7.3 GPM)	No ser capaz de separar los lodos y el agua del aceite en forma eficiente	Taponamiento del filtro de entrada a la separadora	RESTRICION DE FLUJO	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. LIMPIAR FILTRO DE SUCCIÓN.
Separadora centrifuga de aceite LS101	Separar los lodos (depósitos de la combustión) y el agua que se forman en el aceite de lubricación (7.3 GPM)	No ser capaz de separar los lodos y el agua del aceite en forma eficiente	Falla en los empaques (elastómeros o-rings) del bowl (tazón)	RESTRICION DE FLUJO	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. CAMBIAR EMPAQUES DEL BOWL.
Separadora centrifuga de aceite LS101	Calentar el aceite a la separadora	No calentar el aceite a la temperatura adecuada	Acumulación de depósitos en el aceite que obstruyen el calentador	RESTRICION DE FLUJO	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. LIMPIAR CALENTADOR DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora LP103	Suministrar 7.3 GPM de aceite a la separadora de aceite lubricación	No suministrar aceite a la separadora de aceite a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. REPARAR BOMBA DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora LP103	Suministrar 7.3 GPM de aceite a la separadora de aceite lubricación	No suministrar aceite a la separadora de aceite a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. CAMBIAR ACOPLE DE BOMBA DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora LP103	Suministrar 7.3 GPM de aceite a la separadora de aceite lubricación	No suministrar aceite a la separadora de aceite a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	ROTURA	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. CAMBIAR DEL MOTOR DE BOMBA DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora LP103	Suministrar 7.3 GPM de aceite a la separadora de aceite lubricación	No suministrar aceite a la separadora de aceite a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. REPARAR ARRANCADOR DEL MOTOR DE BOMBA DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora LP103	Suministrar 7.3 GPM de aceite a la separadora de aceite lubricación	No suministrar aceite a la separadora de aceite a la presión y flujo requerido	Des calibración de la válvula de seguridad de la bomba	RECIRCULACION O FUGAS INTERNAS	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. CALIBRAR VÁLVULA DE ALIVIO DE BOMBA DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora LP103	Contener el aceite dentro de la bomba	Presentar escape de aceite a la atmosfera	Escape de aceite por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA. CAMBIAR SELLO MECÁNICO DE LA BOMBA.
Tanque de lodos de separadora LT102	Contener los lodos evacuados por la separadora	No contener los lodos de la separadora	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA. CORREGIR ESCAPE.
Tanque de lodos de separadora LT102	Contener los lodos evacuados por la separadora	Presentar reducción en la capacidad de almacenamiento de lodos	Acumulación de sedimentos en el fondo del tanque	TAPONAMIENTO	AUMENTO EN EL NIVEL DE SEDIMENTOS EN EL TANQUE.
Bomba de lodos de separadora LP104 neumática	Evacuar los lodos del Tanque LT102 hacia el WT001	No ser capaz de evacuar los lodos	Baja presión de aire	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	ACUMULACIÓN DE LODOS EN EL TANQUE LT102
Bomba de lodos de separadora LP104 neumática	Evacuar los lodos del Tanque LT102 hacia el WT001	No ser capaz de evacuar los lodos	Falla en la cámara de aire de accionamiento del embolo (pistón)	ROTURA	ACUMULACIÓN DE LODOS EN EL TANQUE LT103
Tanque de almacenamiento de aceite para mantenimiento LT002	Contener hasta 3522 gal de aceite cuando se realiza el mantenimiento al motor	No contener aceite dentro del tanque	Escape por bridas, empaques, válvulas y accesorios	FUGA LUBRICANTE O AGUA DE ENFRIAMIENTO	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA
Tanque de almacenamiento de aceite para mantenimiento LT002	Contener hasta 3522 gal de aceite cuando se realiza el mantenimiento al motor	No contener aceite dentro del tanque	Escape por el cuerpo del tanque	FUGA LUBRICANTE O AGUA DE ENFRIAMIENTO	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
Bomba de recirculación aceite de mantenimiento LP002	Suministrar el aceite desde el Tanque LT002 al cárter del motor	No poder suministrar aceite al cárter del motor	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	POSIBLE BAJO NIVEL EN EL CARTER DEL MG1
Bomba de recirculación aceite de mantenimiento LP002	Suministrar el aceite desde el Tanque LT002 al cárter del motor	No poder suministrar aceite al cárter del motor	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	POSIBLE BAJO NIVEL EN EL CARTER DEL MG1
Bomba de recirculación aceite de mantenimiento LP002	Suministrar el aceite desde el Tanque LT002 al cárter del motor	No poder suministrar aceite al cárter del motor	Daño en el motor eléctrico	ROTURA	POSIBLE BAJO NIVEL EN EL CARTER DEL MG1
Bomba de recirculación aceite de mantenimiento LP002	Suministrar el aceite desde el Tanque LT002 al cárter del motor	No poder suministrar aceite al cárter del motor	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	POSIBLE BAJO NIVEL EN EL CARTER DEL MG1
Bomba de recirculación aceite de mantenimiento LP002	Contener el aceite dentro de la bomba	Presentar escape de aceite a la atmosfera	Escape de aceite por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA.
Bomba de distribución de aceite de lubricación nuevo LP001	Suministrar el aceite desde el Tanque LT001 al cárter del motor para mantener nivel	No poder suministrar aceite al cárter del motor	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	POSIBLE BAJO NIVEL EN EL CARTER DEL MG1
Bomba de distribución de aceite de lubricación nuevo LP001	Suministrar el aceite desde el Tanque LT001 al cárter del motor para mantener nivel	No poder suministrar aceite al cárter del motor	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	POSIBLE BAJO NIVEL EN EL CARTER DEL MG1
Bomba de distribución de aceite de lubricación nuevo LP001	Suministrar el aceite desde el Tanque LT001 al cárter del motor para mantener nivel	No poder suministrar aceite al cárter del motor	Daño en el motor eléctrico	ROTURA	POSIBLE BAJO NIVEL EN EL CARTER DEL MG1
Bomba de distribución de aceite de lubricación nuevo LP001	Suministrar el aceite desde el Tanque LT001 al cárter del motor para mantener nivel	No poder suministrar aceite al cárter del motor	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	POSIBLE BAJO NIVEL EN EL CARTER DEL MG1
Bomba de distribución de aceite de lubricación nuevo LP001	Contener el aceite dentro de la bomba	Presentar escape de aceite a la atmosfera	Escape de aceite por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA.
Filtro de aceite suministro al motor LF104	Retener cualquier partícula para que no entre al motor	Causar restricción en el flujo de aceite al motor	Taponamiento en el filtro de aceite	RESTRICION DE FLUJO	POSIBLE BAJO NIVEL EN EL CARTER DEL MG1
Bomba principal de aceite LP102	Suministrar aceite de lubricación a los cojinetes del motor y a los cojinetes de los turbo cargadores (8 m3/hra a una presión de 4.6 bar en el último cojinete (bearing))	Entregar aceite a una presión y flujo inferior a lo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA CAMBIO DE COMPONENTES DE LA BOMBA
Bomba principal de aceite LP102	Suministrar aceite de lubricación a los cojinetes del motor y a los cojinetes de los turbo cargadores (8 m3/hra a una presión de 4.6 bar en el último cojinete (bearing))	Entregar aceite a una presión y flujo inferior a lo requerido	Daño en los engranajes de acople del motor a la bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA CAMBIO DE ENGRANAJES DE LA BOMBA
Bomba principal de aceite LP102	Suministrar aceite de lubricación a los cojinetes del motor y a los cojinetes de los turbo cargadores (8 m3/hra a una presión de 4.6 bar en el último cojinete (bearing))	Entregar aceite a una presión y flujo inferior a lo requerido	Des calibración de la válvula reguladora de presión de aceite	RECIRCULACION O FUGAS INTERNAS	PARADA DEL MG1 POR BAJA PRESIÓN DE ACEITE.
Tanque de almacenamiento de aceite nuevo LT001	Contener hasta 2642 gal de aceite nuevo	No contener aceite dentro del tanque	Escape por bridas, empaques, válvulas y accesorios	FUGA LUBRICANTE O AGUA DE ENFRIAMIENTO	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA
Tanque de almacenamiento de aceite nuevo LT001	Contener hasta 2642 gal de aceite nuevo	No contener aceite dentro del tanque	Escape por el cuerpo del tanque	FUGA LUBRICANTE O AGUA DE ENFRIAMIENTO	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA
Filtro bomba pre lubricación LF101	Filtrar el aceite a la bomba LP101	Causar restricción al flujo de aceite de la bomba LP101	Obstrucción en el filtro de aceite	RESTRICION DE FLUJO	FALLA DE ARRANQUE DEL MOTOR MG1 POR BAJA PRESIÓN DE ACEITE
Bomba aceite pre lubricación LP101	Suministrar el aceite de lubricación al motor en el momento de arranque y paradas de la maquina (8 m3/hra a una presión de 4.6 bar en el último cojinete (bearing))	No suministrar aceite al motor y a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	FALLA DE ARRANQUE DEL MOTOR MG1 POR BAJA PRESIÓN DE ACEITE
Bomba aceite pre lubricación LP101	Suministrar el aceite de lubricación al motor en el momento de arranque y paradas de la maquina (8 m3/hra a una presión de 4.6 bar en el último cojinete (bearing))	No suministrar aceite al motor y a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	FALLA DE ARRANQUE DEL MOTOR MG1.

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Bomba aceite pre lubricación LP101	Suministrar el aceite de lubricación al motor en el momento de arranque y paradas de la maquina (8 m3/hra a una presión de 4.6 bar en el último cojinete (bearing))	No suministrar aceite al motor y a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	FALLA DE ARRANQUE DEL MOTOR MG1.
Bomba aceite pre lubricación LP101	Suministrar el aceite de lubricación al motor en el momento de arranque y paradas de la maquina (8 m3/hra a una presión de 4.6 bar en el último cojinete (bearing))	No suministrar aceite al motor y a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	FALLA DE ARRANQUE DEL MOTOR MG1.
Bomba aceite pre lubricación LP101	Contener el aceite dentro de la bomba	Presentar escape de aceite a la atmosfera	Escape de aceite por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA.
Filtro aceite automático LF102	Filtrar el aceite que viene del cárter, antes del enfriador LH101	Causar restricción al flujo de aceite de lubricación	Obstrucción en el filtro de aceite (candle filter)	RESTRICION DE FLUJO	REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE ACEITE AL MG1.
Filtro aceite automático LF102	Filtrar el aceite que viene del cárter, antes del enfriador LH101	Causar restricción al flujo de aceite de lubricación	Daño en los componentes internos (engranajes y rodamientos)	ROTURA	REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE ACEITE AL MG1.
Enfriador de aceite de placas LH101	Enfriar el aceite de lubricación	No ser capaz de enfriar el aceite de lubricación a la temperatura adecuada	Ensuciamiento en el lado de aceite y/o agua LT en el enfriador	SOBRECALENTAMIENTO	AUMENTO EN LA TEMPERATURA DEL ACEITE AL MG1.
Enfriador de aceite de placas LH101	Contener el aceite de lubricación y el agua LT dentro del mismo	Presentar escape de aceite y/o agua LT a la atmosfera	Escape de aceite y/o agua LT por empaques y accesorios	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE ACEITE Y/O AGUA A LA ATMÓSFERA.
Filtro dúplex de aceite LF103A/B	Filtrar el aceite de lubricación del motor	Causar restricción en el flujo de aceite de lubricación al motor	Taponamiento en el filtro de aceite	RESTRICION DE FLUJO	REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE ACEITE AL MG1.
Tanque Buffer de Crudo HT001	Contener hasta 6604 gal de crudo	No contener el crudo dentro del tanque	Escape por bridas, empaques, válvulas y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE CRUDO A LA ATMÓSFERA.
Tanque Buffer de Crudo HT001	Contener hasta 6604 gal de crudo	No contener el crudo dentro del tanque	Escape por el cuerpo del tanque	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE CRUDO A LA ATMÓSFERA.
