

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA EL SISTEMA DE
CONTROL CENTRAL SCADA DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE Y
LOGÍSTICA DE ECOPETROL

HILDA CRISTINA FORERO ALVARES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2014

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA EL SISTEMA DE
CONTROL CENTRAL SCADA DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE Y
LOGÍSTICA DE ECOPETROL

HILDA CRISTINA FORERO ALVARES

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: JUAN CARLOS HERAZO

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2014

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** creador.

A mis padres **Hilda María** y **Manuel Humberto** por su gran esfuerzo, entereza y amor incondicional.

A mi esposo **Hugo** por su comprensión y amor.

A mis hijos **Laura Cristina** y **Daniel**, mi fuente eterna de inspiración de vida.

A **ECOPETROL S.A** por su patrocinio y apoyo para lograr el título de especialista en gerencia de mantenimiento.

A los ingenieros **Juan Carlos Herazo** (director) y **Daniel Baez** (asesor), por su tiempo, guía y conocimiento.

Profesores, amigos y compañeros con los que compartí esta etapa de conocimiento.

A todos ellos, muchas gracias.....

Hilda Cristina Forero Alvares

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	15
1. MARCO CONTEXTUAL	18
1.1 ECOPETROL S.A.	18
1.1.1 Reseña histórica	19
1.1.2 Principios y valores	21
1.1.3 Organización	22
1.1.3.1 Vicepresidencia de Exploración	22
1.1.3.2 Vicepresidencia de Refinación y petroquímica	23
1.1.3.3 Vicepresidencia de suministro	23
1.1.3.4 Vicepresidencia de Transporte y Logística	23
1.2 SISTEMA DE CONTROL CENTRAL SCADA	25
1.2.1 Generalidades – reseña histórica	28
1.2.2 Características del sistema	32
1.2.3 Arquitectura del sistema	33
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	35
1.3.1 INTRODUCCION AL PROBLEMA	35
1.3.2 DIAGNOSTICO	36
1.4 OBJETIVOS	36
1.4.1 Objetivo general	36
1.4.2 Objetivos específicos	36
2. MARCO TEÓRICO	38
2.1 GESTION DEL MANTENIMIENTO	38
2.1.1 Mantenimiento correctivo	40
2.1.2 Mantenimiento preventivo	40
2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM	41
2.2.1 Historia del RCM	41

2.2.2	Generalidades de RCM	43
2.2.3	Conceptos de RCM	47
2.2.3.1.	Equipos críticos	47
2.2.3.2	Funciones	47
2.2.3.3	Fallas funcionales	48
2.2.4	Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA)	49
2.2.5	Normas aplicadas en RCM	50
2.2.5.1	SAE JA1011 (Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes)	50
2.2.5.2	SAE JA1012 (A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard)	51
2.2.5.3	ISO14224 (Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment)	53
2.2.6	Descripción de metodología RCM	55
3.	ANALISIS RCM EN EL SISTEMA DE CONTROL CENTRAL SCADA	56
3.1	MODELO DE JERARQUIA -TAXONOMIA DE EQUIPOS	56
3.2	HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA	58
3.3	MATRIZ PARA VALORACION DE RIESGOS	60
3.4	SELECCIÓN DE TAREAS – DIAGRAMA DE DECISION	62
3.5	ANALISIS RCM POR EQUIPOS DE SUBSISTEMAS	65
3.1.1	Subsistema de producción	66
3.1.1.1	Servidores de tiempo real	67
3.1.1.2	Servidores históricos	74
3.1.1.3	Consolas operativas HMI's Human Machine Interfaces	79
3.1.1.4	Máquinas de desarrollo	83
3.1.2	Subsistema de ingeniería	86
3.1.2.1	Servidor de ingeniería	86
3.1.3	Subsistema de soporte	92
3.1.3.1	Servidores de soporte	92
3.1.3.2	Servidor de acceso WEB	99
4.	TAREAS RESULTANTES DEL ANÁLISIS RCM	103
5.	PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM	104

5.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	104
5.1.1	Diarias	104
5.1.2	Mensuales	105
5.2	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	106
6.	CONCLUSIONES	108
	BIBLIOGRAFÍA	110

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Países exportadores de petróleo	15
Figura 2. Transporte de Hidrocarburos de ECOPETROL S.A.	26
Figura 3. Interacción sistema de control central SCADA y sistemas de control locales	27
Figura 4. Arquitectura del sistema de control central	34
Figura 5. Evolución del mantenimiento	38
Figura 6. Componentes de la metodología RCM	47
Figura 7. Un activo físico mantenible	48
Figura 8. Ejemplo de diagrama de decisión	52
Figura 9. Ejemplo de diagrama de decisión	53
Figura 10. Modelo de jerarquía – taxonomía ISO 14224	55
Figura 11. Taxonomía de equipos del centro de control maestro de operación	57
Figura 12. Referencias de hardware del sistema SCADA	59
Figura 13. Matriz RAM ECOPETROL	61
Figura 14. diagrama de decisión RCM II	63
Figura 15. Detalle arquitectura sistema de control central SCADA	66
Figura 16. Subsistema de producción	66
Figura 17. Despliegue operativo con información de campo en tiempo real	68
Figura 18. Ejemplo de tendencia de señales análogas de varias estaciones de líneas operativas de transporte	74
Figura 19. Ejemplo de estadístico de comunicaciones	75
Figura 20. Ejemplo de despliegue de eventos	75
Figura 21. HMI Human Machine Interfaces – máquina interfaz humana	79
Figura 22. Subsistema de ingeniería	86
Figura 23. Desarrollo de despliegues en AutoCAD	86
Figura 24. Subsistema de soporte	92
Figura 25. Ejemplo de contenido de correo electrónico de falla de comunicación	93
Figura 26. Ejemplo de reporte diario de estadístico de comunicaciones	93
Figura 27. Acceso WEB al sistema SCADA	99
Figura 28. Diagrama RCM II Fallo oculto	122
Figura 29. Diagrama RCM II Seguridad Medio ambiente	123
Figura 30. Diagrama RCM II Operacionales	124
Figura 31. Diagrama RCM II No Operacionales	125

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Niveles de mantenimiento	39
Tabla 2. Comparativo mantenimiento y mantenimiento centrado en confiabilidad	45
Tabla 3. Modos de falla	49
Tabla 4. Hardware y software del sistema de control central SCADA	60
Tabla 5. Tipos de tareas de mantenimiento	62
Tabla 6. Campos de la tabla de decisión	64
Tabla 7. Definición de funciones servidores de tiempo real	69
Tabla 8. Análisis AMFE y de riesgos de los servidores de tiempo real PARTE I	70
Tabla 9. Análisis AMFE y de riesgos de los servidores de tiempo real PARTE II	71
Tabla 10. Hoja de decisión servidores de tiempo real parte I	72
Tabla 11. Hoja de decisión servidores de tiempo real parte II	73
Tabla 12. Definición de funciones servidores históricos	76
Tabla 13. Análisis AMFE y de riesgos de los servidores históricos	77
Tabla 14. Hoja de decisión servidores históricos	78
Tabla 15. Definición de funciones consolas operativas HMIs	80
Tabla 16. Análisis AMFE y de riesgos de consolas operativas HMIs	81
Tabla 17. Hoja de decisión consolas operativas HMIs	82
Tabla 18. Definición de funciones máquinas de desarrollo	83
Tabla 19. Análisis AMFE y de riesgos de máquinas de desarrollo	84
Tabla 20. Hoja de decisión máquinas de desarrollo	85
Tabla 21. Definición de funciones servidor de ingeniería	87
Tabla 22. Análisis AMFE y de riesgos de servidor de ingeniería PARTE I	88
Tabla 23. Análisis AMFE y de riesgos de servidor de ingeniería PARTE II	89
Tabla 24. Hoja de decisión servidor de ingeniería PARTE I	90
Tabla 25. Hoja de decisión servidor de ingeniería PARTE II	91
Tabla 26. Definición de funciones servidores de soporte	94
Tabla 27. Análisis AMFE y de riesgos de servidores de soporte PARTE I	95
Tabla 28. Análisis AMFE y de riesgos de servidores de soporte PARTE II	96
Tabla 29. Hoja de decisión servidores de soporte PARTE I	97
Tabla 30. Hoja de decisión servidores de soporte PARTE II	98
Tabla 31. Definición de funciones servidor WEB	100
Tabla 32. Análisis AMFE y de riesgos de servidor WEB	101
Tabla 33. Hoja de decisión servidor WEB	102
Tabla 34. Compendio de tareas resultado del análisis RCM	103
Tabla 35. Plan mantenimiento preventivo diario	104
Tabla 36. Plan mantenimiento preventivo diario	106

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. FICHA TÉCNICA SERVIDOR ML370 G6	112
ANEXO B. FICHA TÉCNICA ESTACION DE TRABAJO HP Z210	114
ANEXO C. FICHA TÉCNICA ARREGLO MODULAR	116
ANEXO D. FICHA TÉCNICA SWITCH DE DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO STORAGE WORKS 8/8 SAN SWITCH	119
ANEXO E. DIAGRAMA DE DECISION RCM II	121

RESUMEN

TÍTULO:

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA EL SISTEMA DE CONTROL CENTRAL SCADA DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA DE ECOPETROL.*

AUTOR: HILDA CRISTINA FORERO ALVARES **

PALABRAS CLAVES:

Sistema de control central SCADA, operación central, RCM, modos de fallo, definición de funciones, análisis de riesgo, hoja de decisión, tareas de mantenimiento.

DESCRIPCIÓN:

La presente monografía es una iniciativa de realizar un plan de mantenimiento como resultado del análisis basado en RCM para el sistema de control SCADA de la Vicepresidencia de Transporte y Logística de ECOPETROL.

El sistema de control central SCADA permite realizar la operación central del transporte por ductos de hidrocarburos a lo largo de Colombia y está compuesto por 3 subsistemas que cumplen con funciones específicas, ellos están compuestos de servidores, máquinas de trabajo y equipos de almacenamiento que configurados con un software y en un hardware específico, realizan acciones que permiten con el cumplimiento de dichas funciones.

El sistema es de misión crítica y cuenta con redundancia a nivel de equipos principales, equipos auxiliares y redes de tal forma que se garantice una disponibilidad mayor a 99.75% requerida por la operación centralizada. Para poder cumplir con las expectativas de disponibilidad, se requiere asegurar el mantenimiento del sistema, generando rutinas preventivas que eviten las rutinas correctivas, que de presentarse, de igual manera deben ser solucionadas prontamente. El desarrollo del análisis RCM se desarrolla sobre cada uno de los equipos y permite identificar las funciones primarias y secundarias, los modos de falla, los efectos que esas fallas generan, el análisis de riesgo para concluir con las tareas que se deben realizar para prevenir o corregir la aparición de las fallas. Dichas tareas hacen parte del plan de mantenimiento que busca asegurar que el sistema realice lo que el usuario final requiere que haga.

*Monografía

** Facultad de ingeniería Físico -Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Juan Carlos Herazo.

ABSTRACT

TITLE

MAINTENANCE PLAN BASED ON RCM FOR CENTRAL CONTROL SYSTEM SCADA OF THE VICE PRESIDENT OF TRANSPORT AND LOGISTICS OF ECOPETROL*

AUTHOR:

HILDA CRISTINA FORERO ALVARES**

KEYWORDS:

Central control system SCADA , central operation , RCM , failure modes , role definition, risk analysis , road decision, maintenance jobs.

DESCRIPTION:

This monograph is an initiative to create a maintenance plan based on results of the RCM analysis for control system SCADA of the Transportation and Logistics Vice President of ECOPETROL.

The central control system SCADA allows do the central operation of hydrocarbon pipeline transportation throughout Colombia and is composed of three subsystems that fulfill specific functions, they are composed of servers, workstations and storage equipment configured with specific software and hardware, them execute actions that permit the fulfillment of those functions.

The system is of critical mission and has redundancy in main equipment, auxiliary equipment and networks with the objective to ensure more than 99.75% of availability that required the centralized operation. In order to reach the expectations of required availability is important to ensure system maintenance, preventive routines, to avoid corrective routines that occur, just as should be settled promptly The development of the RCM analysis is performed on each of the equipment and permits to identify the primary and secondary functions, failure modes, effects that generate these failures, the risk analysis to conclude with the tasks that we must perform to prevent or correct the occurrence of faults. These tasks are part of the maintenance plan that seeks to ensure that the system do that the end user requires to do.

*Monograph

** Faculty of Physics -Mechanical Engineering. Specialization in Management Maintenance.

Director: Juan Carlos Herazo.

La industria petrolera tiene como los medios más importantes para el transporte de hidrocarburos a los ductos y buques tanqueros.

Los ductos conducen los productos refinados y crudos empleando tuberías que pueden llegar a tener diámetros de hasta 40" y se extienden a lo largo de kilómetros de distancias desde yacimientos o refinerías hasta puertos o clientes finales. Dependiendo de los perfiles geográficos, es necesario contar con estaciones de bombeo, que pueden ser controlados desde estaciones centrales.

Hoy en día el transporte por ductos es eficiente y económico ¹

Colombia hace parte de los países exportadores, aunque también importa productos derivados.

Ecopetrol S.A. es la principal compañía petrolera en Colombia con una red de transporte por ducto de 8.500 kilómetros entre poliductos y oleoductos. Pertenece al grupo de las 39 petroleras más grandes del mundo y es una de las cinco principales de Latinoamérica.

El reto de ser una empresa de clase mundial, y de prestar servicios de alta calidad de transporte que puedan llenar las expectativas y satisfacer las necesidades de los clientes, genera desafíos grandes que deben asegurar los más altos indicadores de disponibilidad, las entregas de productos oportunos, limpios y seguros.

Para lograr los indicadores de alta disponibilidad, es importante garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y sistemas que permiten hacer el transporte de hidrocarburos, esto se logra mediante el buen mantenimiento de los sistemas.

En las industrias de petróleo, gas natural y petroquímicos, se presta gran atención a la seguridad, la confiabilidad y el mantenimiento de los equipos. El costo anual de los equipos con falta de confiabilidad es muy grande, aunque muchas

¹ <http://www.monografias.com/trabajos11/tradis/tradis.shtml>

industrias han mejorado la confiabilidad de sus instalaciones operativas de dicha atención, se vuelve más importante el énfasis en el diseño y mantenimiento²

El análisis de las fallas, los mecanismos de fallo y el análisis de riesgos cobra gran importancia, para ello se requiere hacer recopilación de datos mediante estándares.

El objeto de la presente monografía es proponer un plan de mantenimiento generado empleando la metodología de RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) aplicada al sistema de control central SCADA de la Vicepresidencia de Transporte y Logística de Ecopetrol s.a.

Con la propuesta generada, se busca mejorar los indicadores de disponibilidad, incrementar los niveles de confiabilidad y mantenibilidad del sistema teniendo en cuenta las características del sistema, se definen los equipos críticos y mediante la identificación de los modos de falla, los costos, el análisis generado permitirá establecer un plan a proponer.

Este proyecto introduce al lector a conocer de forma general a Ecopetrol S.A. y sus diferentes dependencias, para luego enfocarse en el área de transporte de hidrocarburos, del cual el sistema SCADA es de gran importancia, ya que mediante él se realiza la operación central del transporte de productos crudos y refinados; es por ello que se da un mayor detalle del sistema, su funcionalidad; en el segundo capítulo se presenta el marco teórico que presenta conceptos de mantenimiento, RCM y normas asociadas. En el capítulo tres se muestra el desarrollo del análisis RCM realizado en el sistema SCADA.

² NORMA ISO 14224 (Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment)

1. MARCO CONTEXTUAL

1.1 ECOPETROL S.A.

Ecopetrol S.A. es una Sociedad de Economía Mixta, de carácter comercial, organizada bajo la forma de sociedad anónima, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, de conformidad con lo establecido en la Ley 1118 de 2006, regida por los Estatutos Sociales que se encuentran contenidos de manera integral en la Escritura Pública No. 5314 del 14 de diciembre de 2007, otorgada en la Notaría Segunda del Círculo Notarial de Bogotá D.C.³

Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Pertenece al grupo de las 39 petroleras más grandes del mundo y es una de las cinco principales de Latinoamérica.

Es dueño absoluto o tiene la participación mayoritaria de la infraestructura de transporte y refinación del país, posee el mayor conocimiento geológico de las diferentes cuencas, cuenta con una respetada política de buena vecindad entre las comunidades donde se realizan actividades de exploración y producción de hidrocarburos, es reconocida por la gestión ambiental.

Cuenta con campos de extracción de hidrocarburos en el centro, el sur, el oriente y el norte de Colombia, dos refinerías, puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas y una red de transporte de 8.500 kilómetros de oleoductos y poliductos a lo largo de toda la geografía nacional, que intercomunican los sistemas de producción con los grandes centros de consumo y los terminales marítimos.

³ <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=532&conID=38178>

El Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), es considerado el más completo centro de investigación y laboratorio científico de su género en el país, donde reposa el acervo geológico de un siglo de historia petrolera de Colombia.

Desde 1997 Ecopetrol ha marcado récords al obtener las más altas utilidades de una compañía colombiana en toda la historia. En 2003 se convirtió en una sociedad pública por acciones y emprendimos una transformación que nos garantiza mayor autonomía financiera y competitividad dentro de la nueva organización del sector de hidrocarburos de Colombia, con la posibilidad de establecer alianzas comerciales fuera del país.

Gracias a nuestras fortalezas y competencias, Ecopetrol S.A. es líder en Colombia y el socio preferido para explorar y producir hidrocarburos.⁴

1.1.1 Reseña histórica

La reversión al Estado Colombiano de la Concesión De Mares, el 25 de agosto de 1951, dio origen a la Empresa Colombiana de Petróleos.

La empresa asumió los activos de la Tropical Oil Company que en 1921 inició la actividad petrolera en Colombia con la puesta en producción del Campo La Cira-Infantas en el Valle Medio del Río Magdalena.

Ecopetrol emprendió actividades como una Empresa Industrial y Comercial del Estado, encargada de administrar el recurso hidrocarburífero de la nación, y creció en la medida en que otras concesiones revirtieron e incorporó su operación.

En 1961 asumió el manejo directo de la refinería de Barrancabermeja.

⁴ <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=30&conID=37994>

En 1970 adoptó su primer estatuto orgánico que ratificó su naturaleza de empresa industrial y comercial del Estado, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, cuya vigilancia fiscal es ejercida por la Contraloría General de la República.

La empresa funciona como sociedad de naturaleza mercantil, dedicada al ejercicio de las actividades propias de la industria y el comercio del petróleo y sus afines.

En septiembre de 1983 fue el descubrimiento del Campo Caño Limón, en asocio con OXY, un yacimiento con reservas estimadas en 1.100 millones de millones de barriles. Gracias a este campo, la Empresa inició una nueva era.

En 1974 compró la Refinería de Cartagena, construida por Intercol en 1956

En 1986 Colombia volvió a ser un país exportador de petróleo.

En los años noventa Colombia prolongó su autosuficiencia petrolera, con el descubrimiento de los gigantes Cusiana y Cupiagua, en el Piedemonte LLanero, en asocio con la British Petroleum Company.

En 2003 el gobierno colombiano reestructuró la Empresa Colombiana de Petróleos, con el objetivo de internacionalizarla y hacerla más competitiva en el marco de la industria mundial de hidrocarburos.

En Junio de 2003 modificó la estructura orgánica de la Empresa Colombiana de Petróleos y la convirtió en Ecopetrol S.A., una sociedad pública por acciones, ciento por ciento estatal, vinculada al Ministerio de Minas y Energía. Con la transformación de la Empresa Colombiana de Petróleos en la nueva Ecopetrol S.A., la Compañía se liberó de las funciones de Estado como administrador del recurso petrolero y para realizar esta función fue creada La ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos).