Calentador de crudo HH003	Calentar el crudo antes de entrar a la Unidad Circulación Crudo Diésel HU101	No ser capaz de calentar el crudo a la temperatura adecuada	Ensuciamiento en el lado de crudo y/o agua MT en el calentador	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	POSIBLE LIMITACIÓN EN EL CONTROL DE VISCOSIDAD DE CRUDO AL MG1
Calentador de crudo HH003	Contener el crudo y el agua MT dentro del mismo	Presentar escape de crudo y/o agua MT a la atmosfera	Escape de crudo y/o agua MT por empaques y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE CRUDO Y/O AGUA A LA ATMÓSFERA.
Tanque de drenaje HT004	Contener el crudo sucio rechazado del filtro HF002	No contener el crudo dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE CRUDO A LA ATMÓSFERA.
Bomba de drenaje de crudo HP003 neumática	Evacuar el crudo del HT004 hacia el HT001	No ser capaz de evacuar el crudo	Baja presión de aire. Falla de solenoide y electroválvula. Falla en el regulador.	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	ACUMULACIÓN DE CRUDO EN EL TANQUE HT004
Bomba de drenaje de crudo HP003 neumática	Evacuar el crudo del HT004 hacia el HT001	No ser capaz de evacuar el crudo	Falla en la cámara de aire de accionamiento del embolo (pistón)	ROTURA	ACUMULACIÓN DE CRUDO EN EL TANQUE HT004
Tanque de mezcla HT101	Contener hasta 58 Gal de mezcla de crudo diésel para alimentar al motor	No contener la mezcla crudo diésel dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE COMBUSTIBLE A LA ATMÓSFERA.
Bombas de circulación de crudo HP101/102	Enviar el combustible crudo al motor MAK	No suministrar crudo al motor MAK a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	REDUCCIÓN TEMPORAL EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG1. ARRANQUE DE LA BOMBA EN STAND-BY.
Bombas de circulación de crudo HP101/102	Enviar el combustible crudo al motor MAK	No suministrar crudo al motor MAK a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	REDUCCIÓN TEMPORAL EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG1. ARRANQUE DE LA BOMBA EN STAND-BY.
Bombas de circulación de crudo HP101/102	Enviar el combustible crudo al motor MAK	No suministrar crudo al motor MAK a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	REDUCCIÓN TEMPORAL EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG1. ARRANQUE DE LA BOMBA EN STAND-BY.
Bombas de circulación de crudo HP101/102	Enviar el combustible crudo al motor MAK	No suministrar crudo al motor MAK a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	REDUCCIÓN TEMPORAL EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG1. ARRANQUE DE LA BOMBA EN STAND-BY.
Bombas de circulación de crudo HP101/102	Enviar el combustible crudo al motor MAK	No suministrar crudo al motor MAK a la presión y flujo requerido	Des calibración de la válvula de seguridad de la bomba	RECIRCULACION O FUGAS INTERNAS	REDUCCIÓN TEMPORAL EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG1. ARRANQUE DE LA BOMBA EN STAND-BY.
Bombas de circulación de crudo HP101/102	Contener el crudo dentro de la bomba	Presentar escape de crudo a la atmosfera	Escape de aceite por el sello mecánico	FUGA DE COMBUSTIBLE	REDUCCIÓN TEMPORAL EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG1. ARRANQUE DE LA BOMBA EN STAND-BY.

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
Pre calentador de crudo HH101 con agua HT	Calentar el combustible crudo antes de entrar al motor MAK para mantener la viscosidad dentro del rango adecuado	No ser capaz de calentar el crudo a la temperatura adecuada	Ensuciamiento en el lado de crudo y/o agua HT en el calentador	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	POSIBLE LIMITACIÓN EN EL CONTROL DE VISCOSIDAD DE CRUDO AL MG1
Pre calentador de crudo HH101 con agua HT	Contener el crudo y el agua HT dentro del mismo	Presentar escape de crudo y/o agua HT a la atmosfera	Escape de crudo y/o agua HT por empaques y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE AGUA Y/O CRUDO A LA ATMÓSFERA
Enfriador crudo-diésel DH101	Enfriar el crudo que sale del motor MAK que va al tanque HT001	No ser capaz de enfriar el crudo a la temperatura adecuada	Ensuciamiento en el lado de crudo y/o agua LT en el enfriador	TAPONAMIENTO	PARADA DEL MG1 PARA LIMPIAR ENFRIADOR
Enfriador crudo-diésel DH101	Contener el crudo y el agua LT dentro del mismo	Presentar escape de crudo y/o agua LT a la atmosfera	Escape de crudo y/o agua LT por empaques y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE AGUA Y/O CRUDO A LA ATMÓSFERA
Tanque recuperador de drenaje crudo HT102	Contener hasta 80 Gal de mezcla de crudo diésel de drenaje del motor MAK	No contener la mezcla crudo diésel dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE CRUDO A LA ATMÓSFERA
Bomba de lodos HP103 neumática	Evacuar el crudo del HT102 hacia el tanque WT001	No ser capaz de evacuar el crudo	Baja presión de aire	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	ACUMULACIÓN DE CRUDO EN EL TANQUE HT102
Bomba de lodos HP103 neumática	Evacuar el crudo del HT102 hacia el tanque WT001	No ser capaz de evacuar el crudo	Falla en la cámara de aire de accionamiento del embolo (pistón)	ROTURA	ACUMULACIÓN DE CRUDO EN EL TANQUE HT102
Filtro de crudo del motor HF103	Filtrar el combustible crudo diésel antes del motor MAK	Causar restricción al flujo de crudo-diésel al motor MAK	Obstrucción en el filtro de crudo diésel	RESTRICION DE FLUJO	PARADA DEL MG1 PARA LIMPIEZA DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE.
Tanque de servicio de crudo HT002	Contener hasta 5019 gal de crudo filtrado	No contener el crudo dentro del tanque	Escape por bridas, empaques, válvulas y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE CRUDO A LA ATMÓSFERA
Tanque de servicio de crudo HT002	Contener hasta 5019 gal de crudo filtrado	No contener el crudo dentro del tanque	Escape por el cuerpo del tanque	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE CRUDO A LA ATMÓSFERA
Bombas separadoras de crudo HP004/5	Suministrar 12 GPM de crudo a la separadora de crudo	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA CENTRÍFUGA DE STAND-BY
Bombas separadoras de crudo HP004/5	Suministrar 12 GPM de crudo a la separadora de crudo	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA CENTRÍFUGA DE STAND-BY
Bombas separadoras de crudo HP004/5	Suministrar 12 GPM de crudo a la separadora de crudo	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA CENTRÍFUGA DE STAND-BY
Bombas separadoras de crudo HP004/5	Suministrar 12 GPM de crudo a la separadora de crudo	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA CENTRÍFUGA DE STAND-BY
Bombas separadoras de crudo HP004/5	Suministrar 12 GPM de crudo a la separadora de crudo	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Des calibración de la válvula de seguridad de la bomba	RECIRCULACION O FUGAS INTERNAS	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA CENTRÍFUGA DE STAND-BY
Bombas separadoras de crudo HP004/5	Contener el crudo dentro de la bomba	Presentar escape de crudo a la atmosfera	Escape de crudo por el sello mecánico	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE CRUDO A LA ATMÓSFERA.
Pre calentadores de crudo HH001/002	Calentar el crudo antes de entrar a las separadoras HS001/002	No ser capaz de calentar el crudo a la temperatura adecuada	Ensuciamiento en el lado de crudo y/o agua MT en el calentador	TAPONAMIENTO	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA CENTRÍFUGA DE STAND-BY
Pre calentadores de crudo HH001/002	Contener el crudo y el agua MT dentro del mismo	Presentar escape de crudo y/o agua MT a la atmosfera	Escape de crudo y/o agua MT por empaques y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE CRUDO Y/O AGUA A LA ATMÓSFERA.
Separadoras centrífugas de crudo HS001/002	Separar los lodos y el agua que vengan en el crudo combustible (12 GPM)	No ser capaz de separar los lodos y el agua del crudo en forma eficiente	Taponamiento del filtro de entrada a la separadora	RESTRICION DE FLUJO	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA CENTRÍFUGA DE STAND-BY
Separadoras centrífugas de crudo HS001/002	Separar los lodos y el agua que vengan en el crudo combustible (12 GPM)	No ser capaz de separar los lodos y el agua del crudo en forma eficiente	Falla en los empaques (elastómeros o-rings) del bowl (tazón)	RECIRCULACION O FUGAS INTERNAS	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA CENTRÍFUGA DE STAND-BY
Filtro diésel DF001	Filtrar el combustible diésel antes de la bomba DP101	Causar restricción al flujo de diésel de la bomba DP101	Obstrucción en el filtro de diésel	RESTRICION DE FLUJO	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Bomba presurización Diésel DP001	Enviar el diésel desde el tanque DT001 a la Unidad de Circulación Crudo Diésel HU001	No suministrar diésel a la Unidad de circulación crudo diésel a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Bomba presurización Diésel DP001	Enviar el diésel desde el tanque DT001 a la Unidad de Circulación Crudo Diésel HU001	No suministrar diésel a la Unidad de circulación crudo diésel a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Bomba presurización Diésel DP001	Enviar el diésel desde el tanque DT001 a la Unidad de Circulación Crudo Diésel HU001	No suministrar diésel a la Unidad de circulación crudo diésel a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
Bomba presurización Diésel DP001	Enviar el diésel desde el tanque DT001 a la Unidad de Circulación Crudo Diésel HU001	No suministrar diésel a la Unidad de circulación crudo diésel a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Bomba presurización Diésel DP001	Enviar el diésel desde el tanque DT001 a la Unidad de Circulación Crudo Diésel HU001	No suministrar diésel a la Unidad de circulación crudo diésel a la presión y flujo requerido	Des calibración de la válvula de seguridad de la bomba	RECIRCULACION O FUGAS INTERNAS	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Bomba presurización Diésel DP001	Contener el crudo dentro de la bomba	Presentar escape de crudo a la atmosfera	Escape de aceite por el sello mecánico	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE DIESEL A LA ATMÓSFERA
Bombas de presurización Crudo HP001/002	Enviar el crudo a la Unidad de Circulación Crudo Diésel HU001	No suministrar crudo a la Unidad de circulación crudo diésel a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas de presurización Crudo HP001/002	Enviar el crudo a la Unidad de Circulación Crudo Diésel HU001	No suministrar crudo a la Unidad de circulación crudo diésel a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas de presurización Crudo HP001/002	Enviar el crudo a la Unidad de Circulación Crudo Diésel HU001	No suministrar crudo a la Unidad de circulación crudo diésel a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas de presurización Crudo HP001/002	Enviar el crudo a la Unidad de Circulación Crudo Diésel HU001	No suministrar crudo a la Unidad de circulación crudo diésel a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas de presurización Crudo HP001/002	Enviar el crudo a la Unidad de Circulación Crudo Diésel HU001	No suministrar crudo a la Unidad de circulación crudo diésel a la presión y flujo requerido	Des calibración de la válvula de seguridad de la bomba	RECIRCULACION O FUGAS INTERNAS	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas de presurización Crudo HP001/002	Contener el crudo dentro de la bomba	Presentar escape de crudo a la atmosfera	Escape de aceite por el sello mecánico	FUGA DE COMBUSTIBLE	ESCAPE DE CRUDO A LA ATMÓSFERA
Filtro automático de crudo HF002	Filtrar el crudo que va a la unidad de Circulación Crudo Diésel HU101	Causar restricción al flujo de crudo a la HU101	Obstrucción en el filtro de crudo (candle filter)	RESTRICION DE FLUJO	PARADA DEL MG1 PARA LIMPIEZA DEL FILTRO.
Filtro automático de crudo HF002	Filtrar el crudo que va a la unidad de Circulación Crudo Diésel HU101	Causar restricción al flujo de crudo a la HU101	Falla en el suministro de aire	RESTRICION DE FLUJO	PARADA DEL MG1 PARA LIMPIEZA DEL FILTRO.
Tanque compensación Alta Temperatura FT101	Contener el agua de Alta Temperatura HT para pensar cualquier pérdida de agua en el sistema HT	No contener el agua de alta temperatura HT dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA LUBRICANTE O AGUA DE ENFRIAMIENTO	FUGA DE AGUA A LA ATMÓSFERA.