A partir de 2003, Ecopetrol S.A. inició una era en la que, con mayor autonomía, ha acelerado sus actividades de exploración, su capacidad de obtener resultados con

visión empresarial y comercial y el interés por mejorar su competitividad en el mercado petrolero mundial.

Actualmente, Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país con una utilidad neta de \$15,4 billones registrada en 2011 y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, pertenece al grupo de las 40 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica.⁵

1.1.2 Principios y valores

Ecopetrol tiene un Código de Ética, construido de forma participativa y que es el referente formal e institucional de la conducta personal y profesional que deben tener todos los trabajadores, miembros de Junta Directiva, proveedores y contratistas de la Empresa, independiente del cargo o de la función que ocupen.

Las premisas fundamentales de conducta entre Ecopetrol, sus trabajadores, contratistas, clientes y demás grupos de interés, parten de la base de que las actuaciones mutuas deben distinguirse por la confianza y la transparencia, consolidadas en la política empresarial, en el Código de Buen Gobierno y en el Código de ética.

Los valores de Ecopetrol son la responsabilidad, la integridad y el respeto:

Responsabilidad: “Creemos que la responsabilidad es el emprendimiento comprometido y solidario del mejor esfuerzo por conseguir los objetivos empresariales, con un manejo eficiente de los recursos, asegurando el desarrollo sostenible del entorno y el auto cuidado, prevaleciendo el bien común por encima del interés particular. “

⁵ <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=532&conID=76464>

Integridad: “Actuamos con integridad porque somos coherentes entre lo que pensamos, decimos y emprendemos dentro de los ámbitos personales y empresariales.”

Respeto: “Actuamos con respeto reconociendo el derecho de la contraparte, conscientes de que este valor es el fundamento para la construcción de las relaciones interpersonales y empresariales vigorosas y benéficas.”

Para Ecopetrol S.A. y su Grupo Empresarial, las personas, la comunidad y los entornos ecológicos merecen la más alta consideración y cuidado, sin exclusiones ni discriminaciones.

Ninguna consideración ni actividad comercial puede justificar que se ponga en peligro la reputación de Ecopetrol S.A., que está comprometida en mantener los más altos estándares éticos y productivos, mediante el cumplimiento de sus principios y valores empresariales, el compromiso irrenunciable de todos en Ecopetrol S.A. y su Grupo Empresarial.⁶

1.1.3 Organización

1.1.3.1 Vicepresidencia de Exploración

La Vicepresidencia de Exploración tiene la Misión de "Liderar la actividad exploratoria de Ecopetrol S.A. para incrementar el volumen de reservas de hidrocarburos, mediante el hallazgo de nuevas reservas de petróleo o gas, directamente, en asocio con terceros y/o mediante la compra de las mismas"

Ecopetrol S.A. realiza actividades de exploración de hidrocarburos en 32 bloques del territorio colombiano de manera directa y en 15 adicionales participa en riesgo con otras compañías, uno de ellos es Tayrona.⁷

⁶ <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=532&conID=76598>

⁷ <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=44&conID=22>

1.1.3.2 Vicepresidencia de Refinación y petroquímica

Ecopetrol S.A. cuenta con una infraestructura que integra el proceso de transformación de hidrocarburos, para garantizar la demanda y el consumo nacional de combustibles y petroquímicos de manera rentable con estándares de calidad cada vez más altos.

Cuenta con dos refinerías (Barrancabermeja, Cartagena), que suplen la producción nacional de combustibles que permite atender la demanda del país y la salida de productos de exportación. Adicional operan dos pequeñas refinerías en Orito y Apiay (6.000 barriles cada una), que producen combustibles para uso local.⁸

1.1.3.3 Vicepresidencia de suministro

Ecopetrol comercializa en el mercado internacional sus excedentes de petróleo tales como crudo Cusiana, Caño Limón, Castilla Blend, Vasconia, South Blend y productos derivados, entre los que se destacan el fuel Oil N° 6, la nafta virgen, la nafta craqueada, turbocombustible, entre otros.

En el mercado nacional comercializa combustibles como la gasolina motor regular, acpm, gas, entre otros. Además ofrece productos petroquímicos como disolventes alifáticos, aromáticos, parafinas, polietileno, asfaltos y azufre.⁹

1.1.3.4 Vicepresidencia de Transporte y Logística

Ecopetrol S.A. garantiza al país y a los inversionistas el transporte y disponibilidad oportuna de los diferentes hidrocarburos para refinación, exportación o consumo a través de su red de 8.500 kilómetros de poliductos y oleoductos, que van desde

⁸ <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=46&conID=37668>

⁹ <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=535&conID=474>

los centros de producción hasta las refinerías y puertos en los océanos Atlántico y Pacífico.

Cuenta con 53 estaciones desde las que se bombea crudo y productos por la geografía colombiana, además de sus centros de almacenamiento.

La Compañía asegura una capacidad de excedentes en los principales sistemas de transporte de petróleo, lo que se convierte en una ventaja económica en caso de un descubrimiento comercial de hidrocarburos.

Líneas, estaciones y terminales

El sistema de transporte cuenta con 8.500 kilómetros de redes principales de oleoductos y poliductos que convergen en los terminales de Coveñas y Santa Marta, en el Atlántico, y Buenaventura y Tumaco, en el Pacífico.

Los principales oleoductos trabajan, en la actualidad, a un 60% de su capacidad operativa. Para los nuevos descubrimientos, Ecopetrol cuenta con una amplia experiencia en la oferta de servicios de transporte multimodal, a través de oleoductos, poliductos, buquetanques; ofreciendo soluciones integrales a sus clientes.

Para atender la operación de la red, la Vicepresidencia se encuentra organizada en cinco Gerencias Regionales.

- **Gerencia de Operación Central**

Es la responsables de la adecuada coordinación, planeación y aseguramiento de la ejecución y evaluación de la operación centralizada de transporte de hidrocarburos por sistemas de transporte (ductos que transportan productos crudos y refinados desde los campos de producción y refinerías a los centros de consumo y puertos de exportación) y carrotanques que están a cargo de la VIT, coordinando y ejecutando actividades concernientes a programación a corto, mediano y largo plazo, optimización de operaciones mediante la definición

de sistemas óptimos operacionales (EEO), procesos de servicio al cliente, gestión integral de medición y gestión de la calidad, con la finalidad de alcanzar el más alto grado de confiabilidad en la manipulación de los equipos y sistemas que se encuentran ligados a la operación centralizada, con el propósito de asegurar el cumplimiento de los objetivos del plan de negocio y los compromisos adquiridos con los clientes internos y externos.

Adicionalmente es responsable del cumplimiento de los procedimientos, estándares y prácticas de ingeniería de mantenimiento con el fin de brindar confiabilidad de equipos y sistemas de control asociados a la operación centralizada

Se asegura de construir, actualizar y mantener el modelo de sostenibilidad de los equipos y sistemas de control para la operación local y centralizada de transporte de hidrocarburos, teniendo en cuenta niveles óptimos de rentabilidad y eficiencia.¹⁰

1.2 SISTEMA DE CONTROL CENTRAL SCADA

El sistema de control central SCADA, de la Vicepresidencia de Transporte y Logística de ECOPETROL S.A., permite realizar el control y la supervisión de las líneas operativas de poliductos y oleoductos a través de los cuales se puede realizar el transporte de hidrocarburos a nivel nacional de una manera centralizada.

Realizar una operación centralizada, brinda varias ventajas a nivel de transporte, ya que mediante la adquisición de datos desde diferentes puntos geográficos del territorio nacional se concentra en un único sitio, la información necesaria para poder realizar una operación de transporte bajo estándares de alta calidad y garantizando la operación de procesos de manera segura.

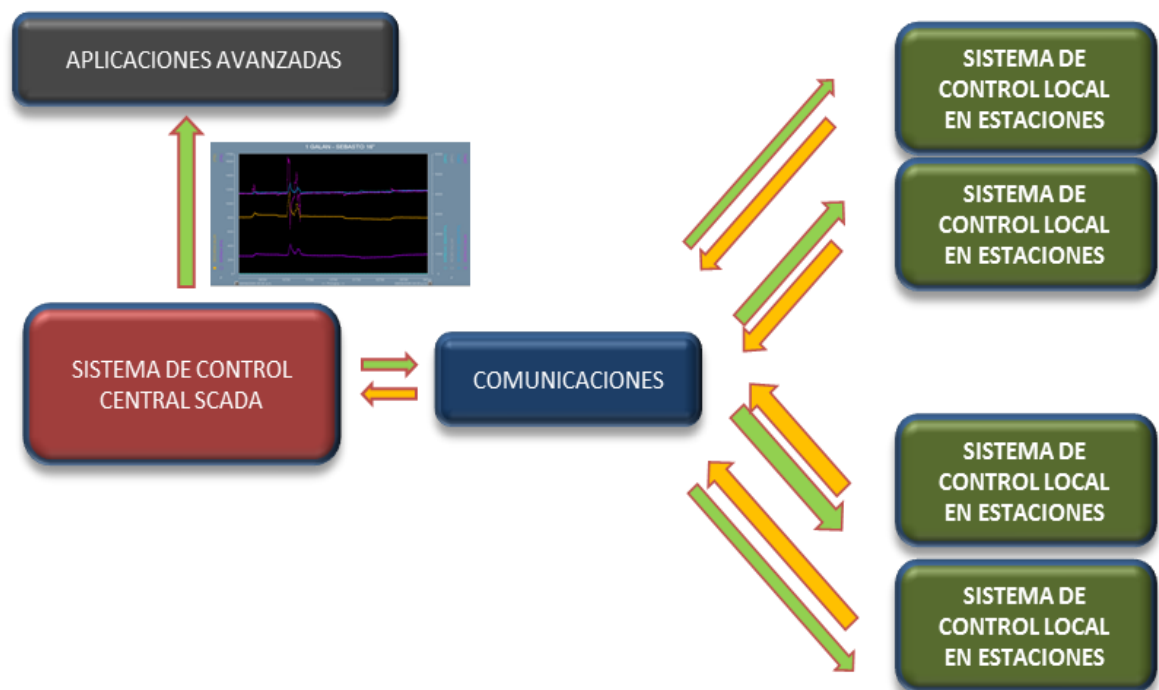
¹⁰ <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=427&conID=47516>

información confiable y a la cual sólo debe tener acceso el personal autorizado, bajo diferentes niveles de autenticación permisos y autorización.

Teniendo en cuenta las buenas prácticas internacionales de disponibilidad de infraestructura de misión crítica, se tiene el criterio de los 5 nueves, es decir, contar con una disponibilidad del 99.999% del sistema durante todo el año. Esto representado en tiempo implicaría solo tener una no disponibilidad de 5.256 minutos al año.

El llegar a tener esta disponibilidad implica tener sistemas redundantes o triplemente redundantes que pueden ser muy costosos, lo cual debe ser analizado por la empresa, quien debe definir a qué grado de disponibilidad vs costo está dispuesto a asumir.

Figura 3. Interacción sistema de control central SCADA y sistemas de control locales



Fuente: Autor

Actualmente el sistema en mención maneja un indicador de disponibilidad del 99,75%, es decir 1314 minutos al año, 21.9 horas; menos de un día de no disponibilidad.

Para poder cumplir con este indicador se cuenta con infraestructura redundante a todo nivel, tanto de infraestructura (equipos), redes, suministro energético y de sistemas auxiliares.

Varios factores han permitido cumplir siempre por encima del indicador, esto gracias a la arquitectura diseñada y a los procedimientos de mantenimiento que se tiene estructurado tanto a nivel de software como hardware.

1.2.1 Generalidades – reseña histórica

Ecopetrol tiene entre Oleoductos y Poliductos 53 estaciones, la supervisión de los ductos se inició a mediados de años 90 mediante una plataforma a través de la cual se adquieren los datos más importantes de cada estación que hace parte de las líneas de ducto y que son relevantes para la operación, de esa manera se concentran en un lugar centralizado los datos de lugares dispersos en la geografía colombiana.

Los datos recopilados se presentan a los profesionales de operaciones mediante interfaces hombre máquina (HMIs Human Machine Interface) y permiten coordinar con las estaciones la operación, realizar análisis de comportamientos de parámetros de operación que permiten hacer operaciones seguras, así surge el SCADA como con una herramienta bastante efectiva que permitía la toma de decisiones y el manejo global del transporte.

En el año 2003, después de un buen periodo de apropiamiento de la tecnología, sus ventajas y manejo, se inicia el control remoto de dos líneas operativas de ductos, una de ellas conformada por 2 estaciones y otra por 3 estaciones. Inicia la etapa de puesta en marcha en operación remota de todos los poliductos y

oleoductos manejados por la Vicepresidencia de Transporte y Logística de ECOPETROL s.a.

El control centralizado permite comandar las señales y equipos principales del proceso y de manera conjunta entre los profesionales de operación en los centros de control maestros como en las estaciones, se coordina y realiza la operación.

El sistema de control central SCADA ha tenido varias actualizaciones a lo largo de su historia que le ha permitido mayores ventajas en configuración como en integración y manteniéndose como tecnología de punta con herramientas de desarrollo, soporte y mantenimiento, manejo del usuario final y manejo de usuarios externos. Desde el año 2003 hasta el momento, se han ingresado más de 10 líneas operativas que están siendo operadas de manera óptima.

Mientras SCADA ha ido mejorando y adicionando líneas Operativas en Operación Central, a la par han surgido aplicaciones vitales para varios negocios y cuyo insumo es la información proveniente desde SCADA y que han permitido no sólo óptimas y eficientes operaciones centralizadas, sino que también permiten manejo de programaciones y de facturación, entre otros. Esa interacción con entes externos al sistema se debe hacer de forma segura ya que se debe garantizar la integridad para nuestra operación continua de 7 * 24.

Este sistema ha permitido manejar la operación de forma global de las líneas operativas, ha permitido reducir las pérdidas por hurtos, optimización de energía, generación de tiquetes automáticos para facturación, herramientas para análisis hidráulico en pro de alcanzar día a día operaciones seguras y optimas de Clase Mundial.

Teniendo en cuenta la gran importancia del Sistema SCADA y lo que implica mantener una operación continua, éste cuenta con redundancia en equipos tanto de redes como de servidores, de tal forma que se garantiza el servicio de tiempo real que permite la adquisición de datos, la supervisión y el envío de comandos,

los servicios históricos que cuentan con bases de datos que permiten el almacenamiento de valores de señales análogas y digitales muestreadas o por excepción, eventos tanto de cambios operativos a nivel de señales, sistema o usuarios, aparición de alarmas. Todas estas bases de datos hacen parte de la información clasificada y disponible en caso de presentarse fallas en la operación sirviendo de soporte de ser requerido.

Hoy día el soporte que se tiene al sistema SCADA se puede realizar desde cualquier parte del mundo gracias a los accesos seguros y gracias a las herramientas vía WEB con que cuenta el sistema de tal forma, que se garantiza el soporte técnico que requiere nuestra operación centralizada durante las 24 horas de los 365 días al año, permitiendo en caso de fallas del sistema ingresar en tiempo óptimo para realizar los diagnósticos y correctivos necesarios. A su vez los usuarios que requieran tener acceso al sistema SCADA pueden hacerlo con un nivel determinado por el perfil que tenga su usuario; en este momento la gran mayoría de usuarios pueden visualizar la operación, a través de despliegues, tendencias y todas las herramientas que manejan desde los Centros de Control, pero desde cualquier parte del mundo.

Con este sistema Ecopetrol S.A. ha optimizado el transporte en volúmenes entregados, se han mejorado las cifras de barriles transportados, se pierde menos producto por ilícitas o fugas, se obtiene la transmisión automática de tiquetes que permite la facturación, entre otras ventajas adicionales.

El sistema opera 7 por 24 y debemos asegurar la infraestructura del Sistema, las redes y los canales de comunicación pues lo crítico es mantener la operación continua, el sistema SCADA a diferencia de otros sistemas se caracteriza por tener niveles de tolerancia a fallas tales que garanticen la continuidad de su disponibilidad mediante redundancia en equipos, canales de comunicación, incluso de centros operativos; La no disponibilidad del sistema implica pérdidas incalculables para el negocio afectando tanto la operación centralizada y las

aplicaciones que están asociadas. Puede haber un problema en la facturación por falta de datos.

Se debe garantizar que la infraestructura SCADA esté disponible en todo momento, para ello contamos con redundancias antes mencionadas de tal forma que se tienen respaldos ante fallas que asumen la continuidad del funcionamiento y dan la oportunidad de corrección de las fallas sin afectar la operación centralizada.

El correcto mantenimiento del sistema permite asegurar la disponibilidad y el tiempo de respuesta ante fallas que requieran mantenimientos correctivos, permiten reducir los impactos de no tener disponible el sistema para la operación del transporte.

Detrás de todas estas infraestructuras, existe un equipo humano grande e igualmente importante que permite soportar técnicamente en todo momento el gran engranaje de control que implica el sistema SCADA. Personas idóneas que a lo largo de esta historia SCADA se han comprometido y han ofrecido su conocimiento, destrezas e innovación acorde al avance de la Empresa y las exigencias que implican para ser una Empresa de clase mundial.

El mayor reto para este sistema es seguir creciendo y respondiendo a las necesidades del negocio, de forma robusta y segura, teniendo en cuenta las mejores prácticas con estándares internacionales. Un crecimiento integral en donde se debe velar por diferentes factores. La seguridad es uno de esos factores vitales para el sostenimiento de SCADA y más teniendo en cuenta que SCADA es crítico, día a día surgen infinidad de riesgos que pueden atentar contra la integridad, la confiabilidad y la disponibilidad de los sistemas, por ellos es importante tener planes sostenibles y estructurados de seguridad en donde se analizan las vulnerabilidades dinámicas que tienen los sistemas. Siempre que se tenga el debido control de seguridad, se garantiza el sistema y se evita catástrofes

económicas, ambientales, personales y de imagen, mediante una correcta administración, asegurando idoneidad y confidencialidad.

Mirando a futuro, el reto es poder mejorar los indicadores de disponibilidad que a hoy se tienen, a pesar de ser superiores al 99,75% que a hoy es el exigido, el desafío es acercarnos día a día a las buenas prácticas de 99.999% y aunque esta cifra implica infraestructura adicional, la meta es incrementar el valor del indicador con la infraestructura actual, mejorar día a día, mediante el manejo de metodologías de mantenimiento y buenas prácticas de la industria.

1.2.2 Características del sistema

Un sistema de misión crítica debe cumplir con robustez, disponibilidad, integridad y confidencialidad que se pueden alcanzar con ciertas características para cumplir con las expectativas del usuario:

- Contar con **redundancia** a nivel de equipos, servicios, comunicaciones, redes, suministro de energía, sistemas auxiliares requeridos para infraestructura (aire acondicionado, sistema contra incendio).
- Parámetros de **seguridad**: equipos y configuraciones que garanticen el acceso a los equipos y a su información de forma disponible, confidencial e íntegra mediante el empleo de equipos que garantizan como firewall, IPS y configuraciones de VLANs, y métodos de cifrado de la información, accesos restringidos al sistema, aislamiento de redes.
- **Subsistemas dedicados**, con roles específicos que permitan asegurar la no afectación a la operación y suministrar a todos los usuarios los servicios requeridos independiente de afectaciones en otros subsistemas.
- Herramientas de mantenimiento: tanto por acceso físico como remoto, que permitan identificar posibles fallas, la ocurrencia de las mismas y su solución.

1.2.3 Arquitectura del sistema

Para poder cumplir las características de los sistemas de misión crítica, se debe contar con una arquitectura robusta. El sistema de control central SCADA cumple con este requerimiento.

Los equipos del sistema de control central SCADA se encuentran configurados en dos redes diferentes:

- En la red principal se encuentran los equipos que permiten la operación central de transporte, entre ellos los equipos que adquieren la información desde los diferentes sitios del país, los equipos que almacenan la información histórica, las máquinas de configuraciones y las máquinas que le permiten al profesional de operaciones supervisar la información y controlar los sistemas de ductos.
- En la red secundaria (DMZ *demilitarized zone* zona desmilitarizada) se encuentran los equipos que deben interactuar con otras redes, por ejemplo al corporativa y que por seguridad deben estar aisladas de la red principal. Dentro de estas máquinas están las que entregan reportes, información, y las que permiten el acceso de usuarios externos.

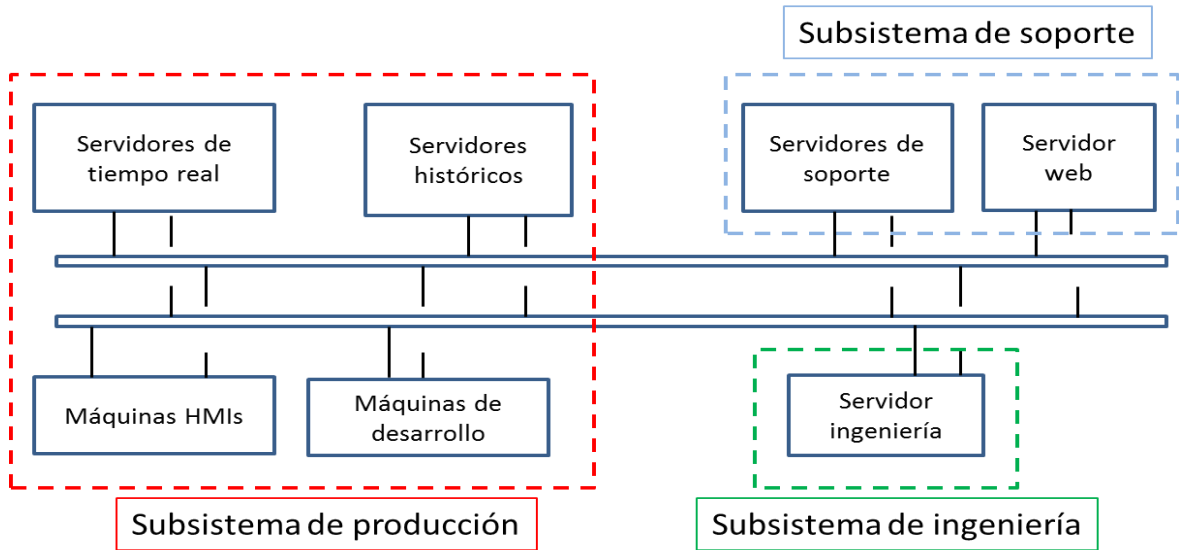
En la Figura 4 se pueden observar los diferentes equipos que serán objeto del análisis basado en RCM de la presente monografía.

La arquitectura se caracteriza por tener redundancia en las dos redes.

A nivel de **redes**, como se observa en la Figura 4, tanto la red SCADA como la DMZ SCADA cuentan cada una con dos LAN (*Local Area Network*, Red de área local), es decir dos redes que conectan los equipos, cada uno de los equipos que se encuentran conectados a las redes, cuentan con dos puertos de comunicaciones, cada uno de ellos se conecta a una red, de tal forma que se

garantiza que si falla una red, la otra queda disponible y los equipos son funcionales.

Figura 4. Arquitectura del sistema de control central



Fuente: Autor

A nivel de **equipos**, el sistema cuenta con equipos que realizan funciones específicas, dependiendo de si las funciones son críticas que puedan afectar la operación, así mismo se catalogan los equipos críticos y exigen redundancia, ese es el caso para los (servidores de tiempo real, servidores históricos, servidores de soporte). Los equipos que permiten al profesional de operaciones realizar el control y supervisión son los HMIs (Human Machine Interfaces, máquina interfaz humana) y son dedicadas por líneas de ductos pero también cuentan con redundancia mediante equipos de reserva en caso de afectación sobre los que se encuentran operativos.

El sistema SCADA está compuesto por 3 subsistemas (ver Figura 3), cada uno con funciones específicas, los cuales se pueden comunicar entre sí y se comparten información mediante un método de publicación – suscripción, en

donde cada equipo publica su información y si un equipo requiere información de otro, se suscribe para que el origen se la provea.

En el capítulo 3, en el análisis RCM, se presenta el detalle de los 3 subsistemas y de cada uno los equipos que lo conforman.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 INTRODUCCION AL PROBLEMA

A pesar de que se cumple con los índices de disponibilidad, en el sistema se presentan fallas que no afectan los indicadores, gracias a contar con la redundancia, sin embargo el reto es poder decrementar el número de fallas en los componentes de hardware y software del sistema, es decir, bajar el porcentaje de mantenimientos correctivos.

Para entrar en el detalle de las fallas que se presentan, las más comunes son:

Fallas de red de comunicaciones (canales de transmisión) que dependen de un tercero.

Fallas por desempeño de máquinas, dependiendo de los procesos que están manejando.

Fallas por hardware de máquinas, defectos en discos.

Fallas en procesos específicos del software.

Fallas por falta de capacidad en memoria.

Fallas por generación de procesos críticos.

Fallas humanas, desconocimiento del manejo de las herramientas.

1.3.2 DIAGNOSTICO

Utilizando la metodología RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad), es factible generar un mejorativo en el esquema de mantenimiento actual, teniendo en cuenta los equipos del sistema de control central, sus características técnicas, condiciones operacionales, condiciones ambientales y definiendo la frontera del análisis RCM, las interfaces (entradas – salidas) y sus funciones.

El análisis de modos de falla, fallas funcionales y fallas ocultas conjuntamente con el análisis de riesgo, permiten definir las tareas a realizar, su frecuencia y recursos.

El resultado del análisis RCM, permitirá mejorar los planes actuales de mantenimiento en el sistema de control central.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Definir un modelo de gestión basado en (RCM), con el fin de mejorar el mantenimiento del sistema de control central SCADA de la Vicepresidencia de Transporte y Logística de Ecopetrol S.A., que permita minimizar los mantenimientos correctivos mediante el mejoramiento del plan de mantenimientos preventivos actual.

1.4.2 Objetivos específicos

- Aplicar las normas SAE JA1011 (Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes), SAE JA1012 (A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard), ISO 14224 (Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment) en la elaboración del plan de

mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), enfocando los conceptos a las necesidades del mantenimiento preventivo, que serán aplicados particularmente en el diseño del plan de mantenimiento en el sistema en mención.

- Desarrollar el plan de mantenimiento teniendo en cuenta las características propias del sistema de control central SCADA, su funcionamiento bajo condiciones establecidas, sus componentes según la función crítica que cumplen, el impacto si se presentan modos de falla o si impactan en la seguridad, el ambiente o la operación, que requiere de una alta disponibilidad (7*24); costo efectividad, seguridad, integridad e imagen, mediante un mantenimiento centrado en la confiabilidad de sus equipos.
- Generar un plan que tenga en cuenta los lineamientos operativos de tal forma que al ejecutarse las rutinas de mantenimiento, no se afecte el transporte de hidrocarburos.
- Emplear la metodología RCM, siguiendo los pasos establecidos de taxonomía, recopilación y análisis de datos, definición de fronteras, definición de funciones, análisis de fallas funcionales, análisis de modo de falla, análisis de riesgo, selección de tareas de mantenimiento y su frecuencia.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 GESTION DEL MANTENIMIENTO

A lo largo de la historia se puede observar la evolución en el mantenimiento, el cual cobra gran importancia en la industria, quien ha identificado que se debe pasar de una acción correctiva a un plan de preventivos y predictivos que permitan cumplir con las expectativas productivas de alta calidad, la optimización de costos y gestión del activo.

La evolución del mantenimiento se puede enmarcar en tres generaciones como se detalla a continuación.¹¹

Figura 5. Evolución del mantenimiento

PRIMERA GENERACION	SEGUNDA GENERACION	TERCERA GENERACION
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Arreglar cuando se daña 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Revisiones programadas ➤ Sistemas de planeación y control ➤ Computadoras grandes y lentas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mantenimiento predictivo ➤ Diseño por mantenibilidad y confiabilidad ➤ Estudio de tendencias ➤ Computadoras pequeñas y rápidas ➤ Diagnóstico de fallas y análisis de efectos ➤ Sistemas expertos e inteligencia artificial

Fuente: BORRAS Carlos, Mantenimiento preventivo

Mora¹² en su libro “Mantenimiento estratégico para empresas industriales, categoriza varios niveles de mantenimiento de la siguiente manera:

¹¹ BORRAS Carlos, Mantenimiento preventivo, P21

¹² MORA GUTIERREZ ALBERTO, Mantenimiento estratégico para empresas industriales

Tabla 1. Niveles de mantenimiento ¹³

NIVEL	CARACTERISTICA	MEDIOS - METODOLOGIAS
Instrumental	Busca recopilar información como guía para el mantenimiento, dicha recopilación puede ser sencilla o avanzada.	Registros, documentos, historia, información, codificación, 5s, mejoramiento continuo, etc.
Operacional	Acciones con el fin de restablecer el funcionamiento de los equipos	Acciones correctivas, modificativas, preventivas y predictivas
Táctico	Maneja la filosofía de mantenimiento donde éste hace parte de una política organizacional generada de acuerdo a la experiencia y las necesidades.	Metodologías TPM (mantenimiento productivo total), RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad), proactivo, Reactivo, clase mundial, etc.
Estratégico	Evaluación de resultados obtenidos al uso de metodologías, de tal forma que se definen cambios organizacionales.	CDM, LCC (costo del ciclo de vida)

Fuente: MORA GUTIERREZ ALBERTO, Mantenimiento estratégico para empresas industriales

Existen herramientas modernas que están al alcance de los gerentes de mantenimiento:¹⁴

- DSP – Diseño Sistémico de Procesos

¹³ IDEM, P55,56

¹⁴ ORTIZ Daniel, diapositivas de memorias clase RCM.

- Gestión de Activos o Terrotecnología
- CCV – Costos de Ciclo de Vida
- Tablero de gestión
- Gestión y Evaluación de Riesgos
- RCA – Análisis de causa raíz
- CMMIS – Sistemas de Gestión de Mantenimiento por computadora
- FMEA – Análisis de Modos de Falla y sus efectos
- TQM – Gestión total de calidad
- RCM Mantenimiento centrado en confiabilidad
- TPM – Mantenimiento Productivo Total
- Método KAIZEN
- RCS – Repuestos Centrados en la Confiabilidad
- Sistemas Expertos y redes neuronales
- Diseño orientado a la confiabilidad y Mantenibilidad
- HAZOP

2.1.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo tiene como objetivo permitir que un equipo funcione de forma normal según su función, a lo cual es posible requerir reparación para corregir un defecto. Es el tipo de mantenimiento más común y genera grandes pérdidas.

2.1.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se ejecuta de manera programada, teniendo en cuenta las inspecciones de los equipos. Se le da gran importancia especialmente en equipos críticos, con el objetivo de identificar posibles defectos que puedan causar fallas y afectación a los equipos y a la producción.

Generalmente se programan de manera periódica.

2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM

2.2.1 Historia del RCM ¹⁵

En 1974, United Airlines realizó un informe que contenía los procesos usados por la industria de la aviación civil con el fin de elaborar programas de mantenimiento para aviones. Dicho informe fue titulado “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”.

A través de los años se descubrió que muchos tipos de fallas no podrían ser prevenidas o reducidas en forma efectiva para tales actividades de mantenimiento, sin importar cuan intensamente fueran realizadas, para ello los diseñadores de aviones desarrollaron características de diseño que redujeran las consecuencias de fallas, de tal forma que los aviones fueran “tolerantes a fallas”.

La Agencia Federal de Aviación (AFA) regulaba las prácticas de mantenimiento de las aerolíneas, estaba preocupada al ver que no era posible controlar la tasa de fallas de ciertos tipos de máquinas no confiables por medio de cambios en el contenido o frecuencia de los reemplazos programados. En 1960 se formó un grupo para investigar las capacidades del mantenimiento preventivo, lo que estableció el Programa de confiabilidad de AFA que tiende al control de la confiabilidad a través de un análisis de los factores que afectan la misma y provee un sistema de acciones para mejorar, los bajos niveles de confiabilidad. El programa aprendió sobre condiciones que deben existir para que el mantenimiento programado sea efectivo:

- El reemplazo programado tiene poco efecto en la confiabilidad total de un ítem complejo a menos que el mismo tenga un modo de falla dominante.
- Hay muchos ítems para los cuales no existe una forma efectiva de mantenimiento programado.

¹⁵ MOUBRAY John, Mantenimiento basado en Confiabilidad, P322 - 330

Se organizaron los aprendizajes con un enfoque lógico y aplicable en el mantenimiento preventivo.

En 1967 se genera un documento conocido como MSG-1 utilizado para desarrollar el primer plan de mantenimiento programado basado en los principios RCM.

El segundo documento fue generado dos años después denominado MSG- 2: documento de los fabricantes de aviones para el planeamiento de un programa de mantenimiento.

Tanto el MSG 1 y 2 tuvieron como objetivo desarrollar un programa de mantenimiento cíclico que asegurara la máxima seguridad y confiabilidad de la que fuera capaz el equipo y con el menor costo.

Se obtuvo reducción de costos obtenidos sin disminución de confiabilidad y una mejor comprensión del proceso de falla en los equipos complejos, la confiabilidad mejoró al direccionar las tareas preventivas hacia evidencias específicas de fallas potenciales.

En ese momento aún se tenía problema al determinar el intervalo de tareas y no era claro el rol de las fallas de las funciones ocultas, así es como surge la necesidad de generar procedimientos analíticos en la disciplina lógica que se denominó Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

En 1980 se inició la aplicación de RCM en la minería y en la manufactura.

En 1988 se comienza a trabajar RCM con un enfoque ambiental.

El RCM se ha aplicado en más de 1000 plantas den 41 países y han sido aplicados desde el entrenamiento en planta hasta la aplicación sin restricciones a todos los equipos de planta. Se ha empleado en industrias como minería, manufacturas, petroquímicas, servicios (electricidad, gas y agua), transporte masivo, edificios y empresas militares.

En 1980 ATA (Asociación de Transporte Aéreo de América) produjo el documento MSG-3 para el Desarrollo de un Programa de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas, que hoy es guía en el mantenimiento programado para nuevos aviones comerciales.

De forma paralela el Instituto de la Energía Eléctrica (EPRI) realizó dos pilotos de RCM en la industria de energía nuclear.

En la década de los 90s se desarrollaron variaciones del proceso RCM, entonces muchos procesos diferentes entre sí se llamaban RCM, lo que llevó a que la industria militar y comercial de USA viera la necesidad de definir que es un proceso RCM.

En 1996 la SAE comenzó a trabajar en un estándar con RCM desarrollando un estándar para los Planes de Mantenimiento Programado donde participaron representantes de la marina; en 1997 se incorporaron personas de la industria comercial, en 1998 el grupo definió el mejor enfoque para su estándar, en 1999 completó el proyecto del mismo y SAE lo aprobó y publicó como SAEJA1011 que muestra criterios con los cuales se puede comparar un proceso. Si el proceso satisface dichos criterios, se lo considera un “proceso RCM”

2.2.2 Generalidades de RCM

Es un método organizado y lógico para construir o modificar un plan de mantenimiento conservando un óptimo costo. Este procedimiento es usado para identificar las políticas a implementar para administrar los modos de falla en cualquier activo físico en su contexto operacional¹⁶

- Es un medio para documentar las bases de un plan de mantenimiento para futuras referencias.

¹⁶ NORMA SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999.

- Es una filosofía para conservar un balance óptimo entre el costo del mantenimiento de rutina y la confiabilidad del servicio.

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento, que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional.¹⁷

RCM (Mantenimiento Centrado en confiabilidad), tiene como principal objeto dentro de un contexto operacional, identificando en dónde y cómo se utiliza un activo para optimizar su mantenimiento en un proceso específico, pero de cualquier disciplina, permitiendo la reducción del número de fallas, llegando a obtener frecuencias de mantenimiento óptimas.

Otros objetivos de RCM son: ¹⁸

- Eliminar las averías y daños de las máquinas.
- Recopilar información que identifica la capacidad de producción mediante el estado de sus equipos..
- Minimizar costos por reparaciones, mediante la eliminación de fallas.
- Planificar las necesidades de mantenimiento, de tal forma que se coordina con la operación los cronogramas de dichos mantenimientos.

Entre los logros obtenidos mediante la implementación de RCM se tiene:

- Generar revisiones sistemáticas de las implicaciones de seguridad y protección ambiental, que son los aspectos más importantes para el mantenimiento.
- Analizar las tareas según la prioridad de la empresa.

¹⁷ MORA GUTIERREZ ALBERTO, Mantenimiento Industrial Efectivo, P307

¹⁸ MORA GUTIERREZ ALBERTO, Mantenimiento Industrial Efectivo

- Mejorar el mantenimiento mediante un enfoque estructurado, reduciendo fallas múltiples, realizando búsqueda de fallas, incluyendo fallas ocultas.
- Incentivar la participación de operadores y mantenedores en el análisis, prevención y acción contra riesgos.
- Reducción de número y frecuencia de tareas invasivas que perturben el sistema.
- Mayor disponibilidad y confiabilidad de planta.
- Revisión sistemática de las consecuencias operacionales de las falla
- Detección de fallas potenciales antes de que sean funcionales.
- Identificación y eliminación de fallas crónicas.
- Mejor calidad del producto
- Mayor eficiencia del mantenimiento.
- Vida más útil de los elementos costosos.
- Obtención de una base útil de mantenimiento.

A continuación se presenta un cuadro comparativo entre el mantenimiento y un mantenimiento centrado en confiabilidad ¹⁹

Tabla 2. Comparativo mantenimiento y mantenimiento centrado en confiabilidad

MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD
Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan.	Proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en un contexto operacional actual

Fuente: MOUBRAY John, Mantenimiento basado en Confiabilidad

¹⁹ MOUBRAY John, Mantenimiento basado en Confiabilidad, P7

RCM se enfoca en el manejo de confiabilidad, buscando que los equipos críticos del proceso tengan la menor probabilidad de fallas y puedan estar disponibles para su función, teniendo en cuenta su operación (parámetros y tiempos).

John Moubray, en su libro “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” describe el RCM como **“una filosofía que provee una estructura estratégica que sintetiza los nuevos desarrollos en un modelo coherente, para luego evaluarlo y aplicar el que mejor satisfaga sus necesidades y las de la compañía”**²⁰

La industria de hoy exige que los procesos aseguren la integridad de las personas, protección al medio ambiente, mayor disponibilidad, aseguren la imagen de la empresa, sean más rentables y sus costos sean más efectivos.

Poder identificar los equipos asociados al proceso, su función y requerimiento de disponibilidad, permiten clasificarlos como prioritarios en un proceso, dependiendo de su función, se pueden catalogar como críticos o no. Otro parámetro importante para determinar su criticidad es identificar las consecuencias que se pueden desatar en caso de su no disponibilidad, la afectación se debe identificar a nivel de persona, ambiente e infraestructura.