Tanque compensación Alta Temperatura FT101	Suministrar cabeza positiva de succión a bomba FP105	Suministrar cabeza de succión insuficiente a la bomba FP105	Bajo nivel en el tanque	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	POSIBLE CAVITACIÓN EN LA BOMBA FP105
Bomba precalentamiento de agua FP105	Suministrar agua HT para arranque del motor, desde el tanque FT101 pasando por el calentador eléctrico FH103	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Bomba precalentamiento de agua FP105	Suministrar agua HT para arranque del motor, desde el tanque FT101 pasando por el calentador eléctrico FH103	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Bomba precalentamiento de agua FP105	Suministrar agua HT para arranque del motor, desde el tanque FT101 pasando por el calentador eléctrico FH103	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Bomba precalentamiento de agua FP105	Suministrar agua HT para arranque del motor, desde el tanque FT101 pasando por el calentador eléctrico FH103	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Bomba precalentamiento de agua FP105	Contener el agua HT dentro de la bomba	Presentar escape de agua HT a la atmosfera	Escape de agua por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	FUGA DE AGUA A LA ATMÓSFERA.
Pre calentador de agua FH103 eléctrico	Calentar el agua HT para arranque del motor MG1	No ser capaz de calentar el agua HT cuando se requiere	Problema en el sistema de control	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Pre calentador de agua FH103 eléctrico	Calentar el agua HT para arranque del motor MG1	No ser capaz de calentar el agua HT cuando se requiere	Daño en las resistencias eléctricas	ROTURA	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Pre calentador de agua FH103 eléctrico	Calentar el agua HT para arranque del motor MG1	No ser capaz de calentar el agua HT cuando se requiere	Bajo flujo de agua a través del calentador. Problema en la bomba FP105	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	POSIBLE PÉRDIDA DE GENERACIÓN EN UN ARRANQUE DEL MG1
Bombas circuito de alta temperatura FP101/102	Suministrar agua HT para enfriamiento del motor	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas circuito de alta temperatura FP101/102	Suministrar agua HT para enfriamiento del motor	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Bombas circuito de alta temperatura FP101/102	Suministrar agua HT para enfriamiento del motor	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas circuito de alta temperatura FP101/102	Suministrar agua HT para enfriamiento del motor	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas circuito de alta temperatura FP101/102	Contener el agua HT dentro de la bomba	Presentar escape de agua HT a la atmosfera	Escape de agua por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Radiador circuito de alta temperatura FH101 (4 ventiladores x 17 KW)	Enfriar el agua del sistema de alta temperatura HT	No ser capaz de enfriar el agua HT a la temperatura adecuada	Ensuciamiento interno y/o externo del radiador	TAPONAMIENTO	POSIBLE LIMITACIÓN EN LA POTENCIA DEL MG1. REALIZAR LIMPIEZA EXTERNA DEL ENFRIADOR.
Radiador circuito de alta temperatura FH101 (4 ventiladores x 17 KW)	Contener el agua de Alta Temperatura HT dentro del radiador	No contener el agua de alta temperatura HT dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA LUBRICANTE O AGUA DE ENFRIAMIENTO	FUGA DE AGUA A LA ATMÓSFERA.
Tanque compensación Baja Temperatura FT102	Contener el agua de Baja Temperatura LT para compensar cualquier pérdida de agua en el sistema LT	No contener el agua de baja temperatura LT dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA LUBRICANTE O AGUA DE ENFRIAMIENTO	FUGA DE AGUA A LA ATMÓSFERA.
Bombas circuito de Baja Temperatura FP103/104	Suministrar agua LT para enfriamiento del aceite y del crudo que sale del motor	No suministrar agua LT a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas circuito de Baja Temperatura FP103/104	Suministrar agua LT para enfriamiento del aceite y del crudo que sale del motor	No suministrar agua LT a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas circuito de Baja Temperatura FP103/104	Suministrar agua LT para enfriamiento del aceite y del crudo que sale del motor	No suministrar agua LT a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas circuito de Baja Temperatura FP103/104	Suministrar agua LT para enfriamiento del aceite y del crudo que sale del motor	No suministrar agua LT a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas circuito de Baja Temperatura FP103/104	Contener el agua LT dentro de la bomba	Presentar escape de agua LT a la atmosfera	Escape de agua por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE AGUA A LA ATMÓSFERA
Radiador circuito de Baja Temperatura (4 ventiladores x 17 KW)	Enfriar el agua del sistema de baja temperatura LT	No ser capaz de enfriar el agua LT a la temperatura adecuada	Ensuciamiento interno y/o externo del radiador	TAPONAMIENTO	POSIBLE LIMITAIÓN EN LA POTENCIA DEL MG1. REALIZAR LIMPIEZA EXTERNA AL ENFRIADOR
Radiador circuito de Baja Temperatura (4 ventiladores x 17 KW)	Contener el agua de Baja Temperatura LT dentro del radiador	No contener el agua de baja temperatura LT dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	FUGA DE AGUA A LA ATMÓSFERA.
Ventiladores enfriamiento agua HT y LT (8 x 17 KW)	Suministrar el aire para enfriamiento de los radiadores de agua de alta temperatura HT y baja temperatura LT	No suministrar el aire de enfriamiento requerido	Daño del motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	POSIBLE LIMITAIÓN EN LA POTENCIA DEL MG1. REPARAR MOTOR
Ventiladores enfriamiento agua HT y LT (8 x 17 KW)	Suministrar el aire para enfriamiento de los radiadores de agua de alta temperatura HT y baja temperatura LT	No suministrar el aire de enfriamiento requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	POSIBLE LIMITAIÓN EN LA POTENCIA DEL MG1.
Ventiladores enfriamiento agua HT y LT (8 x 17 KW)	Suministrar el aire para enfriamiento de los radiadores de agua de alta temperatura HT y baja temperatura LT	No suministrar el aire de enfriamiento requerido	Rotura de las aspas del ventilador	ROTURA	POSIBLE LIMITAIÓN EN LA POTENCIA DEL MG1. REPARAR VENTILADOR.
Tanque de agua caliente MT001	Contener el agua de Media Temperatura MT para compensar cualquier pérdida de agua en el sistema MT	No contener el agua de Media temperatura MT dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	FUGA DE AGUA A LA ATMÓSFERA.
Bombas de suministro de agua caliente MP001/002	Suministrar agua al circuito de Media Temperatura MT a la presión y flujo requerido	No suministrar agua MT a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas de suministro de agua caliente MP001/002	Suministrar agua al circuito de Media Temperatura MT a la presión y flujo requerido	No suministrar agua MT a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas de suministro de agua caliente MP001/002	Suministrar agua al circuito de Media Temperatura MT a la presión y flujo requerido	No suministrar agua MT a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas de suministro de agua caliente MP001/002	Suministrar agua al circuito de Media Temperatura MT a la presión y flujo requerido	No suministrar agua MT a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE DE LA BOMBA DE STAND-BY
Bombas de suministro de agua caliente MP001/002	Contener el agua MT dentro de la bomba	Presentar escape de agua MT a la atmosfera	Escape de agua por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	FUGA DE AGUA A LA ATMÓSFERA.
Intercambiador de calor de agua caliente MH002 (MT-HT)	Calentar el agua del sistema de Media temperatura MT con agua de alta temperatura HT	No ser capaz de calentar el agua MT a la temperatura adecuada	Ensuciamiento interno y/o externo del radiador	TAPONAMIENTO	PARARA DEL MG1 PARA LIMPIEZA DEL INTERCAMBIADOR
Intercambiador de calor de agua caliente MH002 (MT-HT)	Contener el agua de Alta Temperatura HT y Media Temperatura MT dentro del intercambiador	No contener el agua de alta temperatura HT y media temperatura MT dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	FUGA DE AGUA A LA ATMÓSFERA.

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
Tanque de lodos WT001 vertical	Contener los lodos (fluidos de rechazo) generados en la operación del MG1	No contener los lodos dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	FUGA DE LODOS A LA ATMÓSFERA.
Bomba de vaciado tanque de lodo WP001	Enviar los lodos del tanque WT001 a los carro tanques	No ser capaz de enviar los lodos a los carro tanques	Daño en componentes internos de la bomba	ROTURA	ACUMULACIÓN DE LODOS EN EL TANQUE WP001
Bomba de vaciado tanque de lodo WP001	Enviar los lodos del tanque WT001 a los carro tanques	No ser capaz de enviar los lodos a los carro tanques	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	ACUMULACIÓN DE LODOS EN EL TANQUE WP001
Bomba de vaciado tanque de lodo WP001	Enviar los lodos del tanque WT001 a los carro tanques	No ser capaz de enviar los lodos a los carro tanques	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	ACUMULACIÓN DE LODOS EN EL TANQUE WP001
Bomba de vaciado tanque de lodo WP001	Enviar los lodos del tanque WT001 a los carro tanques	No ser capaz de enviar los lodos a los carro tanques	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	ACUMULACIÓN DE LODOS EN EL TANQUE WP001
Bomba de vaciado tanque de lodo WP001	Enviar los lodos del tanque WT001 a los carro tanques	Presentar escape de fluidos a la atmosfera	Escape de fluidos por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	FUGA DE LODOS A LA ATMÓSFERA.
Bombas de descarga hacia CPF P1727A/B	Enviar los lodos del tanque WT001 al CPF	No ser capaz de enviar los lodos al CPF	Daño e componentes internos de la bomba	ROTURA	NO AFECTA EL ENVIO DE LODOS. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas de descarga hacia CPF P1727A/B	Enviar los lodos del tanque WT001 al CPF	No ser capaz de enviar los lodos al CPF	Daño en el acople motor – bomba	ROTURA	NO AFECTA EL ENVIO DE LODOS. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas de descarga hacia CPF P1727A/B	Enviar los lodos del tanque WT001 al CPF	No ser capaz de enviar los lodos al CPF	Daño en el motor eléctrico	FALLA AL ARRANQUE	NO AFECTA EL ENVIO DE LODOS. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas de descarga hacia CPF P1727A/B	Enviar los lodos del tanque WT001 al CPF	No ser capaz de enviar los lodos al CPF	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO AFECTA EL ENVIO DE LODOS. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas de descarga hacia CPF P1727A/B	Enviar los lodos del tanque WT001 al CPF	Presentar escape de fluidos a la atmosfera	Escape de fluidos por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	NO AFECTA EL ENVIO DE LODOS. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Cajas de drenaje Zona de Tanques WT002/003 subterráneos	Contener los lodos (fluidos de rechazo) generados en la zona de tanques	No contener los lodos dentro del mismo	Escape por paredes del tanque	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	CONTAMINACIÓN CON LODOS A LA ATMÓSFERA
Bomba drenaje zona de tanques WP003 neumática	Evacuar los lodos de los tanques subterráneos WT002/003 hacia el tanque WT001	No ser capaz de evacuar los lodos	Baja presión de aire	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	ACUMULACIÓN DE LODOS EN LOS TANQUES WT002/003
Bomba drenaje zona de tanques WP003 neumática	Evacuar los lodos de los tanques subterráneos WT002/003 hacia el tanque WT001	No ser capaz de evacuar los lodos	Falla en la cámara de aire de accionamiento del embolo (pistón)	ROTURA	ACUMULACIÓN DE LODOS EN LOS TANQUES WT002/003
Caja de drenaje Casa de Maquinas WT004 subterránea	Contener los lodos (fluidos de rechazo) generados en los sistemas de la casa de maquinas	No contener los lodos dentro del mismo	Escape por paredes del tanque	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	CONTAMINACIÓN CON LODOS A LA ATMÓSFERA
Bomba de drenaje Casa de Maquinas WP004 neumática	Evacuar los lodos del tanque subterráneo WT004 hacia el tanque WT001	No ser capaz de evacuar el crudo	Baja presión de aire	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	ACUMULACIÓN DE LODOS EN EL TANQUE WP004
Bomba de drenaje Casa de Maquinas WP004 neumática	Evacuar los lodos del tanque subterráneo WT004 hacia el tanque WT001	No ser capaz de evacuar el crudo	Falla en la cámara de aire de accionamiento del embolo (pistón)	ROTURA	ACUMULACIÓN DE LODOS EN EL TANQUE WP004
Sistema de control separadora de aceite D10	Facilitar el control operacional de la centrifuga y sistemas asociados	No ser capaz de realizar el control de la separadora	Perdida de configuración	SALIDA ERRATICA	SEPARADORA DE ACEITE SALE DE SERVICIO. NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN.