Al identificar los equipos críticos, es posible iniciar un análisis detallado y particular para cada uno de ellos en donde se puedan determinar los tipos de falla, frecuencia de falla, consecuencia debido a la falla, impacto de la falla tanto para las personas, ambiente, el proceso e infraestructura. Este análisis permite tener herramientas para generar planes de mantenimiento que permitan evitar fallas y optimizar la producción, garantizando una óptima vida útil del activo.

²⁰ IDEM, P1

Figura 6. Componentes de la metodología RCM



Fuente: NASA Reliability Centered Maintenance Guide or Facilities an Collateral Equipment

2.2.3 Conceptos de RCM

2.2.3.1. Equipos críticos

En un proceso cualquiera, siempre habrá equipos principales y equipos auxiliares, sin embargo los equipos críticos son aquellas máquinas o componentes que son imprescindibles en el proceso y sin ellos o sin su correcto funcionamiento, no es posible cumplir con las expectativas que el proceso debe generar para la organización.

Dentro de parámetros que pueden ayudar a identificar la criticidad se tienen: costo asociado a producción y activo por falla o ineficiencia, frecuencia de falla, afectación en producción y la calidad del producto, riesgos personal, ambiental y sobre la infraestructura.

2.2.3.2 Funciones ²¹

La función de un activo se refiere a la acción que el usuario desea siga haciendo y que lo realice de manera aceptable. Por tanto “la definición de una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario”

²¹ MOUBRAY John, Mantenimiento basado en Confiabilidad, P22 – P29

El funcionamiento puede ser definido de dos maneras:

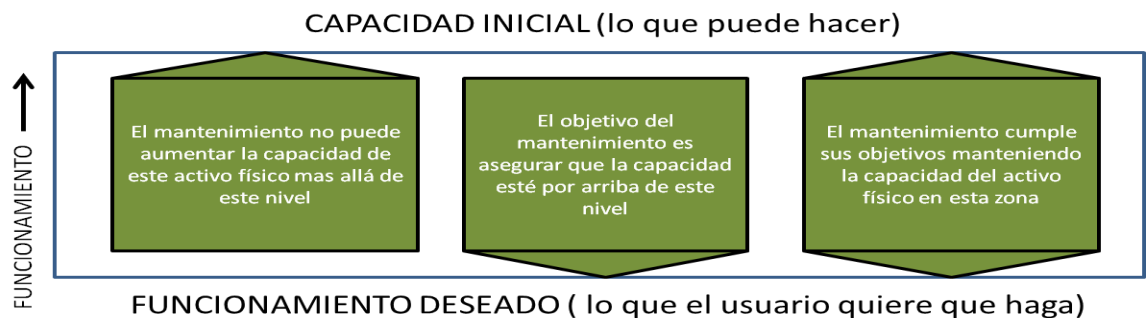
Funcionamiento deseado (lo que el usuario quiere que haga): Desempeño

Capacidad propia (lo que puede hacer).

Función evidente: es aquella cuya falla eventualmente e inevitablemente se hará evidente por sí sola a los operadores en circunstancias normales.

Función oculta: es aquella cuya falla no se hará evidente a los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por sí sola.

Figura 7. Un activo físico mantenible



Fuente: MOUBRAY John, Mantenimiento basado en Confiabilidad.

Funciones primarias: son la razón principal de ser del activo motivo por el cual fue adquirido.

Funciones secundarias: son las funciones adicionales que cumple el activo, las cuales se relacionan con confort, seguridad, protección, apariencia, regulaciones ambientales, etc. Ayudan a cumplir la función principal.

2.2.3.3 Fallas funcionales ²²

Una **falla** es un evento con probabilidad razonable de ocurrencia, que hace que el equipo o sistema pierda su función. Es el no cumplimiento total o parcial de una

²² ORTIZ Daniel, diapositivas de memorias clase RCM.

función. Fin de la capacidad de un elemento para realizar una función requerida. IEC 60050(191).

Una **falla funcional** se define como la inhabilidad de un activo para cumplir un estándar de funcionamiento deseable por el usuario. Estado en el cual un activo físico o un sistema es incapaz de realizar una función específica con un nivel de desempeño deseable. [SAE JA1011].

2.2.4 Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA)

Procedimiento en el que se analiza cada modo de falla potencial en cada componente de un elemento (activo) para determinar su efecto en otros componentes y en la función deseada del mismo.

Una vez se evidencian las fallas, es importante identificar las causas de las mismas, los modos de fallo se pueden clasificar en tres grupos:

- Causas de capacidad menor de funcionamiento: deterioro, fallas de lubricación, polvo , suciedad, desajuste, errores humanos
- Causas de capacidad mayor de funcionamiento: sobrecarga deliberada constante o repentina.
- No capacidad: no cumple con la función.

Tabla 3. Modos de falla²³

RCM II

HOJA DE INFORMACION

FUNCION	FALLA FUNCIONAL (pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFECTOS DE FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla?)
---------	---	--------------------------------------	---

Fuente: MOUBRAY John, Mantenimiento centrado en Confiabilidad

²³ MOUBRAY John, Mantenimiento centrado en Confiabilidad, P93

2.2.5 Normas aplicadas en RCM

2.2.5.1 SAE JA1011 (Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes

Para la implementación de RCM, se formulan siete preguntas básicas sobre el activo o el sistema a analizar

[SAE 1011], descritas a continuación:²⁴

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

Se debe determinar qué funciones son las que los usuarios quieren que haga el activo, para asegurar que sea capaz de realizarlo

2. De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

Identificar las causas que llevaron a la falla funcional y preguntarse qué eventos pueden causar que el activo falle.

3.Cuál es la causa de cada falla funcional?

Identificar los modos de falla, es decir los hechos que de manera razonablemente posible, puedan haber causado cada estado de falla, se puede encontrar el deterioro o desgaste normal, errores humanos y errores de diseño.

4. Qué sucede cuando ocurre cada falla?

Hacer un listado de los efectos de falla, describiendo lo que ocurre con cada modo de falla e incluyendo las evidencias de la falla, como representa una

²⁴ MOUBRAY John, Mantenimiento centrado en Confiabilidad, P7 – P17

amenaza para la seguridad o medio ambiente, cómo afecta la producción, qué daños físicos se produjeron y qué se debe hacer para reparar la falla

5. En qué sentido es importante cada falla?

Se realiza un análisis de las consecuencias de la falla, las cuales pueden ser graves o leves, dependiendo de ello, se identifican las características del mantenimiento. El objetivo es evitar o reducir las consecuencias de las fallas.

RCM clasifica las consecuencias de fallas así:

Ocultas, ambientales y para la seguridad, operacionales, no operacionales.

6. Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada fallas?

Se determina técnicas para manejar las fallas, una de ellas es a través de tareas proactivas que se realizan antes de que ocurra una falla para prevenir el estado de falla, allí se incluye en mantenimiento predictivo y preventivo.

7. Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

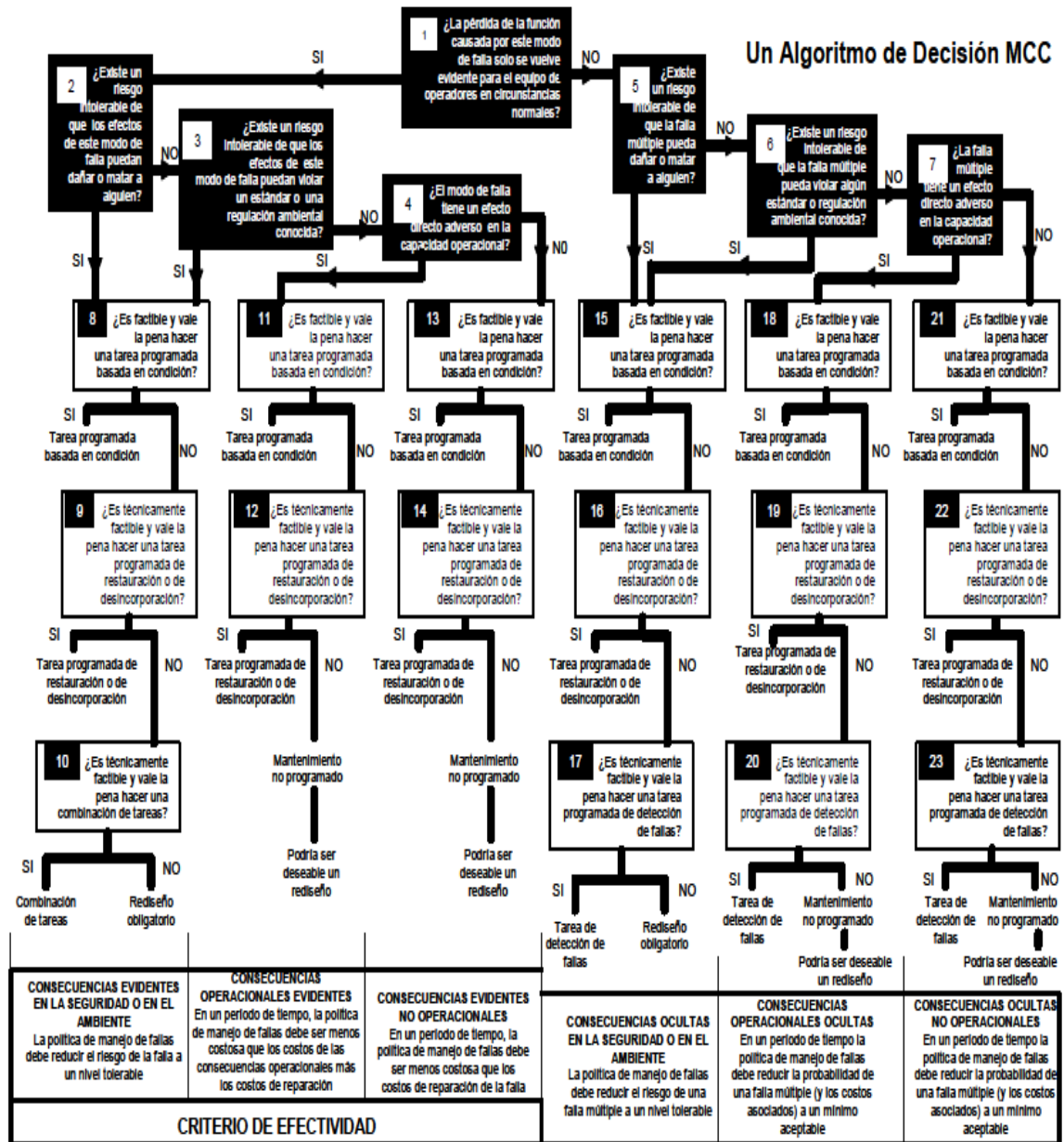
Cuando se encuentra en estado de falla, se generan acciones que son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva, aquí se incluye la búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento a rotura.

2.2.5.2 SAE JA1012 (A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard)

El alcance de la norma SAE JA1012 (“A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard”) amplifica y clarifica cada uno de los criterios claves listados en SAE JA1011 (“Evaluation Criteria for RCM Processes”), y

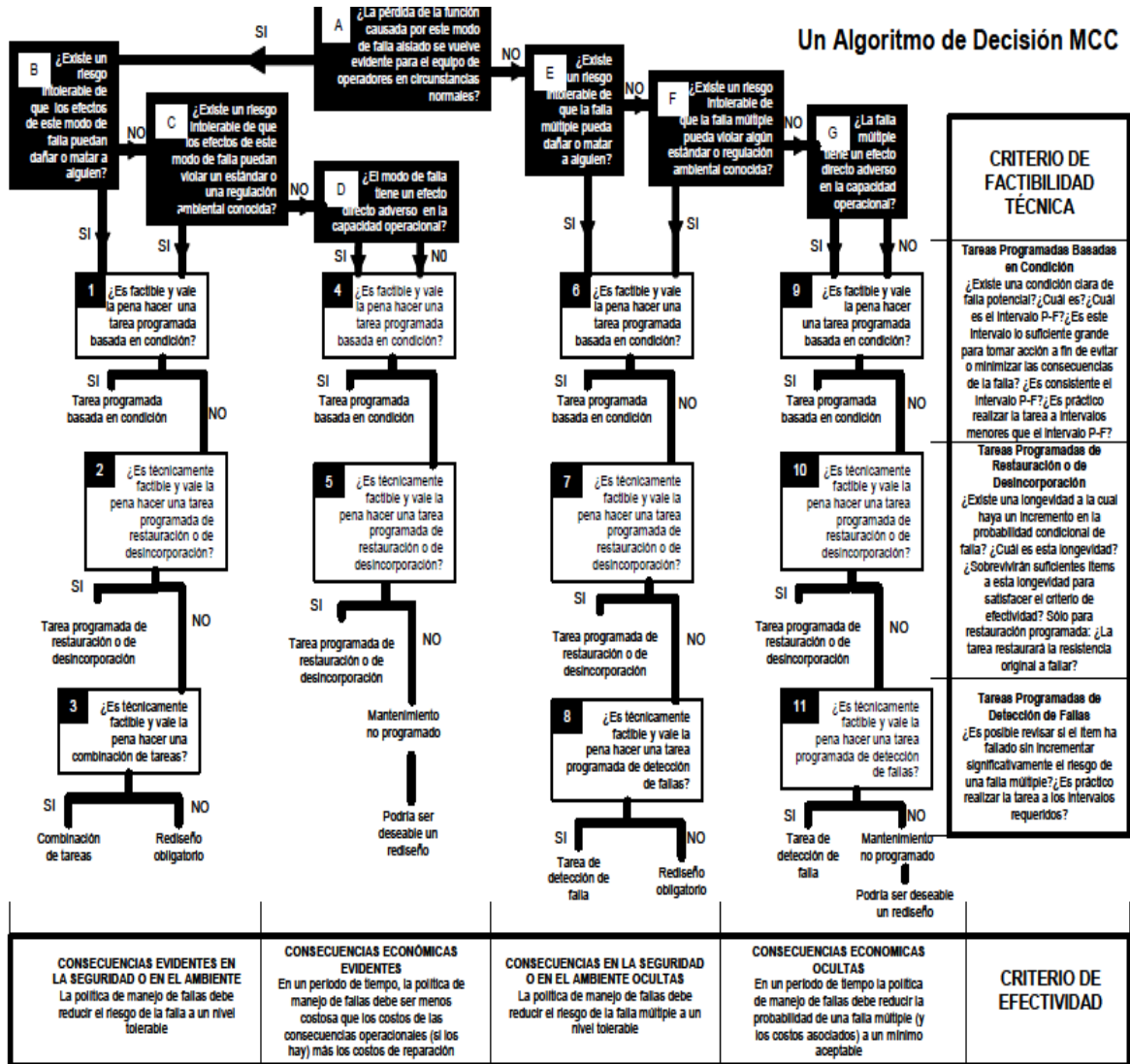
resume problemas adicionales que deben ser tomados en cuenta para aplicar RMC exitosamente.

Figura 8. Ejemplo de diagrama de decisión



Fuente: ORTIZ Daniel, material clase RCM

Figura 9. Ejemplo de diagrama de decisión



Fuente: ORTIZ Daniel, material clase RCM

2.2.5.3 ISO14224 (Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment)

Este estándar internacional es aplicable a equipos usados en la industria petrolera, de gas natural y de petroquímica, incluyendo equipos de proceso, sistemas de tuberías, equipos de seguridad, equipos submarinos, carga / descarga de equipos, perforación de pozos, entre otros.

El estándar se aplica a datos recopilados durante un ciclo de vida operacional de un equipo, incluyendo la instalación, puesta en marcha, operación, mantenimiento y modificación.

Cuando se requieren costos para el establecimiento del análisis de la confiabilidad en el punto de vista económico o de realizar el cálculo del costo del ciclo de vida, se deben obtener la información de las fuentes idóneas.

Los datos técnicos se reúnen para describir el equipo y su ubicación dentro de una planta, instalación o red.

Esta norma se utiliza para identificar y explicar las variables para analizar las funciones y describe como consignar las actividades de mantenimiento con el propósito de identificar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

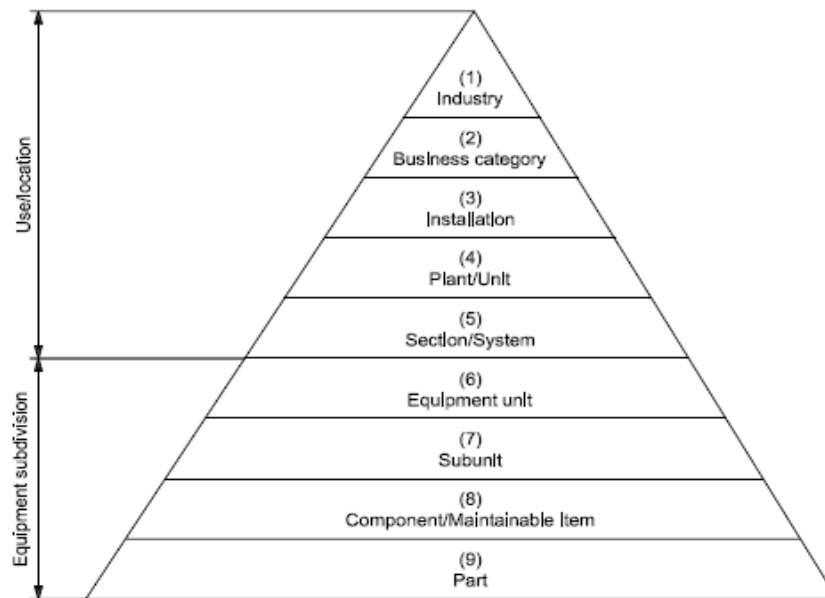
El estado técnico de los equipos y la degradación del rendimiento de los equipos se puede registrar a través de sistemas de monitoreo de condiciones.

Una descripción clara de la frontera es imprescindible para la recopilación, la fusión y el análisis de datos. También facilita la comunicación entre los operarios y equipos fabricantes.

Para cada categoría de equipo, se define el límite al cual se recogerán datos. Se puede utilizar figuras para delimitar la frontera.

La **taxonomía** es una clasificación sistemática de los elementos en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios de los elementos (ubicación, uso, equipo de subdivisión, etc). Una clasificación de los datos pertinentes para ser recogida de acuerdo con esta Norma Internacional está representado por una jerarquía tal como se muestra en la Figura 10.

Figura 10. Modelo de jerarquía – taxonomía ISO 14224



Fuente: ISO 14224

2.2.6 Descripción de metodología RCM

La metodología de RCM se caracteriza por el seguimiento de las siete preguntas básicas de la norma SAE JA1011.

- Se realiza la taxonomía de los equipos, en donde se clasifican los sistemas y sus componentes delimitando la frontera de análisis.
- Se definen las funciones de los elementos, se estudian las características técnicas de los equipos del sistema, identificando sus condiciones operacionales y ambientales describiendo como es el proceso de operación de los equipos implicados y las fronteras que maneja,
- Se Identifican las funciones y fallas funcionales (análisis de modos de falla, efectos y consecuencias de las mismas).
- Se realiza un análisis de riesgo.
- Con la información recopilada y analizada, se realiza el diagrama de decisión.

3. ANALISIS RCM EN EL SISTEMA DE CONTROL CENTRAL SCADA

En este capítulo se desarrolla la recolección y tratamiento de información. Análisis RCM.

3.1 MODELO DE JERARQUIA -TAXONOMIA DE EQUIPOS

La norma ISO 14224 indica que es imperativo describir la frontera para recopilar y analizar los datos, siendo recomendable identificarlo a través de una figura, una definición a través de texto o una combinación de ambos.²⁵

Para decidir cuáles de los activos serán sometidos al proceso de revisión de RCM, se prepara un registro de planta mediante la jerarquía de los activos y diagramas funcionales de bloque.²⁶ El registro debe ser diseñado de tal manera que sea posible hacer seguimiento a los activos analizados en RCM, adicional permite facilidades en el planteamiento y programación de tareas, registros históricos, y al ser clasificados y catalogados mediante numeración, pueden ser fácilmente identificables para varios propósitos.

El generar una jerarquía con niveles apropiados permite tener números de modo de fallas por función razonables, quiere decir que se puede obtener una jerarquía funcional donde se muestran las relaciones entre funciones a un mismo nivel representadas por diagramas funcionales de bloque o diagramas funcionales de flujo, esta son necesarias cuando el personal que hace el análisis RCM no comprende bien las relaciones entre los diferentes procesos.²⁷

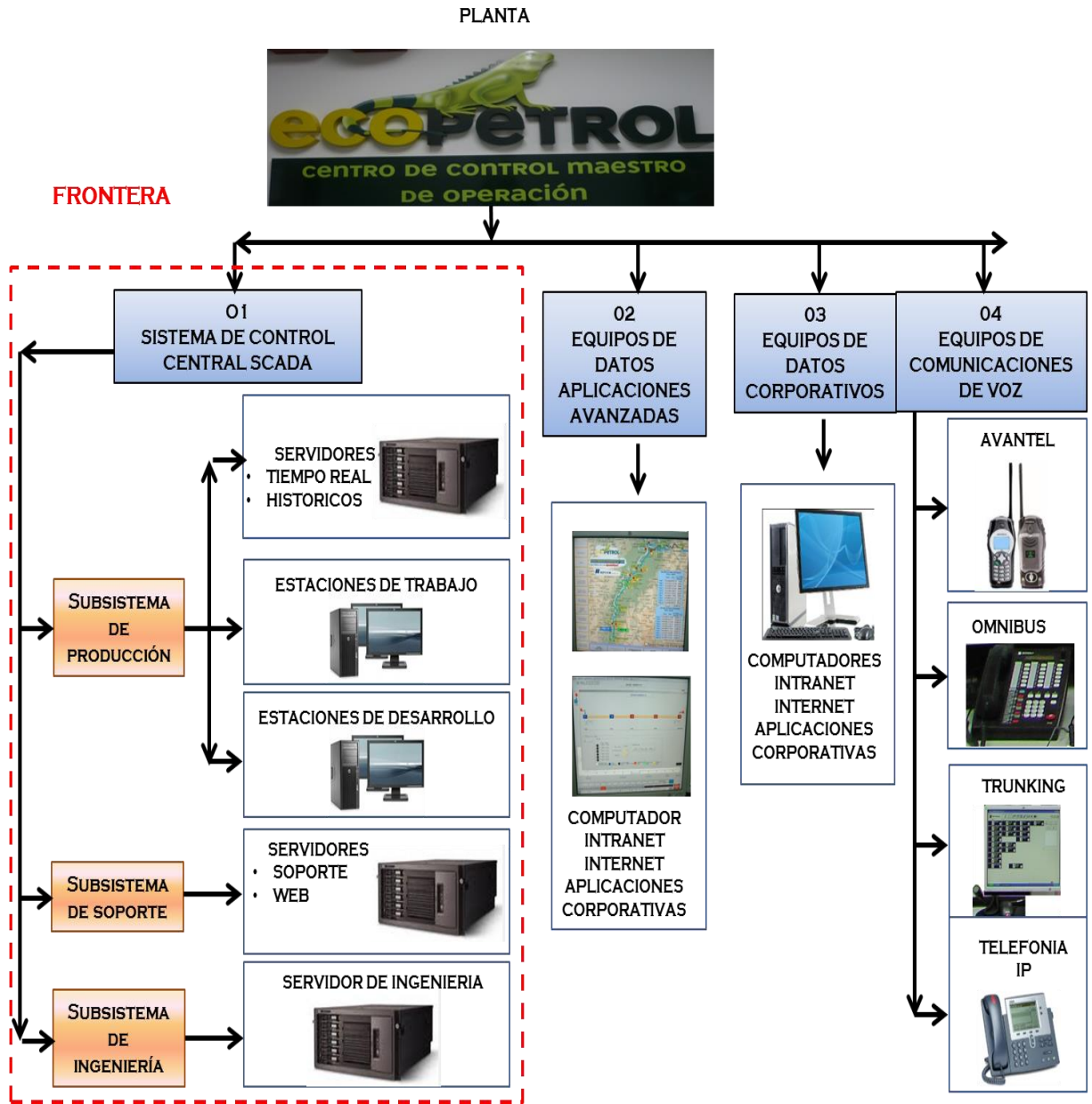
²⁵ ISO 14224

²⁶ MOUBRAY John, Mantenimiento basado en Confiabilidad RCM II, P16

²⁷ MOUBRAY John, Mantenimiento basado en Confiabilidad RCM II, apéndice 1 P336

Establecer las fronteras o límites del sistema permite generar la estructura y consistencia de un proceso, permite controlar y hacer seguimiento a los trabajos asociados a dicho proceso; permite identificar que los sistemas no se traslapen y permite identificar las entradas y salidas del sistema.

Figura 11. Taxonomía de equipos del centro de control maestro de operación



Fuente: Autor

Es necesario tener cuidado de asegurarse que los activos o componentes que están justo en los límites no queden fuera del análisis, por ello en ocasiones al realizar el análisis RCM es posible que se identifique la necesidad de modificar los límites.

La planta, en este caso se trata del centro de control maestro de operación que para cumplir con su función, requiere de varios sistemas que se muestran en la Figura 11, los sistemas han sido clasificados con propósito del análisis.

- **01 Sistema de control central SCADA** desde el cual se realiza la operación de líneas operativas. Este sistema es la frontera a la cual se le realiza el análisis RCM de la presente monografía.
- **02 Equipos de aplicaciones avanzadas:** aplicaciones dedicadas requeridas para la operación.
- **03 Equipos corporativos,** computadores donde puede acceder a software corporativo, aplicaciones corporativas, intranet, correo, internet.
- **04 Equipos de comunicaciones de voz** con las cuales los profesionales de operaciones se comunican con estaciones: ómnibus, avantel, trunking, telefonía IP.

3.2 HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA

El sistema de control central SCADA está compuesto tanto de hardware como de software para poder cumplir con su funcionalidad.

El **hardware** del sistema de control central SCADA a analizar está compuesto por cuatro referencias de equipos:

- Servidores marca HP de referencia ML370 G6²⁸
- Estaciones de trabajo marca HP Z210²⁹

²⁸ Anexo 1 ficha técnica servidor HP ML370 G6

²⁹ Anexo 2 ficha técnica estación de trabajo HP Z210

- Dispositivo de almacenamiento de datos de la red marca HP referencia Storage works P2000
- Switch del dispositivo de almacenamiento marca HP referencia Storage works 8/8 SAN Switch.

Es importante conocer **los estándares del funcionamiento** del hardware donde se incluyen las capacidades esperadas del equipo, teniendo en cuenta las fichas técnicas “datasheets”.

Figura 12. Referencias de hardware del sistema SCADA



Fuente: Manuales de equipos HP ML370 G6, Z210, Storage Works P2000, Storage 8/8 SAN switch.

El sistema maneja varios paquetes de **software** que en conjunto permite cumplir la función primaria de realizar la operación remota. El software principal se llama **OASySDNA**, software propietario que se encarga de adquirir los datos desde los sistemas de control locales, procesarlos, modificarlos y solicitar a los sistemas de control locales los modifiquen, adicional proveer datos a dependencias externas. Para que OASySDNA funciones correctamente, requiere de software convencional comercial. En la tabla 3 se detalla el hardware del sistema y el software asociado a él.

Tabla 4. Hardware y software del sistema de control central SCADA


Hardware	Software Instalado
Estación de trabajo HP Z10	Windows XP Professional AutoCAD OASyS DNA SonicWall Agent Tool SonicWall Continuos Data Protection Symantec Endpoint Protection Excel
Servidores Proliant ML370 G6	Windows Server 2003 OASyS DNA SQL SonicWall Agent Tool SonicWall Continuos Data Protection HP Smart Array y HP StorageWorks P2000 Word y Excel TATWeb
Storage works P2000	
Storage works 8/8 SAN Switch	

Fuente: Autor

3.3 MATRIZ PARA VALORACION DE RIESGOS

Al contestar la cuarta pregunta: **Qué sucede cuando ocurre cada falla?**, es importante para cada modo de falla identificar el riesgo que implica su ocurrencia, para el presente análisis, se utiliza la matriz RAM (Risk Assessment Matrix) Matriz para la Valoración de Riesgos que es una herramienta que estandariza la evaluación cualitativa y cuantitativa de los riesgos, definiendo las consecuencias.

Figura 13. Matriz RAM ECOPETROL³⁰

		DIRECCIÓN DE HSE Y GESTIÓN SOCIAL				ECP-DHS-F-018				
		MATRIZ DE VALORACIÓN DE RIESGOS - RAM				VERSION: 3	1/1			
23 de Julio de 2008										
Para mayor información sobre el uso y manejo de este formato consulte instructivo ECP-DRI-I-007										
CONSECUENCIAS					PROBABILIDAD					
Personas	Economica	Ambiental	Clientes	Imagen de la Empresa		A	B	C	D	E
						No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Unidad, Superintendencia o Departamento
Una o mas fatalidades Nota 1	Catastrófica > \$10M	Contaminación Irreparable	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Contaminación Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temporal (>1 día)	Severo \$100k a \$1M	Contaminación Localizada	Pérdida de clientes y/o de abastecimiento	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10k a \$100k	Efecto Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal <\$10k	Efecto Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

Nota 1. Todo accidente con fatalidad(es) o actividades con potencial de fatalidad(es) debe ser valorado como MUY ALTO (VH); teniendo en cuenta que toda fatalidad es un riesgo intolerable,

COLOR	RIESGO	CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD	TOMANDO DECISIONES
VH	Muy alto	Inadmisible	SI
H	Alto	Inaceptable	
M	Medio	Tolerable	NO
L	Bajo	Aceptable	
N	Ninguno		

Fuente: ECOPETROL, ECP-DHS-F-018

Ésta se hace atendiendo las consecuencias potenciales y la probabilidad de ocurrencia de un incidente o falla.³¹

³⁰ ECOPETROL, ECP-DHS-F-018

³¹ ECOPETROL, 37585ECP-DRI-M-001 Manual permisos de Trabajo

Para el análisis RCM se empleará la matriz RAM de ECOPETROL.

3.4 SELECCIÓN DE TAREAS – DIAGRAMA DE DECISION

Una vez sean identificadas las funciones, los modos de falla y el riesgo que la presencia de esa falla genera, se ha de identificar las acciones o tareas de mantenimiento a realizar. En la siguiente tabla se identifican los tipos de tareas.

Tabla 5. Tipos de tareas de mantenimiento³²

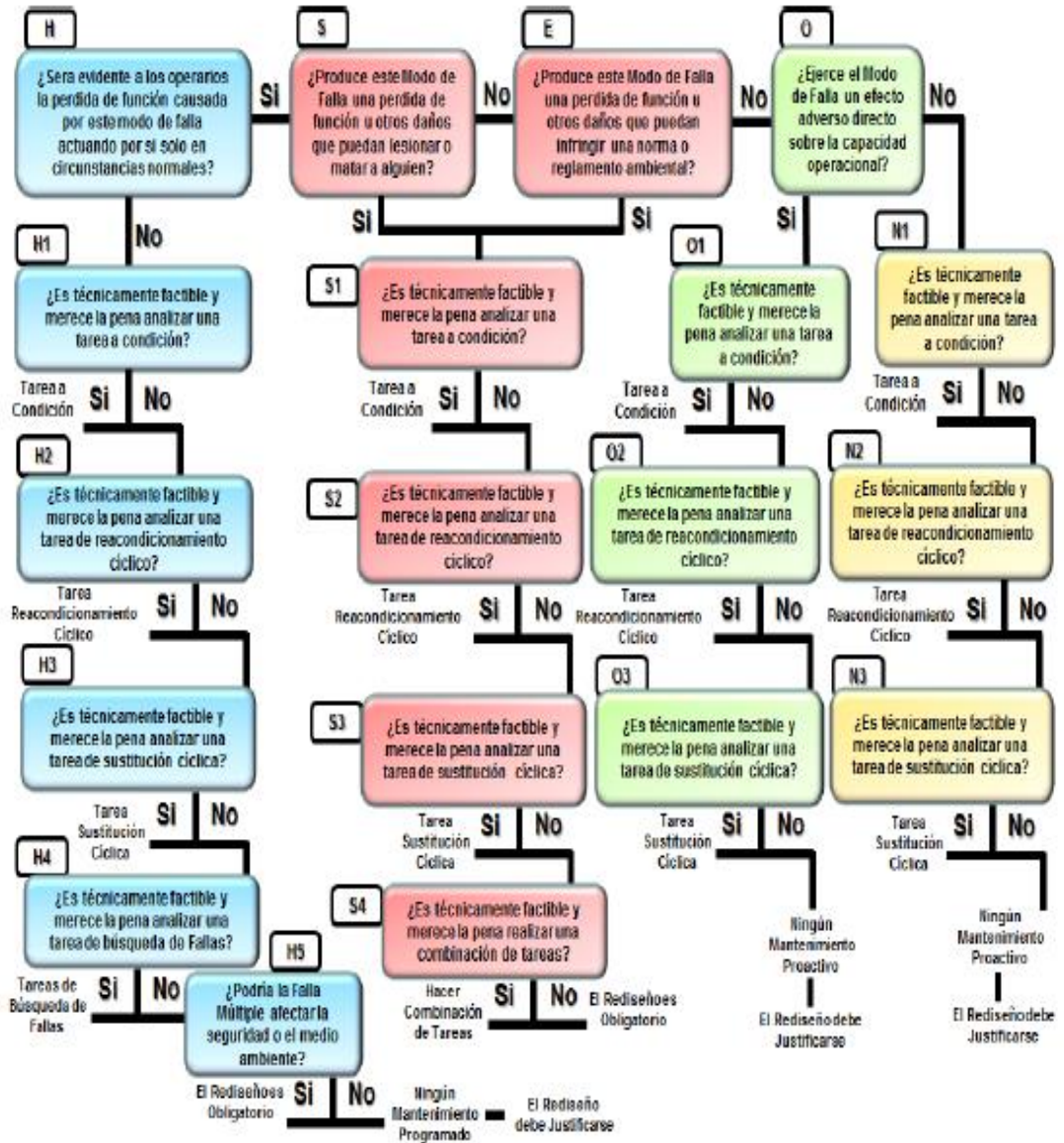
MONITOREO EN LINEA (Continuous on-condition task)	Si es posible detectar la reducción de la resistencia a la falla
TAREAS PARA ANALISIS DE CONDICION (Scheduled on - condition task) PREDICTIVA (buscan conocer la condición de los equipos, para definir acciones que eviten la falla funcional y evitar las consecuencias de las mismas)	Si es posible detectar la reducción a la resistencia a la falla Si es posible definir una condición de falla potencial detectable con una tarea Si es consistente el intervalo entre la detección y la falla. Curva P-F (intervalo entre el momento en que ocurre una falla potencial y su decaimiento hasta convertirse en una falla funcional)
TAREAS DE RECUPERACIÓN DE LA CONDICIÓN (scheduled restoration task)	Debe ser identificable el momento en que se incrementa la probabilidad de falla Un gran porcentaje de equipos sobreviven a esa edad Puede reacondicionarse para recuperar la resistencia original a la falla
TAREAS PARA CAMBIO DE COMPONENTES (Scheduled replacement task)	Es una falla crítica La estadística muestra que no se esperan fallas antes del tiempo límite de vida La falla tiene grandes consecuencias de falla Es identificable el momento en que se incrementa la probabilidad de falla Una gran cantidad de equipos sobreviven a esa edad
TAREAS DE BUSQUEDA DE FALLAS (Scheduled function test)	En las condiciones normales de operación se presentan fallas no evidentes No existe otro tipo de tarea aplicable o efectiva
OPERAR HASTA QUE FALLA (Run to failure)	No existen tareas costo efectivas

Fuente: ORTIZ Daniel, presentación RCM Gerencia de mantenimiento

El algoritmo de decisión a manejar es el de RCM II, en el anexo 5 aparece el detalle del algoritmo que se empleará en el presente desarrollo.

³² ORTIZ Daniel, presentación RCM Gerencia de mantenimiento

Figura 14. diagrama de decisión RCM II



Fuente: Reliability – Centered Maintenance RCM II, Jhon Moubray

Para seleccionar las tareas se debe tener en cuenta:

- Considerar las tareas para cada causa, es decir una tarea por causa.
- Las tareas deben ser costo – efectivas.

3.5 ANALISIS RCM POR EQUIPOS DE SUBSISTEMAS

Teniendo como premisa que el objetivo del mantenimiento es asegurar que el activo continúe haciendo lo que sea que sus usuarios quieran que haga, es importante saber cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento del activo en el contexto operacional actual³³

Se debe tener en cuenta factores importantes cuando se definen las funciones de un activo.³⁴

- Tipo de proceso (por lotes y continuos)
- Redundancia
- Estándares de calidad
- Estándares medio ambientales
- Riesgos para la seguridad
- Turnos de trabajo
- Productos en proceso
- Tiempos de reparación
- Repuestos
- Demanda del mercado
- Abastecimiento de materias primas
- Documentación del contexto operacional

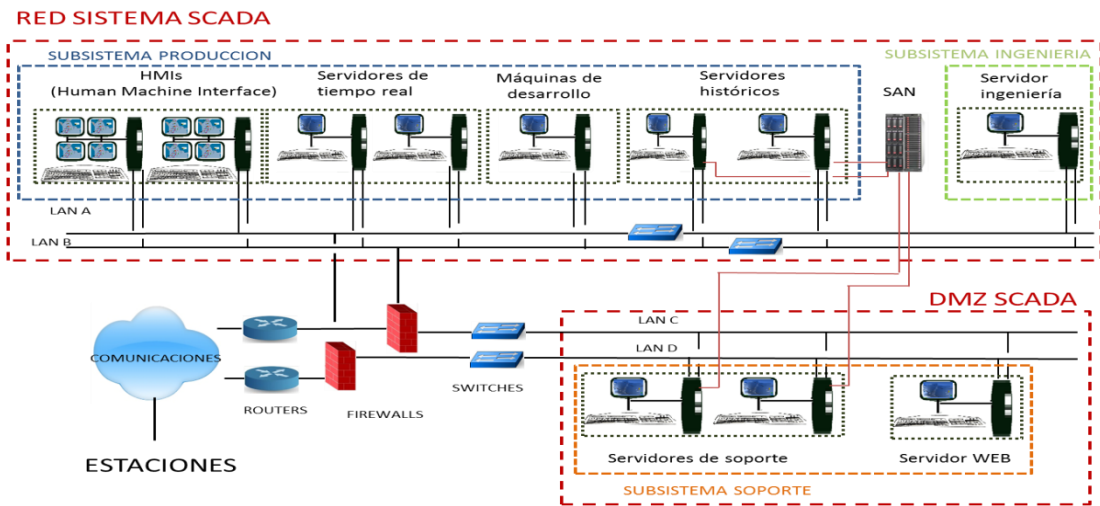
Para la presente monografía se decidió realizar el análisis RCM a cada equipo perteneciente a un determinado subsistema y que tiene funciones particulares para lo cual se hace inicialmente un **contexto operacional**.

El sistema de control central SCADA está compuesto de tres subsistemas, cada uno de ellos cumple roles o funciones específicas distribuidas entre los diferentes equipos que los componen.