Sistema de control separadora de aceite D10	Indicar las condiciones de proceso de la centrifuga y sistemas asociados	Dejar de indicar las condiciones de proceso de la centrifuga y sistema asociado	Daño de la pantalla (display) del controlador	LECTURA ANORMAL	SEPARADORA DE ACEITE SALE DE SERVICIO. NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN.
Sistema de control separadora de aceite D10	Proteger la centrifuga contra fallos funcionales	No proteger a la centrifuga contra fallos funcionales	Daño en los canales del PLC de control	ROTURA	SEPARADORA DE ACEITE SALE DE SERVICIO. NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN.
Sistema de control separadoras de crudo D20	Facilitar el control operacional de la centrifuga y sistemas asociados	No ser capaz de realizar el control de la separadora	Perdida de configuración	SALIDA ERRATICA	SEPARADORA DE CRUDO SALE DE SERVICIO. NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE SEPARADORA STAND-BY
Sistema de control separadoras de crudo D20	Indicar las condiciones de proceso de la centrifuga y sistemas asociados	Dejar de indicar las condiciones de proceso de la centrifuga y sistema asociado	Daño de la pantalla (display) del controlador	LECTURA ANORMAL	SEPARADORA DE CRUDO SALE DE SERVICIO. NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE SEPARADORA STAND-BY
Sistema de control separadoras de crudo D20	Proteger la centrifuga contra fallos funcionales	No proteger a la centrifuga contra fallos funcionales	Daño en los canales del PLC de control	ROTURA	SEPARADORA DE CRUDO SALE DE SERVICIO. NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. ARRANQUE SEPARADORA STAND-BY
Sistema control y protección del generador Multilin 489	Proteger al generador por diferencial de corriente en las bobinas	No proteger al generador por alto diferencial de corriente en las bobinas	Falla en el sistema de control de protección (CTs, PTs, configuración del relay)	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
Sistema control y protección del generador Multilin 489	Proteger al generador por sobre corriente	No proteger al generador por sobre corriente	Falla en los relays de protección (CTs, PTs, configuración del relay)	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Sistema control y protección del generador Multilin 489	Proteger al generador por corriente inversa	No proteger al generador por corriente inversa	Falla en el sistema de control de protección (CTs, PTs, configuración del relay)	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Sistema control y protección del generador Multilin 489	Proteger al generador por alta frecuencia	No proteger al generador por alta frecuencia	Falla en el sistema de control de protección (CTs, PTs, configuración del relay)	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Sistema control y protección del generador Multilin 489	Proteger al generador por baja frecuencia	No proteger al generador por baja frecuencia	Falla en el sistema de control de protección (CTs, PTs, configuración del relay)	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Sistema control y protección del generador Multilin 489	Proteger al generador por sobre voltaje	No proteger al generador por sobre voltaje	Falla en el sistema de control de protección (CTs, PTs, configuración del relay)	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Sistema control y protección del generador Multilin 489	Proteger al generador por falla a tierra	No proteger al generador por falla a tierra	Falla en el sistema de control de protección (CTs, PTs, configuración del relay)	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Controlador electrónico de velocidad del motor Woodward 723	Mantener la velocidad constante en 720 RPM independientemente de la carga	No mantener la velocidad constante en 720 RPM	Falla en los sensores de velocidad (pick ups)	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Controlador electrónico de velocidad del motor Woodward 723	Mantener la velocidad constante en 720 RPM independientemente de la carga	No mantener la velocidad constante en 720 RPM	Falla en la parte electrónica y/o hidráulica del actuador UG40	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Controlador electrónico de velocidad del motor Woodward 723	Mantener la velocidad constante en 720 RPM independientemente de la carga	No mantener la velocidad constante en 720 RPM	Daño en el Controlador Electrónico Woodward 723	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Controlador electrónico de velocidad del motor Woodward 723	Proteger al motor por sobre velocidad 110%	No proteger al motor por sobre velocidad (110%)	Daño en el Controlador Electrónico Woodward 723	ROTURA	GENERADOR MG1 QUEDA SIN PROTECCIÓN DE SOBREVOLICIDAD.
Regulador Automático de Voltaje (AVR) BASLER del generador	Mantener el voltaje constante independiente de la carga	No mantener el voltaje constante	Falla en el sistema AVR (Automatic Voltage Regulator) Basler	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Regulador Automático de Voltaje (AVR) BASLER del generador	Mantener el voltaje constante independiente de la carga	No mantener el voltaje constante	Falla de elementos de la excitatriz: diodos	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de devanados	No proteger al generador por alta temperatura de devanados	Falla en las termo resistencias	ROTURA	GENERADOR MG1 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR ALTA TEMPERATURA DE DEVANADOS..
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de devanados	No proteger al generador por alta temperatura de devanados	Falla en el módulo electrónico de las RTD de temperatura: Modulo I/O flex de Allen Bradley	ROTURA	GENERADOR MG1 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR ALTA TEMPERATURA DE DEVANADOS..
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de devanados	No proteger al generador por alta temperatura de devanados	Falla en los relays de protección	FALLA AL APAGAR	GENERADOR MG1 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR ALTA TEMPERATURA DE DEVANADOS.
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de devanados	No proteger al generador por alta temperatura de devanados	Falla del controlador Allen Bradley Control Logic 5000	FALLA AL APAGAR	SALE GENERADOR MG1 DE SERVICIO
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de cojinetes	No proteger al generador por alta temperatura de cojinetes	Falla en las termo resistencias	ROTURA	SALE GENERADOR MG1 DE SERVICIO
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de cojinetes	No proteger al generador por alta temperatura de cojinetes	Falla en el módulo electrónico de las RTD de temperatura: Modulo I/O flex de Allen Bradley	ROTURA	SALE GENERADOR MG1 DE SERVICIO
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de cojinetes	No proteger al generador por alta temperatura de cojinetes	Falla en los relays de protección	FALLA AL APAGAR	GENERADOR MG1 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR ALTA TEMPERATURA DE COJINETES.
Sistema MAK RPM SWITCH UNIT de protección por sobre velocidad del MG1	Proteger al motor por sobre velocidad 115%	No brindar protección por sobre velocidad del motor MG1	Falla en los sensores de velocidad (pick ups)	ROTURA	GENERADOR MG1 QUEDA SIN PROTECCIÓN DE SOBREVOLICIDAD.
Sistema MAK RPM SWITCH UNIT de protección por sobre velocidad del MG1	Proteger al motor por sobre velocidad 115%	No brindar protección por sobre velocidad del motor MG1	Daño en el Controlador Electrónico MAK RPM SWITCH UNIT	ROTURA	GENERADOR MG1 QUEDA SIN PROTECCIÓN DE SOBREVOLICIDAD.
Sistema MAK RPM SWITCH UNIT de protección por sobre velocidad del MG1	Proteger al motor por sobre velocidad 115%	No brindar protección por sobre velocidad del motor MG1	Desconexión de algún cable	ROTURA	GENERADOR MG1 QUEDA SIN PROTECCIÓN DE SOBREVOLICIDAD.

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
Switch-Gear Celda 14	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No dar paso al flujo de corriente cuando debe conectar	El interruptor no cierra porque la bobina de cierre no actúa	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Switch-Gear Celda 14	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No dar paso al flujo de corriente cuando debe conectar	Activación de una protección del relay del generador (Multilin) y o del motor MAK	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Switch-Gear Celda 14	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No dar paso al flujo de corriente cuando debe conectar	Accionamiento mecánico (resorte) descargado	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Switch-Gear Celda 14	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No dar paso al flujo de corriente cuando debe conectar	Falla en el sistema de control del SWG	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Switch-Gear Celda 14	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No interrumpir el flujo de corriente cuando debe hacerlo	El interruptor no abre porque la bobina de apertura no actúa	FALLA AL APAGAR	POSIBLE FALLA CATASTRÓFICA
Switch-Gear Celda 14	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No interrumpir el flujo de corriente cuando debe hacerlo	Falla en el sistema de control del SWG	FALLA AL APAGAR	POSIBLE FALLA CATASTRÓFICA
Oil mist detector model VN 115/87-EMC	Detectar el aumento en la opacidad (neblina) del aceite del cárter del motor (relacionado con incremento de temperaturas en los cojinetes del motor)	No ser capaz de detectar el aumento de opacidad del aceite (aumento de temperatura dentro del cárter del motor)	Perdida de presión de aire para el vacío, que pasa por los sensores	FALLA AL APAGAR	NO SE PUEDE DETECTAR AUMENTO DE TEMPERATURA DE COJINETES
Oil mist detector model VN 115/87-EMC	Detectar el aumento en la opacidad (neblina) del aceite del cárter del motor (relacionado con incremento de temperaturas en los cojinetes del motor)	No ser capaz de detectar el aumento de opacidad del aceite (aumento de temperatura dentro del cárter del motor)	Falla interna del Oil Mist Detector	FALLA AL APAGAR	NO SE PUEDE DETECTAR AUMENTO DE TEMPERATURA DE COJINETES
Oil mist detector model VN 115/87-EMC	Detectar el aumento en la opacidad (neblina) del aceite del cárter del motor (relacionado con incremento de temperaturas en los cojinetes del motor)	Indicar lecturas erróneas de opacidad dentro del cárter del motor	El Oil Mist Detector muestra alguna de las alarmas de falla (presión negativa de compartimiento, filtros de infrarrojo sucio, temperatura del módulo electrónico, switch de ajuste de sensibilidad, flujo de control defectuoso, módulo electrónico defectuoso)	SALIDA ERRÁTICA	INDICACIÓN DE FALSAS TEMPERATURAS ELEVADAS DE COJINETES
Controlador de Viscosidad de Crudo Viscosimat HR101	Controlar la viscosidad de entrada de combustible al motor dentro del rango 8.60 a 10.2 cst (centistoke)	No controlar la viscosidad dentro del rango adecuado	Des calibración del Viscosimat	SALIDA ERRÁTICA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Controlador de Viscosidad de Crudo Viscosimat HR101	Controlar la viscosidad de entrada de combustible al motor dentro del rango 8.60 a 10.2 cst (centistoke)	No controlar la viscosidad dentro del rango adecuado	Falla del módulo electrónico del viscosimat	ROTURA	GENERADOR MG1 SALE DE SERVICIO.
Válvulas de tres vías motorizadas	Controlar la temperaturas de agua HT, MT y LT, temperaturas de crudo, y temperaturas de aceite del motor MG1, mediante redirección de parte de su flujo	No controlar la temperatura dentro del rango adecuado	Falla del actuador motorizado	SALIDA ERRÁTICA	DESCONTROL EN TEMPERATURA DE CRUDO, AGUA O ACEITE
Válvulas de tres vías motorizadas	Controlar la temperaturas de agua HT, MT y LT, temperaturas de crudo, y temperaturas de aceite del motor MG1, mediante redirección de parte de su flujo	No controlar la temperatura dentro del rango adecuado	Falla en los componentes internos del cuerpo de la válvula: asientos, obturador (tapón) empaques	SALIDA ERRÁTICA	DESCONTROL EN TEMPERATURA DE CRUDO, AGUA O ACEITE
Válvulas de tres vías motorizadas	Contener el fluido dentro de la válvula	Presentar fugas de fluido a la atmosfera	Escapes por los empaques del cuerpo	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE CRUDO, AGUA O ACEITE A LA ATMOSFERA
Válvulas de tres vías motorizadas	Contener el fluido dentro de la válvula	Presentar fugas de fluido a la atmosfera	Escape por el bonete de la válvula	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE CRUDO, AGUA O ACEITE A LA ATMOSFERA
Switches de vibración de separadoras de crudo	Sensar la vibración de la centrifuga y dar una señal de alarma y disparo en el Panel de Control D20	Dar lectura errónea	Falso contacto o desconexión. Des calibración. Falla de aislamiento. Humedad en las conexiones eléctricas.	SALIDA ERRÁTICA	PARADA DE LA CENTRIFUGA. ARRANQUE DE CENTRIFUGA DE STAND-BY
Switches de vibración de separadoras de crudo	Sensar la vibración de la centrifuga y dar una señal de alarma y disparo en el Panel de Control D20	No dar comunicación al PLC local D20	Falso contacto o desconexión. Des calibración. Falla de aislamiento. Humedad en las conexiones eléctricas.	ROTURA	PARADA DE LA CENTRIFUGA. ARRANQUE DE CENTRIFUGA DE STAND-BY
Switches de vibración de separadoras de crudo	Sensar la vibración de la centrifuga y dar una señal de alarma y disparo en el Panel de Control D20	No dar lectura el switche	Falla en el sensor	ROTURA	PARADA DE LA CENTRIFUGA. ARRANQUE DE CENTRIFUGA DE STAND-BY
Switches de presión	Sensar la presión y dar una señal de alarma y disparo en el Panel de Control	Dar lectura errónea	Falso contacto o desconexión. Des calibración. Falla de aislamiento. Humedad en las conexiones eléctricas.	SALIDA ERRÁTICA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG1 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.