³³ MOUBRAY John, Mantenimiento basado en Confiabilidad RCM II, P22

³⁴ MOUBRAY John, Mantenimiento basado en Confiabilidad RCM II, P30 - 35

Figura 15. Detalle arquitectura sistema de control central SCADA

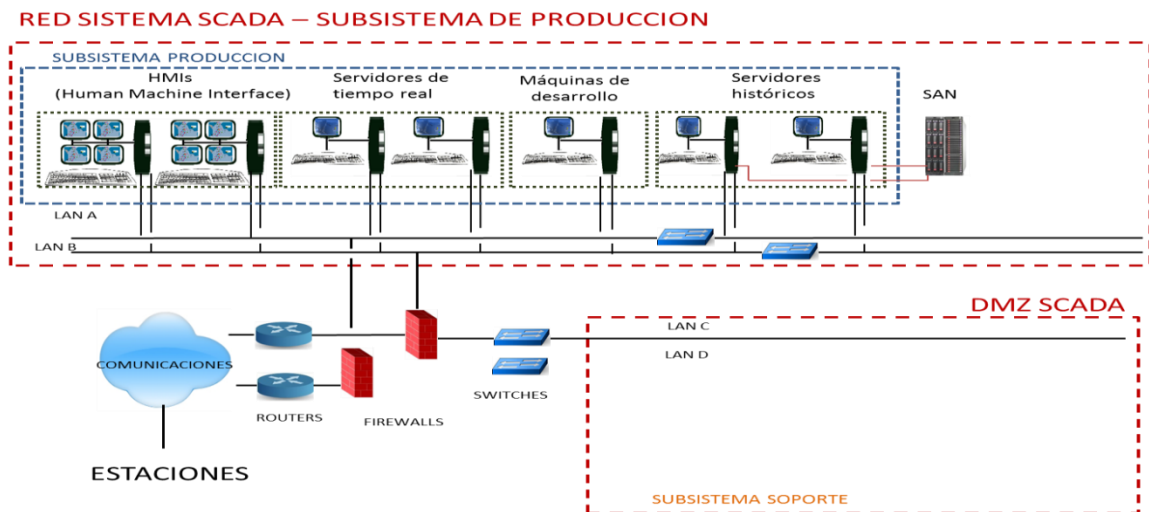


Fuente: Autor

3.1.1 Subsistema de producción

Es el subsistema que permite realizar la operación remota de transporte de hidrocarburos, a nivel de hardware está conformado por 5 servidores y 11 estaciones de trabajo.

Figura 16. Subsistema de producción



Fuente: Autor

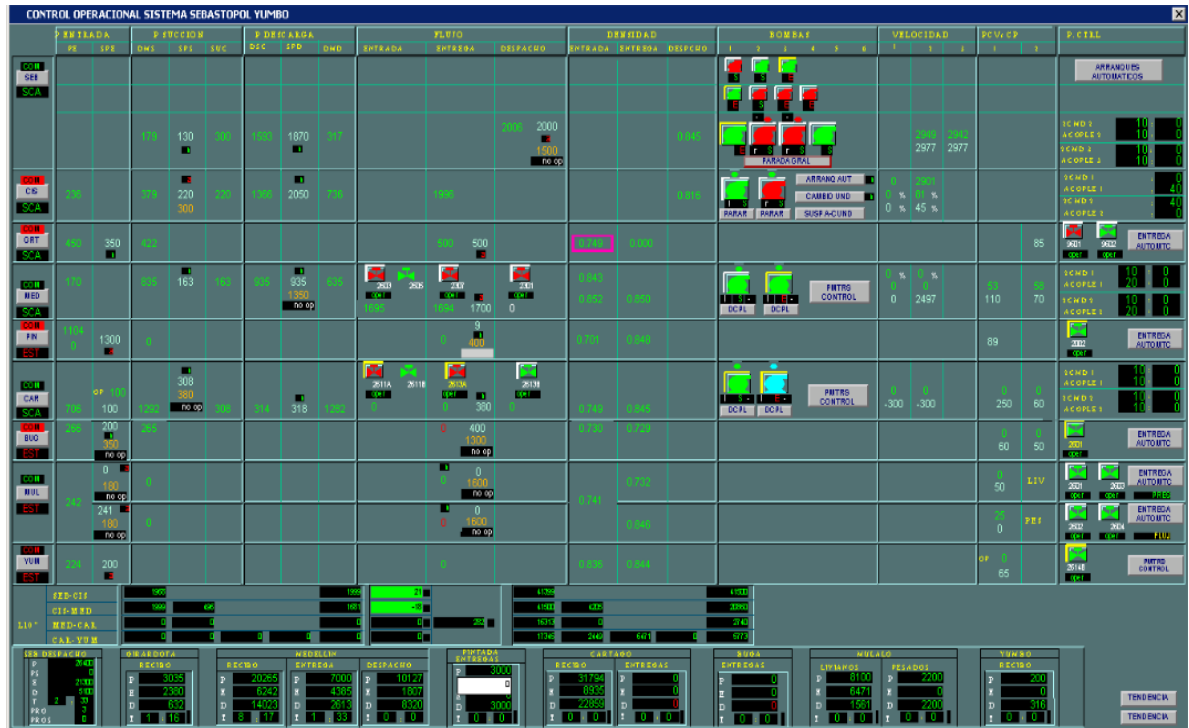
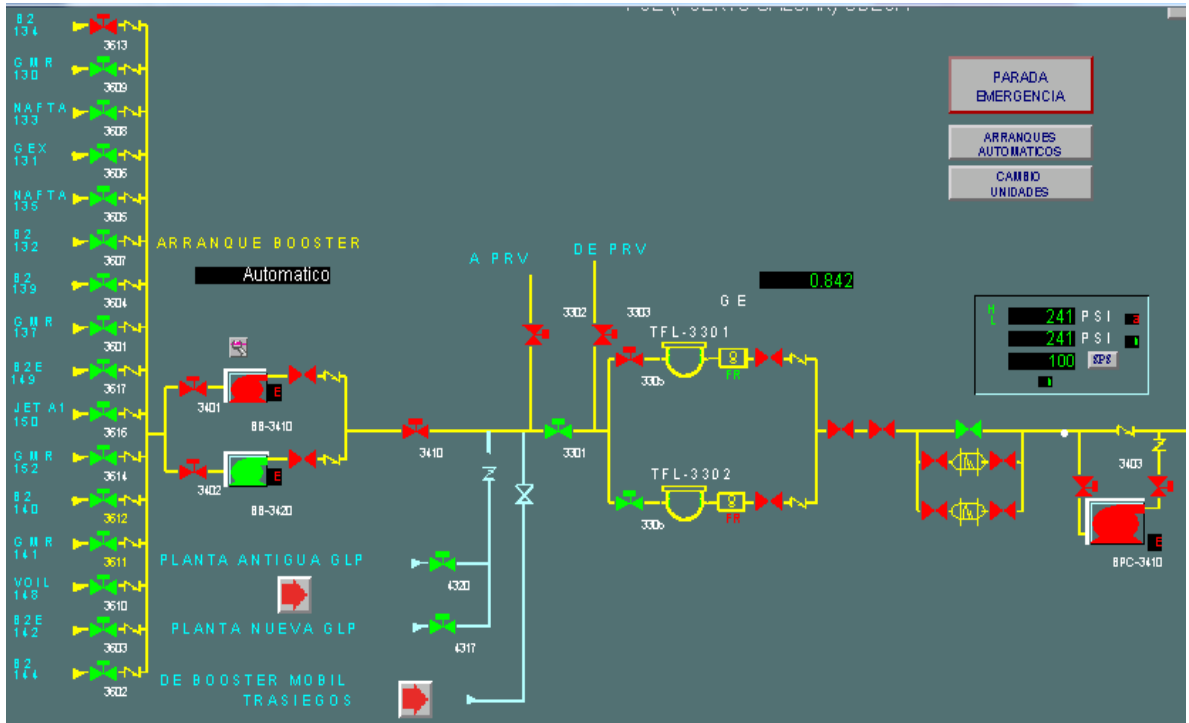
3.1.1.1 Servidores de tiempo real

Contexto operacional

Son dos servidores redundantes (siempre estará uno como principal y el otro como respaldo en caso de falla), y se catalogan como los servidores más importantes del sistema, ya que dentro de sus funciones se tiene:

- Son los encargados de realizar la solicitud de información a los sistemas de control de las estaciones (ver Figura 3).
- Adquiere datos desde campo mediante un proceso de solicitud en donde se pregunta a cada una de las estaciones (sistemas de control local) la información análoga y digital requerida para la operación: estados de bombas, válvulas, selectores, presiones, flujos, temperaturas, velocidades, entre otros.
- Realizan la función de controladores de dominio de todo el sistema.
- Son los encargados de revisar las condiciones de alarma y eventos previamente configurados y que permiten advertir el estado de la operación y tomar las acciones correspondientes.
- Almacena información de tiempo real que proviene de todos los sistemas de control locales (a hoy más de 30), con una frecuencia de muestreo de milisegundos (ms), de forma simultánea mediante solicitudes independientes a cada una de las estaciones.
- Son los servidores encargados de enviar los comandos tanto análogos como digitales que generan acciones dentro de los procesos de operación.
- Contiene las bases de datos de señales análogas, digitales, remotas, conexiones de comunicación, alarmas, señales a historizar, entre otras, requeridas por la operación.
- Permite sincronizar la hora entre el sistema de control central y todos los sistemas de control locales.

Figura 17. Despliegue operativo con información de campo en tiempo real



Fuente: Sistema de Control Central SCADA

Definición de funciones

Tabla 7. Definición de funciones servidores de tiempo real

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES	Cód. Fun.	FUNCIONES		
SERVIDORES DE TIEMPO REAL	<p>Hardware: servidor ML370 G6 (ver detalle anexo 1)</p> <p>Especificaciones: Procesador: 2530 MHz. Memoria: 6000 MB.</p> <p>Video: 64 MB de memoria de video.</p> <p>Tipo de proceso: continuo funcionamiento 7*24 365 días al año con disponibilidad del 99.75% mínimo.</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, que deben asegurar calidad de energía de suministro, calidad de puertos de comunicaciones, componentes, discos, memorias.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, riesgos eléctricos, riesgos incendio.</p> <p>Tiempos de reparación: depende de la falla, pero dependiendo si tiene redundancia (en este caso aplica), permite mitigar la criticidad de estos tiempos.</p> <p>Repuestos: cubiertos mediante garantía extendida</p> <p>Mantenimiento correctivo: Garantías extendidas para correctivos con HP Colombia.</p> <p>Mantenimiento preventivo: Reinicio mensual de máquinas</p> <p>Revisión de: logs de sistema operativo, desempeño de máquina.</p> <p>Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>Hardware: Contar con las capacidades de desempeño de procesador, capacidad disco duro con disponibilidad libre mínima de 15% utilizada.</p> <p>Recurso de máquina alta para manejo de los diferentes procesos.</p> <p>Tarjetas de video.</p> <p>Tarjetas de red en redundancia configuración team.</p>	<p>Especificación Valor Intervalo de temperaturas *</p> <p>En funcionamiento De 10 a 35 °C</p> <p>En transporte De -40 a 70 °C (de -40 °F a 158 °F)</p> <p>Temperatura máxima de termómetro húmedo 82.40°F (82.4°F)</p> <p>Humedad relativa (sin condensación)**</p> <p>En funcionamiento De 10% a 90%</p> <p>En reposo De 5% a 95%</p> <p>* Todos los valores de temperatura que se muestran están indicados para ubicaciones. Los equipos por especificaciones técnicas pueden trabajar desde 10 a 35°C, sin embargo se encuentran en ambiente controlado entre 16-20°C</p>	<p>Entradas hardware: <u>Alimentación energía:</u> redundante desde circuitos independientes.</p> <p>Entradas/salidas hardware: <u>Conexiones de red:</u> redundancia de puertos, cada una conectada a una de las LAN de la red.</p> <p><u>tarjetas de video:</u> para servidores 1</p> <p><u>Perifericos:</u> teclado, mouse, pantalla, KVM</p> <p>Entradas datos: Información desde los sistemas de control local (adquisición).</p> <p>Salidas datos: Información hacia los sistemas de control local (comandos).</p> <p>Entradas/salidas datos: intercambio de información entre equipos de los diferentes subsistemas a través de IPS (pub sub) publicación y suscripción</p>	01PRT01	Adquirir los datos desde los sistemas de control local		
							01PRT02	Procesar y modificar los datos de tiempo real
							01PRT03	Enviar comandos hacia los sistemas de control local
							01PRT04	visualizar en HMLs la información de campo
	<p>Software SCADA OASySDNA:</p> <p>Especificaciones: tiempo real (comunicación con los sistemas de control local), arbitración (definición de rol de servidores redundantes), ISPS (comunicación entre los subsistemas y sus equipos).</p> <p>Actúan como controladores de dominio.</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que los diferentes procesos, en especial los críticos se encuentren en funcionamiento.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con el backup de máquinas, se realizan imágenes mensuales, en proceso backups de cierta información.</p> <p>Mantenimiento correctivo: Conocimiento de personal de soporte, existencia de contratos de soporte con dueño de la tecnología, manejo de horas emergencia 7*24, acceso remoto al sistema. tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p>Mantenimiento preventivo: verificación mensual de software, logs, depuración de bases de datos, actualización de antivirus,</p> <p>Revisión de: logs de OASySDNA.</p> <p>Realización mensual de imágenes</p> <p>Depuración trimestral de contenido de carpetas y eliminación de temporales.</p> <p>Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>software: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p> <p>Estas máquinas actúan como los controladores de dominio, si fallan el sistema general falla.</p>					01PRT05	Manejar bases de datos analógicas, digitales, remotas, conexiones, entre otras
							01PRT06	Generar herramientas para gestión operacional
							01PRT07	Generar herramientas para gestión de mantenimiento
							01PRT08	Comunicar a todos los subsistemas del sistema SCADA
							01PRT09	Generar logs de hardware y software
	<p>Software adicional requerido:</p> <p>Especificaciones:</p> <p>Sistema operativo: sus equipos]Windows Server 2003</p> <p>SQL: gestión de bases de datos</p> <p>Backups en tiempo real: SonicWall Agent Tool</p> <p>SonicWall Continuos Data Protection</p> <p>Almacenamiento de datos: HP Smart Array y HP StorageWorks P2000</p> <p>Microsoft office: Word y Excel: herramientas para gestión y reporte</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que el software funcione, de lo contrario afectará un servicio en la operación. en el caso de tratarse del sistema operativo, fallan todos los servicios.</p> <p>Biesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con los medios de instalación del software</p> <p>Mantenimiento correctivo: Conocimiento de personal de soporte, 7*24, acceso remoto al sistema. tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p>Mantenimiento preventivo: revisión logs</p> <p>Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>Software adicional requerido: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p>						

Fuente: Autor

Análisis de modo de falla y sus efectos (AMFE) – Análisis de Riesgos

Tabla 8. Análisis AMFE y de riesgos de los servidores de tiempo real PARTE I

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Personal	R. Económica	R. Ambiental	R. Cliente	R. Imagen	Valor del riesgo económico (USD)
01PRT01	Adquirir los datos desde los sistemas de control local	01PRT01F	No se obtienen datos desde uno, algunos o todos los SCL	01PRT01F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PRT01F02	proceso omnicom deshabilitado	No se realiza solicitudes de información a ninguno de los SCL	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M
				01PRT01F03	Problema en la configuración de las políticas de seguridad	datos congelados en el último valor confiable entregado por el SCL. La visualización del dato cambia de color	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PRT01F04	Problemas de red		NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PRT01F05	SCL con dificultad en entregar información		SI	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01PRT02	Procesar y modificar los datos de tiempo real	01PRT02F	una, algunas o todas las herramientas que procesan los datos, no son capaces de entregar la modificación al usuario final	01PRT02F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PRT02F02	Problemas de los procesos que maneja de bases de datos	Los datos con que se procesan no son confiables	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PRT02F03	pérdida de base de datos	No se encuentran las bases de datos requeridas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M
				01PRT02F04	Problemas en herramientas de reportes	No se pueden generar reportes	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01PRT02F05	Problema en la configuración de uno o varios reportes	Los reportes no generan la información requerida	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01PRT02F06	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemas y hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PRT02F07	Problemas en programadores de rutinas	No se ejecutan los procesos en los tiempos específicos	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
01PRT03	Enviar comandos hacia los sistemas de control local	01PRT03F	No llegan comandos a los SCL	01PRT03F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PRT03F02	proceso omnicom deshabilitado	No se realiza solicitudes de información a ninguno de los SCL	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M
				01PRT03F03	Canal de comunicaciones deshabilitados	datos congelados en el último valor confiable entregado por el SCL. La visualización del dato cambia de color	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PRT03F04	SCL con dificultad en recibir información		SI	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M

Fuente: Autor

Tabla 9. Análisis AMFE y de riesgos de los servidores de tiempo real PARTE II

Cód.. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Personal	R. Económica	R. Ambiental	R. Cliente	R. Imagen	Valor del riesgo económico (USD)
01PRT04F	uno, algunos o todos los HMIs no pueden visualizar la información de los SCL	01PRT04F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
		01PRT04F02	proceso omnicom deshabilitado	No se realiza solicitudes de información a ninguno de los SCL	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M
		01PRT04F03	Canal de comunicaciones deshabilitados	datos congelados en el último valor confiable entregado por el SCL. La visualización del dato cambia de color	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
		01PRT04F04	SCL con dificultad en recibir información		SI	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
		01PRT04F05	Problemas en procesos de publicación y suscripción		NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01PRT05F	una, algunas o todas las bases de datos presentan problema que no permite visualizar los datos o asociarlos entre ellos	01PRT05F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
		01PRT05F02	Problemas de configuración de una o varias bases de datos	Los datos no presentan valores coherentes o se registran con mala calidad o en falla	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
		01PRT05F03	Problemas de los procesos que maneja de bases de datos	Se identifica una falla generalizada en las diferentes bases de datos, mostrando mala calidad	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01PRT06F	una, algunas o todas las herramientas no presentan al usuario operativo los reportes con la información requerida	01PRT06F01	Problemas en herramientas de reportes	No se pueden generar reportes	SI	AO	C2	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
		01PRT06F02	Problema en la configuración de uno o varios reportes	Los reportes no generan la información requerida	SI	AO	C2	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
01PRT07F	una, algunas o todas las herramientas empleadas en el mantenimiento no presentan la información de forma oportuna, completa o íntegra	01PRT07F01	Problemas en herramientas de reportes	No se pueden generar reportes	SI	AO	C2	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
			Problema en la configuración de uno o varios reportes	Los reportes no generan la información requerida	SI	AO	C2	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
01PRT08F	uno, algunos o todos los subsistemas presentan problemas de comunicación, intercambio de información entre ellos	01PRT08F01	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemas y hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
01PRT09F	uno, algunos o todos los logs de los diferentes procesos no se están generando o presentan información incompleta	01PRT09F01	Al consultar los logs en caso de fallas en hardware y/o software, no se pueden acceder o no son disponibles	En caso de falla, no se puede identificar mediante los logs, cual puede ser el origen, lo que impide fácil solución	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M

Fuente: Autor

Tabla de decisión

Tabla 10. Hoja de decisión servidores de tiempo real parte I

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE									
							S1	S2	S3										
							O1	O2	O3										
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA		
01PRT01	01PRT01F	01PRT01F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01		
		01PRT01F02	S	N	N	S	O1						Busqueda de falla	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
															Revisión de los logs asociados	a falla	1	T03	
		01PRT01F03	S	N	N	S	O1							Busqueda de falla	Verificación de las reglas de FW, solicitar a soporte seguridad revisión	a falla	1	T13	
		01PRT01F04	S	N	N	S	O1							A condición	Seguimiento diario de estado de comunicación, solicitud a soporte comunicaciones restablecimientos de canales	20	1	T04	
		01PRT01F05	S	N	N	S	O1						Busqueda de falla	Seguimiento diario de estado de datos, solicitud a soporte de controles local revisión y solución de problema	20	0.25	T05		
01PRT02	01PRT02F	01PRT02F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01		
		01PRT02F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
		01PRT02F03	S	N	N	S	O1						Busqueda de falla	Restaurar base de datos mediante uso de backup	a falla	8	T06		
		01PRT02F04	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Revisión de correcto funcionamiento de las herramientas de reportes	a falla	2	T17		
		01PRT02F05	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Revisión de software y rutinas programadas	a falla	2	T07		
		01PRT02F06	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
		01PRT02F07	S	N	N	S	O1						Busqueda de falla	Verificación de horas en las cuales están configuradas las ejecuciones de las rutinas	a falla	0.25	T08		
01PRT03	01PRT03F	01PRT03F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01		
		01PRT03F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
														Busqueda de falla	Revisión de los logs asociados	a falla	1	T03	
		01PRT03F03	S	N	N	S	O1							A condición	Seguimiento diario de estado de comunicación, solicitud a soporte comunicaciones restablecimientos de canales	20	1	T04	
		01PRT03F04	N	N	N	S	H4							Busqueda de falla	Seguimiento diario de estado de datos, solicitud a soporte de controles local revisión y solución de problema	20	0.25	T05	

Fuente: Autor

Tabla 11. Hoja de decisión servidores de tiempo real parte II

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE								
							S1	S2	S3									
							O1	O2	O3									
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA	
01PRT04	01PRT04F	01PRT04F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01	
		01PRT04F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
														Busqueda de falla	Revisión de los logs asociados	a falla	1	T03
		01PRT04F03	S	N	N	S	O1							A condición	Seguimiento diario de estado de comunicación, solicitud a soporte comunicaciones restablecimientos de canales	20	1	T04
		01PRT04F04	N	N	N	S	H4							Busqueda de falla	Seguimiento diario de estado de datos, solicitud a soporte de controles local revisión y solución de problema	20	0.25	T05
		01PRT04F05	S	N	N	S	O1							A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
01PRT05	01PRT05F	01PRT05F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01	
		01PRT05F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación de la configuración de las bases de datos	a falla	1	T16	
		01PRT05F03	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
01PRT06	01PRT06F	01PRT06F01	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Revisión de correcto funcionamiento de las herramientas de reportes	a falla	2	T17	
		01PRT06F02	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Revisión de software y rutinas programadas	a falla	2	T07	
01PRT07	01PRT07F	01PRT07F01	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Revisión de correcto funcionamiento de las herramientas de reportes	a falla	2	T17	
			N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Revisión de software y rutinas programadas	a falla	2	T07	
01PRT08	01PRT08F	01PRT08F01	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
01PRT09	01PRT09F	01PRT09F01	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Identificar las posibles fallas, en caso de no encontrarse, contactar a proveedor de tecnología	a falla	3	T09	

Fuente: Autor

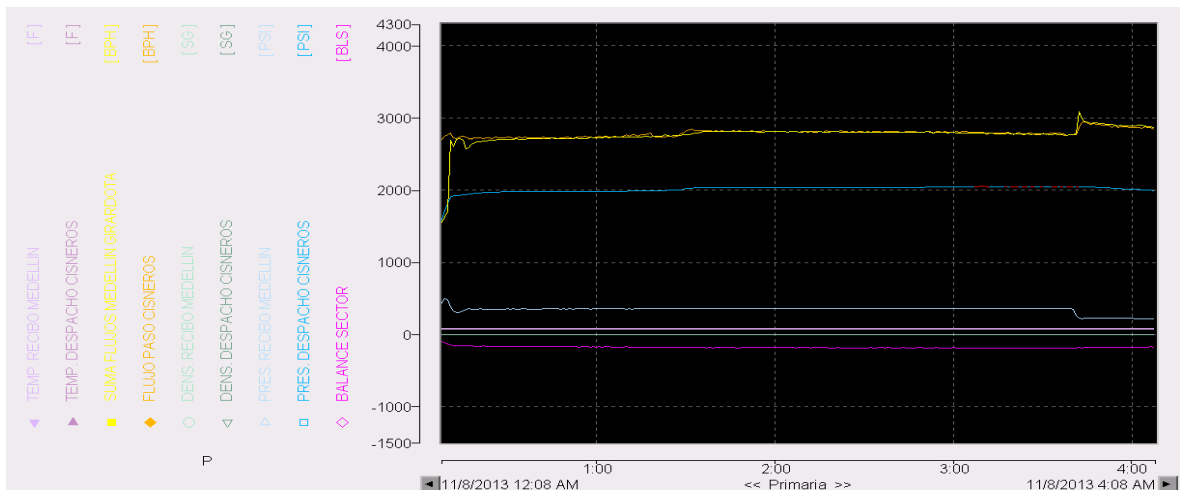
3.1.1.2 Servidores históricos

- **Contexto operacional**

Son dos servidores redundantes (siempre estará uno como principal y el otro como respaldo en caso de falla), encargados del almacenamiento de la información histórica que ha sido previamente configurada en las bases de datos históricas dentro de las cuales se incluyen:

- Señales análogas y digitales almacenadas ya sea por muestreo mínimo de 1 minuto o almacenadas por excepción (cada vez que cambia de valor dentro de un rango configurable), dicha información es importante en la operación ya que permite mediante la visualización de tendencias gráficas, ver el comportamiento de las señales y la relación entre ellas, permitiendo identificar ventanas operativas, posibles ilícitas o fugas de producto en las líneas operativas, entre otros.(ver Figura 14).
- Estadísticos de comunicaciones de cada una de las estaciones con el consolidado de posibles tipos de fallas de las mismas.

Figura 18. Ejemplo de tendencia de señales análogas de varias estaciones de líneas operativas de transporte



Fuente: Sistema de control central SCADA

Figura 19. Ejemplo de estadístico de comunicaciones

Editor Estadístico de Comunicaciones											Página:	1	SALIR
Fecha - Hora	RTU	Conexion	Llamados exitosos	Llamados fallidos	% éxito	No responde	Error seguridad	Mensaje largo	Mensaje corto	err			
11/08/2013 02:00:00	_SNMP_522	_SNMP1	60	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 02:00:00	_SNMP_DNA	_SNMP1	60	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 02:00:00	_SNMP_GPS	_SNMP1	120	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 02:00:00	_SNMP_XYP	_SNMP1	60	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 02:00:00	ACOUST-OPC	ACUST-OPC-	0	112	0	0	0	0	0				
11/08/2013 02:00:00	SATOPC-DEV	SATOPC_DEV	274	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 03:00:00	_SNMP_522	_SNMP1	60	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 03:00:00	_SNMP_DNA	_SNMP1	60	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 03:00:00	_SNMP_GPS	_SNMP1	120	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 03:00:00	_SNMP_XYP	_SNMP1	60	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 03:00:00	ACOUST-OPC	ACUST-OPC-	0	113	0	0	0	0	0				
11/08/2013 03:00:00	SATOPC-DEV	SATOPC_DEV	280	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 04:00:00	_SNMP_522	_SNMP1	60	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 04:00:00	_SNMP_DNA	_SNMP1	60	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 04:00:00	_SNMP_GPS	_SNMP1	120	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 04:00:00	_SNMP_XYP	_SNMP1	60	0	100	0	0	0	0				
11/08/2013 04:00:00	ACOUST-OPC	ACUST-OPC-	0	112	0	0	0	0	0				

Fuente: Sistema de control central SCADA

- Eventos asociados a la operación (cambio de estado de alarma – normal), comandos generados, reconocimiento de alarmas, entre otros.

Figura 20. Ejemplo de despliegue de eventos

Fecha	Tabla	Punto	RTU	
11/08/2013 04:25:02.134	status	MUL-CTRL-COM	MULALO	Comando discreto no_activo - Realizado correctamente
11/08/2013 04:25:01.072	status	AYAIP-CTRL-COM	AYACUCHO	Comando discreto no_activo - Realizado correctamente
11/08/2013 04:25:01.072	status	APY-CTRL-COM	APIAY	Comando discreto no_activo - Realizado correctamente
11/08/2013 04:25:01.072	status	APY-COM-FALLA	APIAY	Valor = ALARMA (estado normal)
11/08/2013 04:25:00.697	status	GAL-CTRLC-COM	GALAN	Comando discreto no_activo - Realizado correctamente
11/08/2013 04:24:58.165	status	APY-PT3417-ACT	APIAY	Valor = no_activo (estado normal)

Fuente: Sistema de control central SCADA

Estos servidores realizan el almacenamiento de su información en el dispositivo de almacenamiento de datos Storage works P2000, cuyo detalle se encuentra en el anexo 3.

- Definición de funciones

Tabla 12. Definición de funciones servidores históricos

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES	Cód Fun.	FUNCIONES
SERVIDORES HISTÓRICOS	<p>Hardware: servidor ML370 G6 (ver detalle anexo 1)</p> <p>Especificaciones: Procesador: 2530 MHz. Memoria: 6000 MB. Video: 64 MB de memoria de video.</p> <p>Tipo de proceso: continuo funcionamiento 7*24 365 días al año con disponibilidad del 99.75% mínimo.</p> <p>Estándares de calidad: equipos de misión crítica, que deben asegurar calidad de energía de suministro, calidad de puertos de comunicaciones, componentes, discos, memorias.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, riesgos eléctricos, riesgos incendio.</p> <p>Tiempos de reparación: depende de la falla, pero dependiendo si tiene redundancia (en este caso aplica), permite mitigar la criticidad de estos tiempos.</p> <p>Repuestos: cubiertos mediante garantía extendida</p> <p>Mantenimiento correctivo: Garantías extendidas para correctivos con HP Colombia.</p> <p>Mantenimiento preventivo: Reinicio mensual de máquinas</p> <p>Revisión de: logs de sistema operativo, desempeño de máquina.</p> <p>Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>Hardware: Contar con las capacidades de desempeño de procesador, capacidad disco duro con disponibilidad libre mínima de 15% utilizada.</p> <p>Recurso de máquina alta para manejo de los diferentes procesos.</p> <p>Tarjetas de video.</p> <p>Tarjetas de red en redundancia configuración team.</p>	<p>Especificación Valor Intervalo de temperaturas *</p> <p>En funcionamiento De 10 a 35 °C</p> <p>En transporte De -40 a 70 °C (de -40 °F a 158 °F)</p> <p>Temperatura máxima de termómetro húmedo 82.40°F (82.4°F)</p> <p>Humedad relativa (sin condensación)**</p> <p>En funcionamiento De 10% a 90%</p> <p>En reposo De 5% a 95%</p> <p>* Todos los valores de temperatura que se muestran están indicados para ubicaciones. Los equipos por especificaciones técnicas pueden trabajar desde 10 a 35°C, sin embargo se encuentran en ambiente controlado entre 16-20°C</p>	<p>Entradas hardware: alimentación energía: redundante desde circuitos independientes.</p> <p>Entradas/salidas hardware: Conexiones de red: redundancia de puertos, cada una conectada a una de las LAN de la red.</p> <p>tarjetas de video: para servidores 1</p> <p>Periféricos: teclado, mouse, pantalla, KVM</p> <p>Entradas datos: Información desde los sistemas de control local (adquisición). Salidas datos: Información hacia los sistemas de control local (comandos).</p> <p>Entradas/salidas datos: intercambio de información entre equipos de los diferentes subsistemas a través de IPS (pub sub) publicación y suscripción</p>	01PH01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real
					01PH02	Almacenar los datos históricos configurados por muestreo o excepción
					01PH03	Proveer los datos históricos a las máquinas que los requieran
	<p>Software SCADA OASySDNA:</p> <p>Especificaciones: históricos (almacenamiento de la información histórica configurada por muestreo o excepción según requerimiento operativo), arbitraje (definición de rol de servidores redundantes), ISPS (comunicación entre los subsistemas y sus equipos).</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estándares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que los diferentes procesos, en especial los críticos se encuentren en funcionamiento.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con el backup de máquinas, se realizan imágenes mensuales, en proceso backups de cierta información en tiempo real.</p> <p>Mantenimiento correctivo: Conocimiento de personal de soporte, existencia de contratos de soporte con dueño de la tecnología, manejo de horas emergencia 7*24, acceso remoto al sistema, tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p>Mantenimiento preventivo: verificación mensual de software, logs, depuración de bases de datos, actualización de antivirus,</p> <p>Revisión de: logs de OASySDNA.</p> <p>Realización mensual de imágenes</p> <p>Depuración trimestral de contenido de carpetas y eliminación de temporales.</p> <p>Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>software: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones.</p>			01PH04	Comunicarse a todos los subsistemas del sistema SCADA
	<p>Software adicional requerido:</p> <p>Especificaciones:</p> <p>Sistema operativo: sus equipos]Windows Server 2003</p> <p>SQL: gestión de bases de datos</p> <p>Backups en tiempo real: SonicWall Agent Tool</p> <p>SonicWall Continuos Data Protection</p> <p>Almacenamiento de datos: HP Smart Array y HP StorageWorks P2000</p> <p>Microsoft office: Word y Excel: herramientas para gestión y reporte</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estándares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que el software funcione, de lo contrario afectará la disponibilidad de información histórica requerida por la operación y externos; en el caso de tratarse del sistema operativo, fallan todos los servicios.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con los medios de instalación del software</p> <p>Mantenimiento correctivo: Conocimiento de personal de soporte, 7*24, acceso remoto al sistema. tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p>Mantenimiento preventivo: revisión logs</p> <p>Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>Software adicional requerido: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p>			01PH05	Generar logs de hardware y software

Fuente: Autor

- **Análisis de modo de falla y sus efectos (AMFE) – Análisis de Riesgos**

Tabla 13. Análisis AMFE y de riesgos de los servidores históricos

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Personal	R. Económica	R. Ambiental	R. Cliente	R. Imagen	Valor del riesgo económico (USD)
01PH01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real	01PH01F	No se obtienen datos desde uno, algunos o todos los subsistemas SCADA	01PH01F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	AO	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PH01F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar ni recibir la información entre los subsistemas	NO	AO	C4	AO	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
				01PH01F03	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASYSDNA	Maquina aislada del sistema de tal forma que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	AO	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01PH02	Almacenar y disponer los datos históricos configurados por muestreo o excepción	01PH02F	No es posible almacenar los datos históricos o poder entregarlos a quien los requiere	01PH02F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	AO	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PH02F02	Problemas de los procesos que permiten almacenar los datos	Procesos entre ellos archive, de archive en falla.	SI	AO	C4	AO	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PH02F03	Capacidad de almacenamiento superado	Dispositivo de almacenamiento lleno, no se puede almacenar mas información	NO	AO	C4	AO	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PH02F04	Incorrecta configuración de maquina de almacenamiento	no se registra almacenamiento como se desea ya sea de información o lugar	SI	AO	C4	AO	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01PH03	Proveer los datos históricos a las máquinas que los requieran	01PH03F	Las maquinas del subsistema de producción que requieren históricos no los tienen disponibles	01PH03F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	AO	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PH03F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemas y hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	AO	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
01PH04	Comunicar a todos los subsistemas del sistema SCADA	01PH08F	uno, algunos o todos los subsistemas presentan problemas de comunicación, intercambio de información entre ellos	01PH08F01	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemas y hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	AO	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
01PH05	Generar logs de hardware y/o software	01PH09F	uno, algunos o todos los logs de los diferentes procesos no se están generando o presentan información incompleta	01PH09F01	Al consultar los logs en caso de fallas en hardware y/o software, no se pueden acceder o no son disponibles	En caso de falla, no se puede identificar mediante los logs, cual puede ser el origen, lo que impide fácil solución	SI	AO	C3	AO	C2	C1	Severo \$100k a \$1M

Fuente: Autor

- **Tabla de decisión**

Tabla 14. Hoja de decisión servidores históricos

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE									
							S1	S2	S3										
							O1	O2	O3	H4	H5	S4	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA		
01PH01	01PH01F	01PH01F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01		
		01PH01F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
		01PH01F03	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
01PH02	01PH02F	01PH02F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01		
		01PH02F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
		01PH02F03	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de la capacidad de los discos donde se almacena la información - depurar - liberar espacio	1	2	T10		
		01PH02F04	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Revisión de software y rutinas programadas	a falla	2	T07		
01PH03	01PH03F	01PH03F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01		
		01PH03F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
01PH04	01PH08F	01PH08F01	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
01PH05	01PH09F	01PH09F01	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Identificar las posibles fallas, en caso de no encontrarse, contactar a proveedor de tecnología	a falla	3	T09		

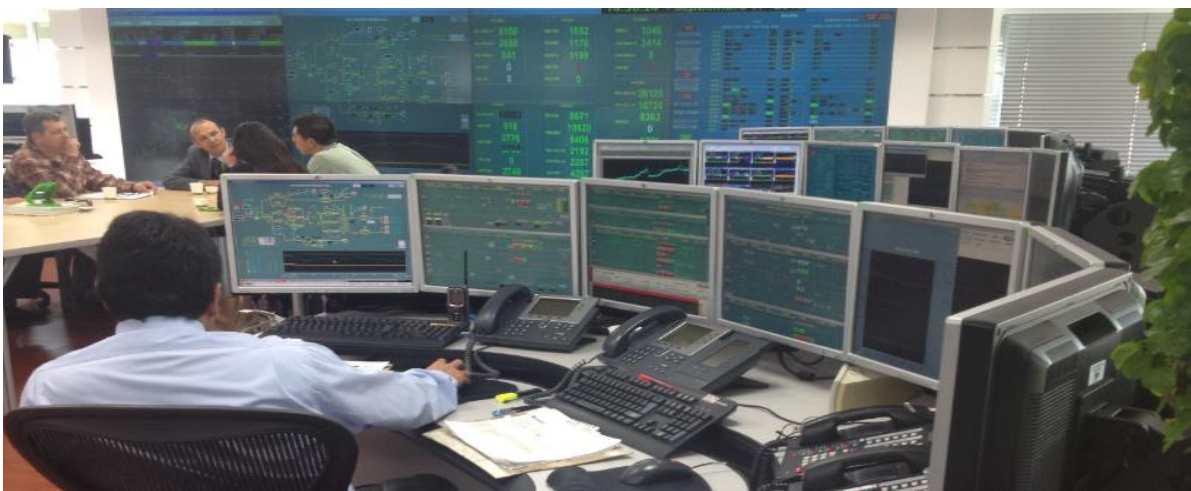
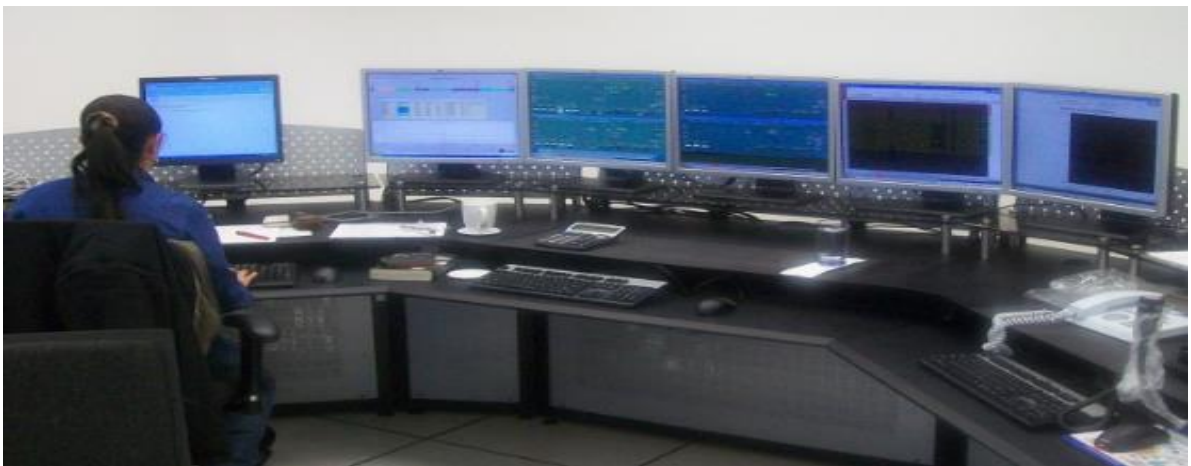
Fuente: Autor

3.1.1.3 Consolas operativas HMIs Human Machine Interfaces

- **Contexto operacional**

Ocho estaciones de trabajo HMIs Human Machine Interfaces, máquina interfaz humana. Desde las cuales se hace la coordinación nacional del transporte de hidrocarburos de ECOPETROL S.A, supervisión y control de líneas operativas de más de 30 estaciones, análisis de balances operativos que incluyen análisis de fugas y posibles ilícitas. De las 8 consolas, se cuenta con 2 de reserva, en caso de falla o para pruebas de operación.