Switches de presión	Sensar la presión y dar una señal de alarma y disparo en el Panel de Control	No dar comunicación al PLC	Falla en el conexionado y canal I/O. Aislado de proceso. Humedad en las conexiones eléctricas	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG1 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.
Switches de presión	Sensar la presión y dar una señal de alarma y disparo en el Panel de Control	No dar lectura el switche	Falla en el sensor	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG1 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Sensores de temperatura (RTDs y Termocuplas)	Sensar la temperatura y dar una señal de alarma y corte en el Panel de Control	Dar lectura errónea	Falso contacto o desconexión. Des calibración. Falla de aislamiento. Humedad en las conexiones eléctricas.	SALIDA ERRATICA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG1 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.
Sensores de temperatura (RTDs y Termocuplas)	Sensar la temperatura y dar una señal de alarma y corte en el Panel de Control	No dar comunicación al PLC	Falla en el conexionado y canal I/O. Aislado de proceso. Humedad en las conexiones eléctricas	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG1 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE CONEX. ELÉCTRICAS.
Sensores de temperatura (RTDs y Termocuplas)	Sensar la temperatura y dar una señal de alarma y corte en el Panel de Control	No dar lectura de temperatura	Falla en el sensor	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG1 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.
Transmisores de nivel (por diferencial de presión) de tanques agua, combustible y aceite,	Sensar nivel y transmitir señal al Panel de Control	Dar lectura errónea	Des calibración. Aislado de proceso. Humedad en las conexiones eléctricas	SALIDA ERRATICA	NO HA PÉRDIDA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
Transmisores de nivel (por diferencial de presión) de tanques agua, combustible y aceite,	Sensar nivel y transmitir señal al Panel de Control	No dar comunicación al PLC	Falla en el conexionado y canal I/O. Aislado de proceso. Humedad en las conexiones eléctricas	ROTURA	NO HA PÉRDIDA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
Transmisores de nivel (por diferencial de presión) de tanques agua, combustible y aceite,	Sensar nivel y transmitir señal al Panel de Control	No dar lectura el transmisor	Falla en el transmisor	ROTURA	NO HA PÉRDIDA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
HMI local (SEG) del MG1	Brindar facilidad de monitoreo de las diferentes variables de proceso del MG1	Dejar de brindar facilidad de monitoreo del MG1	Falla en el PLC (Allen Bradley) del MG1	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG1 PARA CAMBIO TARJETAS PLC.
HMI local (SEG) del MG1	Brindar facilidad de monitoreo de las diferentes variables de proceso del MG1	Dejar de brindar facilidad de monitoreo del MG1	Falla de las fuentes de potencia del PLC	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG1 PARA CAMBIO FUENTES DE POTENCIA DEL PLC.
HMI local (SEG) del MG1	Brindar facilidad de monitoreo de las diferentes variables de proceso del MG1	Dejar de brindar facilidad de monitoreo del MG1	Daño en la red de comunicación	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG1 PARA CAMBIO TARJETAS DE COMUNICACIÓN.

ESTUDIO FMEA DE GRUPO ELECTRÓNICO MG2

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Motor MG2 Wartsila W16V32	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 6850 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 6850 KW	Mala combustión en los cilindros que produce alta o baja temperatura en los mismos	BAJA SALIDA	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG2 Wartsila W16V32	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 6850 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 6850 KW	Daño en los componentes internos de cabezotes: asientos y discos de válvulas, válvulas descalibradas	ROTURA	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG2 Wartsila W16V32	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 6850 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 6850 KW	Daño en los componentes internos de los cilindros: anillos, pistones, liners	ROTURA	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG2 Wartsila W16V32	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 6850 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 6850 KW	Baja presión combustible.	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG2 Wartsila W16V32	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 6850 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 6850 KW	Viscosidad del combustible fuera de rango. Sera analizado en Sist Combustible	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG2 Wartsila W16V32	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 6850 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 6850 KW	Bomba(s) de inyección defectuosa(s)	PROBLEMA MENOR EN SERVICIO	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG2 Wartsila W16V32	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 6850 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 6850 KW	Injector obstruido o aguja de inyector pegada	PROBLEMA MENOR EN SERVICIO	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Motor MG2 Wartsila W16V32	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 6850 KW a 720 RPM	No ser capaz de producir 6850 KW	Obstrucción en el filtro de aire	RESTRICION DE FLUJO	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Motor MG2 Wartsila W16V32	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 6850 KW a 720 RPM	Motor no arranca cuando se requiere	Presión de aire en la vasija es muy baja	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	FALLA DE ARRANQUE DEL MOTOR
Motor MG2 Wartsila W16V32	Convertir la energía térmica del crudo en energía mecánica hasta 6850 KW a 720 RPM	Motor no arranca cuando se requiere	Sistema de aire de arranque defectuoso	ROTURA	FALLA DE ARRANQUE DEL MOTOR
Motor MG2 Wartsila W16V32	Operar en condiciones optimas de vibración y temperaturas	Operar con vibraciones elevadas en bancada	Mala combustión en los cilindros	VIBRACION	PARADA PARA CAMBIO DE COMPONENTES DEL CILINDRO
Motor MG2 Wartsila W16V32	Operar en condiciones optimas de vibración y temperaturas	Operar con vibraciones elevadas en bancada	Desalineamiento entre el motor y el generador	VIBRACION	PARADA PARA ALINEAR MOTOR-GENERADOR
Motor MG2 Wartsila W16V32	Operar en condiciones optimas de vibración y temperaturas	Operar con vibraciones elevadas en bancada	Daño en cojinete de bancada, muñones de biela, árbol de levas, engranajes	VIBRACION	PARADA PARA CAMBIO DE COMPONENTES EN MAL ESTADO
Motor MG2 Wartsila W16V32	Operar en condiciones optimas de vibración y temperaturas	Operar con altas temperaturas de cojinetes de bancadas	Daño en cojinete de bancada, muñón de biela, árbol de levas, engranajes	SOBRECALENTAMIENTO	PARADA PARA CAMBIO DE COMPONENTES EN MAL ESTADO
Motor MG2 Wartsila W16V32	Operar a una velocidad constante de 720 RPM	Presentar oscilaciones en la velocidad de giro y carga del motor	Excesiva tolerancia en el palancaje que conecta el gobernador con las bombas de inyección	SALIDA ERRATICA	PARADA PARA CAMBIO DE COMPONENTES DEL PALANCAJE
Motor MG2 Wartsila W16V32	Operar a una velocidad constante de 720 RPM	Presentar oscilaciones en la velocidad de giro y carga del motor	Actuador Woodward defectuoso	SALIDA ERRATICA	PARADA PARA CAMBIO DE ACTUADOR
Filtro de aire CF102	Filtrar el aire de carga para la combustión	No filtrar el aire para la combustión	Daño en la caja de engranaje que hace girar la cortina	ROTURA	PARADA PARA CAMBIO DE ENGRANAJES DEL FILTRO
Filtro de aire CF102	Filtrar el aire de carga para la combustión	No filtrar el aire para la combustión	Bajo nivel de aceite	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Filtro de aire CF102	Filtrar el aire de carga para la combustión	Causar restricción en el flujo de aire (Alto DP)	Contaminación de aceite del filtro de aire	RESTRICION DE FLUJO	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Silenciadores de aire CN103 y CN104	Disminuir el ruido en la corriente de aire de entrada al motor	Generación de alto ruido en el silenciador	Colocación incorrecta del silenciador	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Silenciadores de aire CN103 y CN104	Disminuir el ruido en la corriente de aire de entrada al motor	Generación de alto ruido en el silenciador	Obstrucción interna del silenciador	RESTRICION DE FLUJO	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbocargador ABB TPL 67 C33, Tag EC103	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Compresión ineficiente del aire para la combustión	Impulsor del compresor sucio	PROBLEMA MENOR EN SERVICIO	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbocargador ABB TPL 67 C33, Tag EC103	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con baja RPM	Desgaste entre los alabes de la turbina	VIBRACION	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbocargador ABB TPL 67 C33, Tag EC103	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con baja RPM	Daño en los cojinetes del turbocompresor, anillos de laberinto de sellos	ROTURA	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbocargador ABB TPL 67 C33, Tag EC103	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con alta RPM	Obstrucción en el anillo tobera de la turbina. Acumulación de depósitos en los alabes (blades) de la turbina y/o compresor	RESTRICION DE FLUJO	RIESGO DE SOBREVOLOCIDAD EN EL TURBOCOMPRESOR
Turbocargador ABB TPL 67 C33, Tag EC104	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Compresión ineficiente del aire para la combustión	Impulsor del compresor sucio	PROBLEMA MENOR EN SERVICIO	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbocargador ABB TPL 67 C33, Tag EC104	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con baja RPM	Desgaste entre los alabes de la turbina	VIBRACION	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbocargador ABB TPL 67 C33, Tag EC104	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con baja RPM	Daño en los cojinetes del turbocompresor, anillos de laberinto de sellos	ROTURA	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE AIRE AL MOTOR
Turbocargador ABB TPL 67 C33, Tag EC104	Comprimir el aire (mejorando la eficiencia volumétrica) al motor utilizando el flujo motriz de los gases de escape	Operar con alta RPM	Obstrucción en el anillo tobera de la turbina. Acumulación de depósitos en los alabes (blades) de la turbina y/o compresor	RESTRICION DE FLUJO	RIESGO DE SOBREVOLOCIDAD EN EL TURBOCOMPRESOR
Enfriador aire de carga AT) CH103	Enfriar el aire de salida del turbocompresor	No enfriar el aire del turbocompresor	Obstrucción o ensuciamiento en el enfriador (lado agua)	SOBRECALENTAMIENTO	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Enfriador aire de carga (AT) CH103	Enfriar el aire de salida del turbocompresor	No enfriar el aire del turbocompresor	Obstrucción o ensuciamiento en el enfriador (lado aire)	SOBRECALENTAMIENTO	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Enfriador aire de carga (AT) CH103	Contener el agua dentro del mismo	Dejar escapar agua a la atmosfera	Escape de agua por los empaques	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE AGUA A LA ATMÓSFERA
Enfriador aire de carga (AT) CH103	Contener el agua dentro del mismo	Dejar pasar agua al lado de aire	Rotura de tubos	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	PASO DE AGUA A CILINDROS. RIESGO DE DAÑO EN CILINDROS Y CULATAS
Enfriador aire de carga (AT)	Contener el aire dentro del mismo	Dejar escapar aire a la atmosfera	Escape de aire por los empaques	FUGA DE AIRE	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Enfriador aire de carga (BT) CH104	Enfriar el aire de salida del turbocompresor	No enfriar el aire del turbocompresor	Obstrucción o ensuciamiento en el enfriador (lado aire)	RESTRICION DE FLUJO	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Enfriador aire de carga (BT) CH104	Retirar humedad del aire de salida del turbocompresor	No retirar la humedad del aire para el motor	Obstrucción de la válvula manual	RESTRICION DE FLUJO	PASO DE AGUA A CILINDROS. RIESGO DE DAÑO EN CILINDROS Y CULATAS
Enfriador aire de carga (BT) CH104	Contener el agua dentro del mismo	Dejar escapar agua a la atmosfera	Escape de agua por los empaques	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE AGUA A LA ATMÓSFERA
Enfriador aire de carga (BT) CH104	Contener el agua dentro del mismo	Dejar pasar agua al lado de aire	Rotura de tubos	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	PASO DE AGUA A CILINDROS. RIESGO DE DAÑO EN CILINDROS Y CULATAS
Enfriador aire de carga (BT) CH104	Contener el aire dentro del mismo	Dejar escapar aire a la atmosfera	Escape de aire por los empaques	FUGA DE AIRE	PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL MOTOR
Silenciador de gases de escape EN102	Disminuir el ruido en la corriente de aire de gases de salida del motor	Generación de alto ruido en el silenciador	Daño en los componentes internos del silenciador	ROTURA	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE GASES DE SALIDA DEL MOTOR
Silenciador de gases de escape EN102	Disminuir el ruido en la corriente de aire de gases de salida del motor	Generación de alto ruido en el silenciador	Obstrucción interna del silenciador	RESTRICION DE FLUJO	RESTRICCIÓN EN EL FLUJO DE GASES DE SALIDA DEL MOTOR
Chimenea gases de escape EX1702	Conducir los gases de escape del motor a la atmosfera	Dejar escapar gases por el cuerpo de la chimenea	Presentar corrosión en el metal de la chimenea	DEFICIENCIA ESTRUCTURAL	SALIDA DE GASES POR EL CUERPO DE LA CHIMENEA
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Convertir la energía mecánica del motor en energía eléctrica, máximo 6850 KW a 13.8 KV	No ser capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica	Ausencia del campo magnético	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MOTOR PARA REVISIÓN DE EXCITATRIZ Y REGULADOR DE VOLTAJE.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Convertir la energía mecánica del motor en energía eléctrica, máximo 6850 KW a 13.8 KV	No ser capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica	No cierre del interruptor principal. Falla del sistema de sincronización	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA REVISIÓN DE SEÑALES Y BREAKER PRINCIPAL.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Convertir la energía mecánica del motor en energía eléctrica, máximo 6850 KW a 13.8 KV	No ser capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica	Voltajes no balanceados en las fases	FALLA VOLTAJE DE SALIDA	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DE LA TURBINA PARA REVISIÓN DE LOS VOLTAJES Y DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Convertir la energía mecánica del motor en energía eléctrica, máximo 6850 KW a 13.8 KV	No ser capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica	Falla en el sistema de sincronización automática	FALLA EN SINCRONIZACIÓN	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DE LA TURBINA PARA REVISIÓN DEL SINCRONIZADOR.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Convertir la energía mecánica del motor en energía eléctrica, máximo 6850 KW a 13.8 KV	No ser capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica	Falla en el sistema de sincronización manual	FALLA EN SINCRONIZACIÓN	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA REVISIÓN DEL SINCRONIZADOR.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Desalineamiento entre motor-generador	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA ALINEACIÓN MOTOR-GENERADOR.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Desbalanceo mecánico y/o eléctrico del rotor del generador	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA REALIZAR BALANCEO DEL GENERADOR.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Daño en el acople. Se tratara en el punto del acople	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA REALIZAR CAMBIO DE ACOPLÉ.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Problemas eléctricos del campo magnético	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG1 PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DEL CAMPO MAGNÉTICO.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas vibraciones en la operación	Acumulación de sucio en el ventilador	VIBRACION	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA LIMPIAR VENTILADOR.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas temperaturas en los cojinetes	Desgaste o superficie rugosa del anillo de lubricación	SOBRECALENTAMIENTO	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DE ANILLOS DE LUBRICACIÓN.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas temperaturas en los cojinetes	Aceite de viscosidad incorrecta	SOBRECALENTAMIENTO	PÉRDIDA DE GENERACION DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DE ACEITE.
Generador ABB AMG 1120 MK 10 DSE	Operar en condiciones óptimas de funcionamiento	Presentar altas temperaturas en los cojinetes	Alto y/o bajo nivel de aceite de lubricación	SOBRECALENTAMIENTO	POSIBLE DAÑO EN COJINETES DEL GENERADOR

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Sistema de enfriamiento de aire	Enfriar los devanados adecuadamente	No ser capaz de enfriar los devanados en forma adecuada	Deficiencia en la circulación de aire en la sala de maquinas	SOBRECALENTAMIENTO	POSIBLE DAÑO EN LARGO PLAZO DE LOS DEVANADOS.
Ventilador de enfriamiento	Impulsar el aire para enfriamiento del generador	Suministrar aire insuficiente para el enfriamiento	Ensuciamiento del impulsor del ventilador	SOBRECALENTAMIENTO	POSIBLE DAÑO EN LARGO PLAZO DE LOS DEVANADOS.
Ventilador de enfriamiento	Impulsar el aire para enfriamiento del generador	Suministrar aire insuficiente para el enfriamiento	Desgaste en las aspas del ventilador del rotor	SOBRECALENTAMIENTO	POSIBLE DAÑO EN LARGO PLAZO DE LOS DEVANADOS.
Acople Motor-Generador RENOOLD DCB GS 648.5 SM50	Transmitir el torque y la potencia del motor al generador	No transmitir el torque del motor al generador	Daño grave en el acople	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DEL ACOUPLE
Compresores de aire SPERRE AC003/004 de pistón	Suministrar 38 M3/hora de aire entre 25 a 30 Bar a la botella de aire comprimido	No suministrar aire comprimido a las botellas (vessels o pulmones)	Daño en los componentes internos del compresor: camisas, cabezotes de alta y baja presión, válvulas, acople motor compresor	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. SON 2 COMPRESORES
Compresores de aire SPERRE AC003/004 de pistón	Suministrar 38 M3/hora de aire entre 25 a 30 Bar a la botella de aire comprimido	No suministrar aire comprimido a las botellas (vessels o pulmones)	Material extraño (residuos de carbón) hace que quede abierta la electroválvula	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA PARA REPARAR LA ELECTROVÁLVULA.
Compresores de aire SPERRE AC003/004 de pistón	Suministrar 38 M3/hora de aire entre 25 a 30 Bar a la botella de aire comprimido	No suministrar aire comprimido a las botellas (vessels o pulmones)	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. SON 2 COMPRESORES. ARRANQUE DEL COMPRESOR EN STAND-BY.
Acumulador de aire comprimido AT003	Almacenar 1000 litros de aire comprimido entre 25 a 30 Bar	Presentar escape de aire a la atmosfera	Escape de aire por los empaques, bridas y accesorios (conexiones, tubings)	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. SON 2 COMPRESORES. CORRECCIÓN DE ESCAPE.
Carter del motor	Contener el aceite lubricante del motor	Presentar escape de aceite a la atmosfera	Escape de aceite por empaques y accesorios	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA. PARADA DEL MG2 PARA CORREGIR ESCAPE
Separadora centrífuga de aceite GEA Westfalia	Separar los lodos (depósitos de la combustión) y el agua que se forman en el aceite de lubricación (2.3 M3/hora)	No ser capaz de separar los lodos y el agua del aceite en forma eficiente	Taponamiento del filtro de entrada a la separadora	RESTRICION DE FLUJO	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. LIMPIAR FILTRO DE SUCCIÓN.
Separadora centrífuga de aceite GEA Westfalia	Separar los lodos (depósitos de la combustión) y el agua que se forman en el aceite de lubricación (2.3 M3/hora)	No ser capaz de separar los lodos y el agua del aceite en forma eficiente	Falla en los empaques (elastómeros o-rings) del bowl (tazón)	RESTRICION DE FLUJO	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. CAMBIAR EMPAQUES DEL BOWL.
Separadora centrífuga de aceite GEA Westfalia	Calentar el aceite a la separadora	No calentar el aceite a la temperatura adecuada	Acumulación de depósitos en el aceite que obstruyen el calentador	RESTRICION DE FLUJO	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. LIMPIAR CALENTADOR DE ACEITE.
Separadora centrífuga de aceite GEA Westfalia	Calentar el aceite a la separadora	No calentar el aceite a la temperatura adecuada	Problema en el sistema de control	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. REVISAR SISTEMA DE CONTROL.
Separadora centrífuga de aceite GEA Westfalia	Calentar el aceite a la separadora	No calentar el aceite a la temperatura adecuada	Daño en las resistencias eléctricas	ROTURA	NO HAY PÉRDIDA DE GENERACIÓN. REVISAR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS.
Bomba de aceite a separadora	Suministrar 2.3 M3/hora de aceite a la separadora de aceite lubricación	No suministrar aceite a la separadora de aceite a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. REPARAR BOMBA DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora	Suministrar 2.3 M3/hora de aceite a la separadora de aceite lubricación	No suministrar aceite a la separadora de aceite a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor - bomba	ROTURA	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. CAMBIAR ACOUPLE DE BOMBA DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora	Suministrar 2.3 M3/hora de aceite a la separadora de aceite lubricación	No suministrar aceite a la separadora de aceite a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	ROTURA	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. CAMBIAR DEL MOTOR DE BOMBA DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora	Suministrar 2.3 M3/hora de aceite a la separadora de aceite lubricación	No suministrar aceite a la separadora de aceite a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. REPARAR ARRANCADOR DEL MOTOR BOMBA DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora	Suministrar 2.3 M3/hora de aceite a la separadora de aceite lubricación	No suministrar aceite a la separadora de aceite a la presión y flujo requerido	Descalibración de la válvula de seguridad de la bomba	RECIRCULACION O FUGAS INTERNAS	NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN. CALIBRAR VÁLVULA DE ALIVIO DE BOMBA DE ACEITE.
Bomba de aceite a separadora	Contener el aceite dentro de la bomba	Presentar escape de aceite a la atmosfera	Escape de aceite por el sello mecánico	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE ACEITE A LA ATMÓSFERA. CAMBIAR SELLO MECÁNICO DE LA BOMBA.
Centrifugadora gases del cárter QBF-021	Extraer y filtrar los vapores de aceite del cárter	No extraer los vapores de aceite del cárter	Daño en los componentes filtrantes de la centrifuga	ROTURA	PRESIONAMIENTO DEL CARTER. PARADA DEL MG2 PARA REPARAR CENTRIFUGA
Centrifugadora gases del cárter QBF-021	Extraer y filtrar los vapores de aceite del cárter	No extraer los vapores de aceite del cárter	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	PRESIONAMIENTO DEL CARTER. PARADA DEL MG2 PARA REVISAR ARRANCADOR.
Filtro de succión de aceite bomba principal de aceite	Retener partículas del cárter para que no entren a la bomba principal	Causar restricción en el flujo de aceite a la bomba	Taponamiento en el filtro de aceite	RESTRICION DE FLUJO	POSIBLE PARADA DEL MG2 POR BAJA PRESIÓN DE ACEITE DE LUBRICACIÓN
Bomba principal de aceite movida por el motor MG2	Suministrar aceite de lubricación a los cojinetes del motor y a los cojinetes de los turbo cargadores	Entregar aceite a una presión y flujo inferior a lo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DE COMPONENTES DE LA BOMBA
Bomba principal de aceite movida por el motor MG2	Suministrar aceite de lubricación a los cojinetes del motor y a los cojinetes de los turbo cargadores	Entregar aceite a una presión y flujo inferior a lo requerido	Daño en los engranajes de acople del motor a la bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DE ENGRANAJES DE LA BOMBA

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Bomba eléctrica de aceite pre lubricación	Suministrar el aceite de lubricación al motor en el momento de arranque y paradas de la maquina	No suministrar aceite al motor y a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DE COMPONENTES DE LA BOMBA
Bomba eléctrica de aceite pre lubricación	Suministrar el aceite de lubricación al motor en el momento de arranque y paradas de la maquina	No suministrar aceite al motor y a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor - bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DEL ACOUPLE.
Bomba eléctrica de aceite pre lubricación	Suministrar el aceite de lubricación al motor en el momento de arranque y paradas de la maquina	No suministrar aceite al motor y a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DEL MOTOR.
Bomba eléctrica de aceite pre lubricación	Suministrar el aceite de lubricación al motor en el momento de arranque y paradas de la maquina	No suministrar aceite al motor y a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA REVISIÓN DEL ARRANCADOR.
Bomba eléctrica de aceite pre lubricación	Contener el aceite dentro de la bomba	Presentar escape de aceite a la atmosfera	Escape de aceite por el sello mecánico	RUIDO	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DEL SELLO MECÁNICO.
Filtro aceite automático	Filtrar el aceite que viene del cárter del motor MG2	Causar restricción al flujo de aceite de lubricación	Obstrucción en el filtro de aceite (candle filter)	RESTRICION DE FLUJO	REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE ACEITE AL MG2.
Filtro aceite automático	Filtrar el aceite que viene del cárter del motor MG2	Causar restricción al flujo de aceite de lubricación	Daño en los componentes internos (engranajes y rodamientos)	ROTURA	REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE ACEITE AL MG2.
Enfriador de aceite de placa y tubos dentro del MG2	Enfriar el aceite de lubricación	No ser capaz de enfriar el aceite de lubricación a la temperatura adecuada	Ensuciamiento en el lado de aceite y/o agua LT en el enfriador	SOBRECALENTAMIENTO	AUMENTO EN LA TEMPERATURA DEL ACEITE AL MG2.
Enfriador de aceite de placa y tubos dentro del MG2	Contener el aceite de lubricación y el agua LT dentro del mismo	Presentar escape de aceite y/o agua LT a la atmosfera	Escape de aceite y/o agua LT por empaques y accesorios	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE ACEITE Y/O AGUA A LA ATMÓSFERA.
Bombas alimentación crudo - diésel de la unidad PCA-901	Suministrar la mezcla de crudo-diésel al filtro automático de crudo	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas alimentación crudo - diésel de la unidad PCA-901	Suministrar la mezcla de crudo-diésel al filtro automático de crudo	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor - bomba	ROTURA	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas alimentación crudo - diésel de la unidad PCA-901	Suministrar la mezcla de crudo-diésel al filtro automático de crudo	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	ROTURA	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas alimentación crudo - diésel de la unidad PCA-901	Suministrar la mezcla de crudo-diésel al filtro automático de crudo	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas alimentación crudo - diésel de la unidad PCA-901	Suministrar la mezcla de crudo-diésel al filtro automático de crudo	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Descalibración de la válvula de seguridad de la bomba	RESTRICIÓN DE FLUJO	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas alimentación crudo - diésel de la unidad PCA-901	Contener el crudo dentro de la bomba	Presentar escape de crudo a la atmosfera	Escape de crudo por el sello mecánico	FUGA DE COMBUSTIBLE	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. FUGA DE CRUDO A LA ATMÓSFERA.
Filtro automático de crudo de la unidad PCA-901	Filtrar el crudo de la unidad Booster de crudo PCA-901	Causar restricción al flujo de crudo de la unidad PCA-901	Obstrucción en el filtro de crudo (candle filter)	RESTRICIÓN DE FLUJO	REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2.
Filtro automático de crudo de la unidad PCA-901	Filtrar el crudo de la unidad Booster de crudo PCA-901	Causar restricción al flujo de crudo de la unidad PCA-901	Falla en el suministro de aire	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2.
Tanque de mezcla de la Unidad Booster de crudo PCA-901	Contener la mezcla de crudo diésel para alimentar al motor. Permitir retirar el aire del combustible	No contener la mezcla crudo diésel dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	FUGA DE CRUDO A LA ATMÓSFERA.
Bombas booster de crudo - diésel de la unidad PCA-901	Suministrar la mezcla de crudo-diésel del depósito de mezcal a los calentadores eléctricos	No suministrar crudo a los calentadores eléctricos a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas booster de crudo - diésel de la unidad PCA-901	Suministrar la mezcla de crudo-diésel del depósito de mezcal a los calentadores eléctricos	No suministrar crudo a los calentadores eléctricos a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor - bomba	ROTURA	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY
Bombas booster de crudo - diésel de la unidad PCA-901	Suministrar la mezcla de crudo-diésel del depósito de mezcal a los calentadores eléctricos	No suministrar crudo a los calentadores eléctricos a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	ROTURA	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. ARRANQUE DE LA BOMBA STAND-BY

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Bombas booster de crudo - diésel de la unidad PCA-901	Contener el crudo dentro de la bomba	Presentar escape de crudo a la atmosfera	Escape de crudo por el sello mecánico	FUGA DE COMBUSTIBLE	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. FUGA DE CRUDO A LA ATMÓSFERA.
Pre calentadores eléctricos de crudo de la unidad PCA-901	Calentar la mezcla crudo-diésel para mantener la viscosidad necesaria en el MG2	No ser capaz de calentar la mezcla crudo-diésel a la temperatura adecuada	Problema en el sistema de control	SALIDA ERRÁTICA	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. ARRANQUE DEL CALENTADOR EN STAND-BY
Pre calentadores eléctricos de crudo de la unidad PCA-901	Calentar la mezcla crudo-diésel para mantener la viscosidad necesaria en el MG2	No ser capaz de calentar la mezcla crudo-diésel a la temperatura adecuada	Daño en las resistencias eléctricas	ROTURA	NO HAY REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2. ARRANQUE DEL CALENTADOR EN STAND-BY
Viscosímetro: Controlador de Viscosidad de Crudo	Controlar la viscosidad de entrada de combustible al motor dentro del rango adecuado	No controlar la viscosidad dentro del rango adecuado	Descalibración del Viscosímetro	DESVIACIÓN DE PARÁMETROS	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2
Viscosímetro: Controlador de Viscosidad de Crudo	Controlar la viscosidad de entrada de combustible al motor dentro del rango adecuado	No controlar la viscosidad dentro del rango adecuado	Falla del módulo electrónico del viscosímetro	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2
Bomba alimentación crudo - diésel de la unidad PFC-021	Suministrar la mezcla de crudo-diésel al filtro de combustible y luego al motor MG2	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2
Bomba alimentación crudo - diésel de la unidad PFC-021	Suministrar la mezcla de crudo-diésel al filtro de combustible y luego al motor MG2	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor - bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2
Bomba alimentación crudo - diésel de la unidad PFC-021	Suministrar la mezcla de crudo-diésel al filtro de combustible y luego al motor MG2	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2
Bomba alimentación crudo - diésel de la unidad PFC-021	Suministrar la mezcla de crudo-diésel al filtro de combustible y luego al motor MG2	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2.
Bomba alimentación crudo - diésel de la unidad PFC-021	Suministrar la mezcla de crudo-diésel al filtro de combustible y luego al motor MG2	No suministrar crudo a la separadora de crudo a la presión y flujo requerido	Descalibración de la válvula de seguridad de la bomba	RESTRICIÓN DE FLUJO	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2.
Bomba alimentación crudo - diésel de la unidad PFC-021	Contener el crudo dentro de la bomba	Presentar escape de crudo a la atmosfera	Escape de crudo por el sello mecánico	FUGA DE COMBUSTIBLE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2.
Filtro de combustible de la unidad PFC-021	Filtrar el combustible crudo-diésel antes de entrar al motor MG2	Causar restricción al flujo de crudo-diésel del motor MG2	Obstrucción en el filtro de crudo-diésel	RESTRICIÓN DE FLUJO	REDUCCIÓN EN EL FLUJO DE CRUDO AL MG2.
Filtro de combustible de la unidad PFC-021	Contener el crudo dentro del filtro	Presentar escape de crudo a la atmosfera	Escape de crudo por los empaques	FUGA DE COMBUSTIBLE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENRGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CORREGIR ESCAPE.
Depósito de combustible de la unidad de suministro de crudo PFC-021	Contener el crudo limpio que sale del motor MG2	No contener el crudo dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE COMBUSTIBLE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CORREGIR ESCAPE.
Bomba de combustible de fuga de la unidad PFC-021	Suministrar el combustible de fuga del motor MG2 a la unidad booster PCA-901	No suministrar crudo a la unidad booster de crudo PCA-901 a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor - bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2
Bomba de combustible de fuga de la unidad PFC-021	Suministrar el combustible de fuga del motor MG2 a la unidad booster PCA-901	No suministrar crudo a la unidad booster de crudo PCA-901 a la presión y flujo requerido	Daño en el motor eléctrico	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2
Bomba de combustible de fuga de la unidad PFC-021	Suministrar el combustible de fuga del motor MG2 a la unidad booster PCA-901	No suministrar crudo a la unidad booster de crudo PCA-901 a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2.
Bomba de combustible de fuga de la unidad PFC-021	Suministrar el combustible de fuga del motor MG2 a la unidad booster PCA-901	No suministrar crudo a la unidad booster de crudo PCA-901 a la presión y flujo requerido	Descalibración de la válvula de seguridad de la bomba	RESTRICIÓN DE FLUJO	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2.
Bomba de combustible de fuga de la unidad PFC-021	Contener el crudo dentro de la bomba	Presentar escape de crudo a la atmosfera	Escape de crudo por el sello mecánico	FUGA DE COMBUSTIBLE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2.
Depósito de expansión de agua HT y LT, VEA11	Contener el agua de enfriamiento para compensar cualquier pérdida de agua en el sistema HT y LT	No contener el agua de enfriamiento dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA DE ACEITE, GAS O AGUA	ESCAPE DE AGUA A LA ATMÓSFERA
Bomba eléctrica de precalentamiento de agua HT	Suministrar agua HT para arranque del motor, pasando por el calentador eléctrico	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE ARRANQUE DEL MG2.
Bomba eléctrica de precalentamiento de agua HT	Suministrar agua HT para arranque del motor, pasando por el calentador eléctrico	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en el acople motor - bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE ARRANQUE DEL MG2.

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Bomba eléctrica de precalentamiento de agua HT	Suministrar agua HT para arranque del motor, pasando por el calentador eléctrico	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE ARRANQUE DEL MG2.
Bomba eléctrica de precalentamiento de agua HT	Contener el agua HT dentro de la bomba	Presentar escape de agua HT a la atmosfera	Escape de agua por el sello mecánico	FUGA LUBRICANTE O AGUA DE ENFRIAMIENTO	PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE ARRANQUE DEL MG2. ESCAPE DE AGUA A LA ATMÓSFERA.
Pre calentador de agua HT eléctrico	Calentar el agua HT para arranque del motor MG2	No ser capaz de calentar el agua HT cuando se requiere	Problema en el sistema de control	SALIDA ERRÁTICA	PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE ARRANQUE DEL MG2.
Pre calentador de agua HT eléctrico	Calentar el agua HT para arranque del motor MG2	No ser capaz de calentar el agua HT cuando se requiere	Daño en las resistencias eléctricas	ROTURA	PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE ARRANQUE DEL MG2.
Bomba circuito de agua alta temperatura HT movida por el motor MG2	Suministrar agua HT para enfriamiento del motor	No suministrar agua HT a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DE COMPONENTES DE LA BOMBA
Radiador circuito de agua baja temperatura LT (10 ventiladores x 7.5 KW)	Enfriar el agua del sistema de agua baja temperatura LT	No ser capaz de enfriar el agua LT a la temperatura adecuada	Ensuciamiento interno y/o externo del radiador	RESTRICIÓN DE FLUJO	CALENTAMIENTO EN EL AIRE DE SALIDA DE LOS TURBOS Y EN LA TEMPERATURA DE ACEITE DE LUBRICACIÓN.
Radiador circuito de agua baja temperatura LT (10 ventiladores x 7.5 KW)	Contener el agua de Baja Temperatura LT dentro del radiador	No contener el agua de alta temperatura HT dentro del mismo	Escape por bridas, empaques y accesorios	FUGA LUBRICANTE O AGUA DE ENFRIAMIENTO	FUGA DE AGUA A LA ATMÓSFERA.
Bomba circuito de Baja Temperatura LT movida por el motor MG2	Suministrar agua LT para enfriamiento del aceite y del pos enfriador de los turbos.	No suministrar agua LT a la presión y flujo requerido	Daño en los componentes internos de la bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DE COMPONENTES DE LA BOMBA
Bomba circuito de Baja Temperatura LT movida por el motor MG2	Suministrar agua LT para enfriamiento del aceite y del pos enfriador de los turbos.	No suministrar agua LT a la presión y flujo requerido	Daño en los engranajes motor - bomba	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO DE ENGRANAJES DE LA BOMBA
Ventiladores enfriamiento agua LT (10 x 7 KW)	Suministrar el aire para enfriamiento de los radiadores de agua de baja temperatura LT	No suministrar el aire de enfriamiento requerido	Daño del motor eléctrico	ROTURA	POSIBLE LIMITAIÓN EN LA POTENCIA DEL MG2. REPARAR MOTOR
Ventiladores enfriamiento agua LT (10 x 7 KW)	Suministrar el aire para enfriamiento de los radiadores de agua de baja temperatura LT	No suministrar el aire de enfriamiento requerido	Daño en el arrancador del motor	FALLA AL ARRANQUE	POSIBLE LIMITAIÓN EN LA POTENCIA DEL MG2. REPARAR ARRANCADOR.
Ventiladores enfriamiento agua LT (10 x 7 KW)	Suministrar el aire para enfriamiento de los radiadores de agua de baja temperatura LT	No suministrar el aire de enfriamiento requerido	Rotura de las aspas del ventilador	RUIDO	POSIBLE LIMITAIÓN EN LA POTENCIA DEL MG2. REPARAR VENTILADOR
Sistema de control separadora de aceite GEA Westfalia	Facilitar el control operacional de la centrifuga y sistemas asociados	No ser capaz de realizar el control de la separadora	Perdida de configuración	SALIDA ERRATICA	SEPARADORA DE ACEITE SALE DE SERVICIO. NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN.
Sistema de control separadora de aceite GEA Westfalia	Indicar las condiciones de proceso de la centrifuga y sistemas asociados	Dejar de indicar las condiciones de proceso de la centrifuga y sistema asociado	Daño de la pantalla (display) del controlador	LECTURA ANORMAL	SEPARADORA DE ACEITE SALE DE SERVICIO. NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN.
Sistema de control separadora de aceite GEA Westfalia	Proteger la centrifuga contra fallos funcionales	No proteger a la centrifuga contra fallos funcionales	Daño en los canales del PLC de control	ROTURA	SEPARADORA DE ACEITE SALE DE SERVICIO. NO HAY PERDIDA DE GENERACIÓN.
Sistema control y protección del generador	Proteger al generador por diferencial de corriente en las bobinas	No proteger al generador por alto diferencial de corriente en las bobinas	Falla en el sistema de control de protección (CTS, PTS, configuración del relay)	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.
Sistema control y protección del generador	Proteger al generador por sobre corriente	No proteger al generador por sobre corriente	Falla en los relays de protección (CTS, PTS, configuración del relay)	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.
Sistema control y protección del generador	Proteger al generador por corriente inversa	No proteger al generador por corriente inversa	Falla en el sistema de control de protección (CTS, PTS, configuración del relay)	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.
Sistema control y protección del generador	Proteger al generador por alta frecuencia	No proteger al generador por alta frecuencia	Falla en el sistema de control de protección (CTS, PTS, configuración del relay)	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.
Sistema control y protección del generador	Proteger al generador por sobre voltaje	No proteger al generador por sobre voltaje	Falla en el sistema de control de protección (CTS, PTS, configuración del relay)	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.
Sistema control y protección del generador	Proteger al generador por falla a tierra	No proteger al generador por falla a tierra	Falla en el sistema de control de protección (CTS, PTS, configuración del relay)	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.
Controlador electrónico de velocidad del motor Woodward 723	Mantener la velocidad constante en 720 RPM independientemente de la carga	No mantener la velocidad constante en 720 RPM	Falla en los sensores de velocidad (pick ups)	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFECTO DE LA FALLA
Controlador electrónico de velocidad del motor Woodward 723	Mantener la velocidad constante en 720 RPM independientemente de la carga	No mantener la velocidad constante en 720 RPM	Daño en el Controlador Electrónico Woodward 723	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.
Controlador electrónico de velocidad del motor Woodward 723	Proteger al motor por sobre velocidad 110%	No proteger al motor por sobre velocidad (110%)	Daño en el Controlador Electrónico Woodward 723	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.
Regulador Automático de Voltaje (AVR) del generador	Mantener el voltaje constante independiente de la carga	No mantener el voltaje constante	Falla en el sistema AVR (Automatic Voltage Regulator)	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.
Regulador Automático de Voltaje (AVR) del generador	Mantener el voltaje constante independiente de la carga	No mantener el voltaje constante	Falla de elementos de la excitatriz: diodos	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 SALE DE SERVICIO.
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de devanados	No proteger al generador por alta temperatura de devanados	Falla en las termo resistencias	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR ALTA TEMPERATURA DE DEVANADOS.
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de devanados	No proteger al generador por alta temperatura de devanados	Falla en el módulo electrónico de las RTD de temperatura: Modulo I/O flex de Allen Bradley	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR ALTA TEMPERATURA DE DEVANADOS.
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de devanados	No proteger al generador por alta temperatura de devanados	Falla en los relays de protección	FALLA AL APAGAR	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR ALTA TEMPERATURA DE DEVANADOS.
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de devanados	No proteger al generador por alta temperatura de devanados	Falla del controlador Allen Bradley Control Logic 5000	FALLA AL APAGAR	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR ALTA TEMPERATURA DE DEVANADOS.
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de cojinetes	No proteger al generador por alta temperatura de cojinetes	Falla en las termo resistencias	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR ALTA TEMPERATURA DE COJINETES.
PLC Allen Bradley Control Logic 5000	Proteger al generador por alta temperatura de cojinetes	No proteger al generador por alta temperatura de cojinetes	Falla en los relays de protección	FALLA AL APAGAR	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR ALTA TEMPERATURA DE COJINETES.
Sistema WARTSILA de protección por sobre velocidad del MG2.	Proteger al motor por sobre velocidad 115%	No brindar protección por sobre velocidad del motor MG1	Falla en los sensores de velocidad (pick ups)	FALLA AL APAGAR	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR SOBREVOLUCIDAD.
Sistema WARTSILA de protección por sobre velocidad del MG2.	Proteger al motor por sobre velocidad 115%	No brindar protección por sobre velocidad del motor MG1	Daño en el Controlador Electrónico WARTSILA	FALLA AL APAGAR	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR SOBREVOLUCIDAD.
Sistema WARTSILA de protección por sobre velocidad del MG2.	Proteger al motor por sobre velocidad 115%	No brindar protección por sobre velocidad del motor MG1	Desconexión de algún cable	FALLA AL APAGAR	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. GENERADOR MG2 QUEDA SIN PROTECCIÓN POR SOBREVOLUCIDAD.
Switch-Gear Celda 1	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No dar paso al flujo de corriente cuando debe conectar	El interruptor no cierra porque la bobina de cierre no actúa	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Switch-Gear Celda 1	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No dar paso al flujo de corriente cuando debe conectar	Activación de una protección del relay del generador (Multilin) y o del motor MG2	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Switch-Gear Celda 1	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No dar paso al flujo de corriente cuando debe conectar	Accionamiento mecánico (resorte) descargado	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Switch-Gear Celda 1	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No dar paso al flujo de corriente cuando debe conectar	Falla en el sistema de control del SWG	FALLA AL ARRANQUE	PÉRDIDA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
Switch-Gear Celda 1	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No interrumpir el flujo de corriente cuando debe hacerlo	El interruptor no abre porque la bobina de apertura no actúa	FALLA AL APAGAR	POSIBLE FALLA CATASTRÓFICA
Switch-Gear Celda 1	Conectar e interrumpir la corriente de salida principal de generador	No interrumpir el flujo de corriente cuando debe hacerlo	Falla en el sistema de control del SWG	FALLA AL APAGAR	POSIBLE FALLA CATASTRÓFICA
Válvulas de cierre rápido de combustible al motor MG2	Detener el flujo de combustible al motor MG2 cuando es necesario	No ser capaz de detener el flujo de combustible al motor cuando es necesario	Falla del mecanismo electro neumático de la válvula	FALLA AL APAGAR	POSIBLE FALLA CATASTRÓFICA
Válvulas de cierre rápido de combustible al motor MG2	Detener el flujo de combustible al motor MG2 cuando es necesario	No ser capaz de detener el flujo de combustible al motor cuando es necesario	Obstrucción o daño en los componentes internos de la válvula	FALLA AL APAGAR	POSIBLE FALLA CATASTRÓFICA

EQUIPO / SISTEMA	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	MODO DE FALLA ISO 14224	EFFECTO DE LA FALLA
Válvulas de tres vías motorizadas	Controlar la temperaturas de agua HT, MT y LT, temperaturas de crudo, y temperaturas de aceite del motor MG1, mediante redirección de parte de su flujo	No controlar la temperatura dentro del rango adecuado	Falla en los componentes internos del cuerpo de la válvula: asientos, obturador (tapón) empaques	SALIDA ERRÁTICA	DESCONTROL EN TEMPERATURA DE CRUDO, AGUA O ACEITE
Válvulas de tres vías motorizadas	Contener el fluido dentro de la válvula	Presentar fugas de fluido a la atmosfera	Escapes por los empaques del cuerpo	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE CRUDO, AGUA O ACEITE A LA ATMOSFERA
Válvulas de tres vías motorizadas	Contener el fluido dentro de la válvula	Presentar fugas de fluido a la atmosfera	Escape por el bonete de la válvula	FUGA DE ACEITE, GAS, AGUA	ESCAPE DE CRUDO, AGUA O ACEITE A LA ATMOSFERA
Switches de presión	Sensar la presión y dar una señal de alarma y disparo en el Panel de Control	No dar comunicación al PLC	Falla en el conexionado y canal I/O. Aislado de proceso. Humedad en las conexiones eléctricas	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG2 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.
Switches de presión	Sensar la presión y dar una señal de alarma y disparo en el Panel de Control	No dar lectura el switche	Falla en el sensor	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG2 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.
Sensores de temperatura (RTDs y Termocuplas)	Sensar la temperatura y dar una señal de alarma y corte en el Panel de Control	Dar lectura errónea	Falso contacto o desconexión. Descalibración. Falla de aislamiento. Humedad en las conexiones eléctricas.	SALIDA ERRÁTICA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG2 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.
Sensores de temperatura (RTDs y Termocuplas)	Sensar la temperatura y dar una señal de alarma y corte en el Panel de Control	No dar comunicación al PLC	Falla en el conexionado y canal I/O. Aislado de proceso. Humedad en las conexiones eléctricas	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG2 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.
Sensores de temperatura (RTDs y Termocuplas)	Sensar la temperatura y dar una señal de alarma y corte en el Panel de Control	No dar lectura de temperatura	Falla en el sensor	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG2 PARA CALIBRACIÓN, LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.
HMI local WOIS (Wartsila Operator Interface System) del MG2	Brindar facilidad de monitoreo de las diferentes variables de proceso del MG2	Dejar de brindar facilidad de monitoreo del MG2	Falla en el PLC (Allen Bradley) del WOIS	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO TARJETAS PLC.
HMI local WOIS (Wartsila Operator Interface System) del MG2	Brindar facilidad de monitoreo de las diferentes variables de proceso del MG2	Dejar de brindar facilidad de monitoreo del MG2	Falla de las fuentes de potencia del PLC	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO FUENTES DE POTENCIA DEL PLC.
HMI local WOIS (Wartsila Operator Interface System) del MG2	Brindar facilidad de monitoreo de las diferentes variables de proceso del MG2	Dejar de brindar facilidad de monitoreo del MG2	Daño en la red de comunicación	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO TARJETAS DE COMUNICACIÓN.
HMI local WISE (Wartsila Information System Environment) del MG2	Brindar facilidad de seguimiento a la generación de potencia del MG2.	Dejar de brindar facilidad de monitoreo del MG2	Falla en el PLC (Allen Bradley) del WISE	ROTURA	PÉRDIDA DE GENERACIÓN. PARADA DEL MG2 PARA CAMBIO TARJETAS PLC.

Fuente: (Petroamazonas EP - AMS, 2013)