Figura 21. HMI Human Machine Interfaces – máquina interfaz humana



Fuente: Sistema de Control Central SCADA

- Definición de funciones

Tabla 15. Definición de funciones consolas operativas HMIs

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES	Cód Fun.	FUNCIONES
CONSOLAS OPERATIVAS HMIS	<p>Hardware: estación de trabajo HP Z10 (ver detalle ANEXO 2)</p> <p>Especificaciones: Procesador: Intel® Core™ i7-2600 (3,40 GHz, caché de 8 MB, 4 núcleos. 64b its, memoria estándar RAM sin búfer ECC DDR3 4 GB, 1333 MHz.</p> <p>Tipo de proceso: continuo funcionamiento 7*24 365 días al año con disponibilidad del 99.75% mínimo.</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, que deben asegurar calidad de energía de suministro, calidad de puertos de comunicaciones, componentes, discos, memorias.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos, conexión de USBs, para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, riesgos eléctricos, riesgos incendio,</p> <p>Tiempos de reparación: depende de la falla, pero dependiendo si tiene redundancia (en este caso aplica), permite mitigar la criticidad de estos tiempos.</p> <p>Repuestos: cubiertos mediante garantía extendida, reserva de pantallas en caso de falla.</p> <p>Mantenimiento correctivo: Garantías extendidas para correctivos con HP Colombia. Reemplazo de pantallas.</p> <p>Mantenimiento preventivo: Reinicio mensual de máquinas</p> <p>Revisión de: logs de sistema operativo, desempeño de máquina.</p> <p>Redundancia: dos consolas operativas de reserva en caso de falla de una de las seis operativas servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>Hardware: Contar con las capacidades de desempeño de procesador, capacidad disco duro con disponibilidad libre mínima de 15% utilizada.</p> <p>Recurso de máquina alta para manejo de los diferentes procesos.</p> <p>Tarjetas de video.</p> <p>Tarjetas de red en redundancia configuración team.</p>	<p>Especificación Valor</p> <p>Intervalo de temperaturas *</p> <p>En funcionamiento De 10 a 35 °C</p> <p>En transporte De -40 a 70 °C (de -40 °F a 158 °F)</p> <p>Temperatura máxima de termómetro húmedo 82.40°F (82.4°F)</p> <p>Humedad relativa (sin condensación)**</p> <p>En funcionamiento De 10% a 90%</p> <p>En reposo De 5% a 95%</p> <p>* Todos los valores de temperatura que se muestran están indicados para ubicaciones. Los equipos por especificaciones técnicas pueden trabajar desde 10 a 35°C, sin embargo se encuentran en ambiente controlado entre 16-20°C</p>	<p>Entradas hardware: alimentación energía: redundante desde circuitos independientes.</p> <p>Entradas/salidas hardware: Conexiones de red: redundancia de puertos, cada una conectada a una de las LAN de la red. tarjetas de video: para servidores 1</p> <p>Perifericos: teclado, mouse, pantalla, KVM</p> <p>Entradas datos: Información desde los sistemas de control local (adquisición).</p> <p>Salidas datos: Información hacia los sistemas de control local (comandos).</p> <p>Entradas/salidas datos: intercambio de información entre equipos de los diferentes subsistemas a través de IPS (pub sub) publicación y suscripción</p>	01PC01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real
	<p>Software SCADA OASySDNA:</p> <p>Especificaciones: consolas de operación HMIs (supervisión y control de la operación central), COMMON (comunicación entre los subsistemas y sus equipos).</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que los diferentes procesos, en especial los críticos se encuentre en funcionamiento.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para permitir la supervisión y el control central.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con el backup de máquinas, se realizan imágenes mensuales, en proceso backups de cierta información.</p> <p>Mantenimiento correctivo: Conocimiento de personal de soporte, existencia de contratos de soporte con dueño de la tecnología, manejo de horas emergencia 7*24, acceso remoto al sistema, tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p>Mantenimiento preventivo: verificación mensual de software, logs, depuración de bases de datos, actualización de antivirus,</p> <p>Revisión de: logs de OASySDNA.</p> <p>Realización mensual de imágenes</p> <p>Depuración trimestral de contenido de carpetas y eliminación de temporales.</p> <p>Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>software: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p> <p>Estas máquina actúan como los controladores de dominio, si fallan el sistema general falla.</p>			01PC02	Permitir al profesional de consola que supervise, controle y utilice herramientas para operar de manera central
	<p>Software adicional requerido:</p> <p>Especificaciones: Sistema operativo: Windows XP Professional Backups en tiempo real: SonicWall Agent Tool SonicWall Continuos Data Protection Antivirus: Symantec Endpoint Protection Microsoft office: Word y Excel: herramientas para gestión y reporte</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que el software funcione, de lo contrario afectará en la supervisión y control de la operación central; en el caso de tratarse del sistema operativo, fallan todos los servicios.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con los medios de instalación del software</p> <p>Mantenimiento correctivo: Conocimiento de personal de soporte, 7*24, acceso remoto al sistema. tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p>Mantenimiento preventivo: revisión logs</p> <p>Redundancia: dos consolas operativas de reserva para seis consolas productivas.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>Software adicional requerido: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p>			01PC03	Comunicarse a todos los subsistemas del sistema SCADA
	01PC04	Generar logs de hardware y software				

Fuente: Autor

- **Análisis de modo de falla y sus efectos (AMFE) – Análisis de Riesgos**

Tabla 16. Análisis AMFE y de riesgos de consolas operativas HMIs

Cód. Func.	Función	Cód.. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Personal	R. Económica	R. Ambiental	R. Cliente	R. Imagen	Valor del riesgo económico (USD)
01PC01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real e histórico	01PC01F	No se obtienen datos desde uno, algunos o todos los subsistemas SCADA	01PC01F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PC01F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar ni recibir la información entre los subsistemas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
				01PC01F03	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASySDNA	Maquina aislada del sistema de tal fomra que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01PC02	Permitir al profesional de consola que supervise, controle y utilice herramientas para operar de manera central	01PC02F	una, algunas o todas las herramientas que procesan los datos, no son capaces permitir la operación al profesional	01PC02F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PC02F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar ni recibir la información entre los subsistemas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
				01PC02F03	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASySDNA	Maquina aislada del sistema de tal fomra que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01PC03	Comunicar a todos los subsistemas del sistema SCADA	01PC03F	uno, algunos o todos los subsistemas presentan problemas de comunicación, intercambio de información entre ellos	01PC03F01	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemasy hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
01PC04	Generar logs de hardware y/o software	01PC04F	uno, algunos o todos los logs de los diferentes procesos no se estan generando o presentan información incompleta	01PC04F01	Al consultar los logs en caso de fallas en hardware y/o software, no se pueden acceder o no son disponibles	En caso de falla, no se puede identificar mediante los logs, cual puede ser el origen, lo que impide facil solución	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M

Fuente: Autor

- **Tabla de decisión**

Tabla 17. Hoja de decisión consolas operativas HMIs

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE								
							S1	S2	S3									
							O1	O2	O3	H4	H5	S4	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA	
01PC01	01PC01F	01PC01F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01	
		01PC01F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
		01PC01F03	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
01PC02	01PC02F	01PC02F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01	
		01PC02F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
		01PC02F03	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
01PC03	01PC03F	01PC03F01	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
01PC04	01PC04F	01PC04F01	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Identificar las posibles fallas, en caso de no encontrarse, contactar a proveedor de tecnología	a falla	3	T09	

Fuente: Autor

3.1.1.4 Máquinas de desarrollo

- Contexto operacional

Tres estaciones de trabajo que cuentan con acceso al servidor de ingeniería, permiten la configuración de bases de datos, y de despliegues; desde estas máquinas se realizan las pruebas de puesta en marcha en operación remota de estaciones y líneas operativas.

- Definición de funciones

Tabla 18. Definición de funciones máquinas de desarrollo

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES	Cód Fun.	FUNCIONES	
MAQUINAS DE DESARROLLO	<p>Hardware: estación de trabajo HP Z10 (ver detalle ANEXO 2)</p> <p>Especificaciones: Procesador: Intel® Core™ i7-2600 (3,40 GHz, caché de 8 MB, 4 núcleos. 64b Its, memoria estándar RAM sin búfer ECC DDR3 4 GB, 1333 MHz.</p> <p>Tipo de proceso: continuo funcionamiento 7*24 365 días al año con disponibilidad del 99,75% mínimo.</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, que deben asegurar calidad de energía de suministro, calidad de puertos de comunicaciones, componentes, discos, memorias.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos, conexión de USBs, para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, riesgos eléctricos, riesgos incendio.</p> <p>Tiempos de reparación: depende de la falla, pero dependiendo si tiene redundancia (en este caso aplica), permite mitigar la criticidad de estos tiempos.</p> <p>Repuestos: cubiertos mediante garantía extendida, reserva de pantallas en caso de falla.</p> <p>Mantenimiento correctivo:</p> <p>Garantías extendidas para correctivos con HP Colombia. Reemplazo de pantallas.</p> <p>Mantenimiento preventivo: Reinicio mensual de máquinas</p> <p>Revisión de: logs de sistema operativo, desempeño de máquina.</p> <p>Redundancia: dos consolas operativas de reserva en caso de falla de una de las seis operativas servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>Hardware: Contar con las capacidades de desempeño de procesador, capacidad disco duro con disponibilidad libre mínima de 15% utilizada.</p> <p>Recurso de máquina alta para manejo de los diferentes procesos.</p> <p>Tarjetas de video.</p> <p>Tarjetas de red en redundancia configuración team.</p>	<p>Especificación Valor Intervalo de temperaturas*:</p> <p>En funcionamiento De 10 a 35 °C</p> <p>En transporte De -40 a 70 °C (de -40 °F a 158 °F)</p> <p>Temperatura máxima de termómetro húmedo 82.40°F (82.4°F)</p> <p>Humedad relativa (sin condensación)**</p> <p>En funcionamiento De 10% a 90%</p> <p>En reposo De 5% a 95%</p> <p>* Todos los valores de temperatura que se muestran están indicados para ubicaciones. Los equipos por especificaciones técnicas pueden trabajar desde 10 a 35°C, sin embargo se encuentran en ambiente controlado entre 16-20°C</p>	<p>Entradas hardware: alimentación energía: redundante desde circuitos independientes.</p> <p>Entradas/salidas hardware: Conexiones de red: redundancia de puertos, cada una conectada a una de las LAN de la red.</p> <p>tarjetas de video: para servidores 1</p> <p>Perifericos: teclado, mouse, pantalla, KVM</p> <p>Entradas datos: Información desde los sistemas de control local (adquisición).</p> <p>Salidas datos: Información hacia los sistemas de control local (comandos).</p> <p>Entradas/salidas datos: intercambio de información entre equipos de los diferentes subsistemas a través de IPS (pub sub) publicación y suscripción</p>	01PD01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real	
	<p>Software SCADA OASySDNA:</p> <p>Especificaciones: consolas de operación HMI's (supervisión y control de la operación central), COMMON (comunicación entre los subsistemas y sus equipos).</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que los diferentes procesos, en especial los críticos se encuentre en funcionamiento.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para permitir la supervisión y el control central.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con el backup de máquinas, se realizan imagenes mensuales, en proceso backups de cierta información.</p> <p>Mantenimiento correctivo:</p> <p>Conocimiento de personal de soporte, existencia de contratos de soporte con dueño de la tecnología, manejo de horas emergencia 7*24, acceso remoto al sistema, tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p>Mantenimiento preventivo: verificación mensual de software, logs, depuración de bases de datos, actualización de antivirus, Revisión de: logs de OASySDNA.</p> <p>Realización mensual de imágenes</p> <p>Depuración trimestral de contenido de carpetas y eliminación de temporales.</p> <p>Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>software: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p> <p>Estas máquina actúan como los controladores de dominio, si fallan el sistema general falla.</p>			01PD02	Permitir al profesional de ingeniería y mantenimiento realizar configuración de despliegues mediante AutoCAD	
	<p>Software adicional requerido:</p> <p>Especificaciones:</p> <p>Sistema operativo: Windows XP Professional</p> <p>Backups en tiempo real: SonicWall Agent Tool</p> <p>SonicWall Continuos Data Protection</p> <p>Antivirus: Symantec Endpoint Protection</p> <p>Microsoft office: Word y Excel: herramientas para gestión y reporte</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que el software funcione, de lo contrario afectará en la supervisión y control de la operación central; en el caso de tratarse del sistema operativo, fallan todos los servicios.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con los medios de instalación del software</p> <p>Mantenimiento correctivo:</p> <p>Conocimiento de personal de soporte, 7*24, acceso remoto al sistema. tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p>Mantenimiento preventivo: revisión logs</p> <p>Redundancia: dos consolas operativas de reserva para seis consolas productivas.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>				01PD03	Permitir al profesional de ingeniería y mantenimiento realizar configuración de bases de datos y programación OASySDNA	
						01PD04	Comunicarse a todos los subsistemas del sistema SCADA
						01PD05	Generar logs de hardware y software

Fuente: Autor

• **Análisis de modo de falla y sus efectos (AMFE) – Análisis de Riesgos**

Tabla 19. Análisis AMFE y de riesgos de máquinas de desarrollo

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Personal	R. Económica	R. Ambiental	R. Cliente	R. Imagen	Valor del riesgo económico (USD)
01PD01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real	01PD01F	No se obtienen datos desde uno, algunos o todos los subsistemas SCADA	01PD01F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PD01F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar ni recibir la información entre los subsistemas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
				01PD01F03	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASySDNA	Maquina aislada del sistema de tal forma que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01PD02	Permitir al profesional de ingeniería y mantenimiento realizar configuración de despliegues mediante AutoCAD	01PD02F	una, algunas o todas las herramientas que procesan los datos, no son capaces de entregar la modificación al usuario final	01PD02F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PD02F02	Problemas con AutoCAD	No se pueden desarrollar de manera normal despliegues en AutoCAD	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01PD02F03	Problemas en distribución de despliegues	No se pueden distribuir despliegues a una, varias o todas las consolas operativas	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01PD02F04	Problemas de los procesos que maneja de bases de datos de despliegues	Se identifica una falla en la bases de datos de despliegues	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01PD03	Permitir al profesional de ingeniería y mantenimiento realizar configuración de bases de datos y programación OASySDNA	01PD03F	No llegan comandos a los SCL	01PD03F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PD03F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar ni recibir la información entre los subsistemas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
				01PD03F03	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASySDNA	Maquina aislada del sistema de tal forma que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01PD03F04	Problemas en programadores de rutinas	No se ejecutan los procesos en los tiempos especificos	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
01PD04	Comunicar a todos los subsistemas del sistema SCADA	01PD04F	uno, algunos o todos los subsistemas presentan problemas de comunicación, intercambio de información entre ellos	01PD04F01	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemas y hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
01PD05	Generar logs de hardware y/o software	01PD05F	uno, algunos o todos los logs de los diferentes procesos no se estan generando o presentan información incompleta	01PD05F01	Al consultar los logs en caso de fallas en hardware y/o software, no se pueden acceder o no son disponibles	En caso de falla, no se puede identificar mediante los logs, cual puede ser el origen, lo que impide facil solución	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M

• **Tabla de decisión**

Tabla 20. Hoja de decisión máquinas de desarrollo

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE								
							S1	S2	S3									
							O1	O2	O3	H4	H5	S4	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA	
01PD01	01PD01F	01PD01F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01	
		01PD01F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
		01PD01F03	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
01PD02	01PD02F	01PD02F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01	
		01PD02F02	S	N	N	S	O1						Busqueda de falla	Revisión de autoCAD, en caso de requerirse, contactar a proveedor	a falla	3	T12	
		01PD02F03	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Revisión de comandos de distribución, emplear diferentes medios de distribución, en caso de requerirse contactar al proveedor	a falla	1	T13	
		01PD02F04	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
01PD03	01PD03F	01PD03F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01	
		01PD03F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
		01PD03F03	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
		01PD03F04	S	N	N	S	O1						Busqueda de falla	Verificación de horas en las cuales están configuradas las ejecuciones de las rutinas	a falla	0.25	T08	
01PD04	01PD04F	01PD04F01	S	N	N	S	O1					A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
01PD05	01PD05F	01PD05F01	N	N	N	S	H4					Busqueda de falla	Identificar las posibles fallas, en caso de no encontrarse, contactar a proveedor de tecnología	a falla	3	T09		

Fuente: Autor

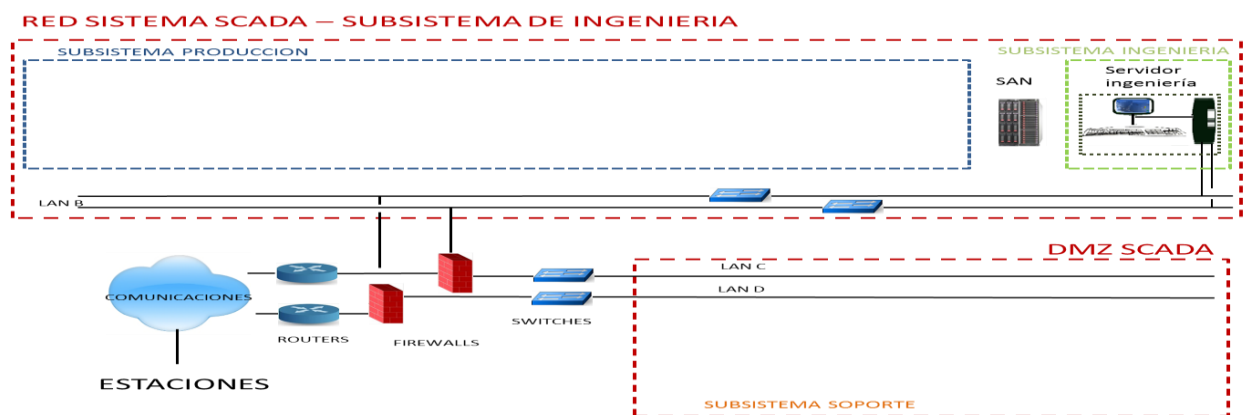
3.1.2 Subsistema de ingeniería

3.1.2.1 Servidor de ingeniería

- Contexto operacional

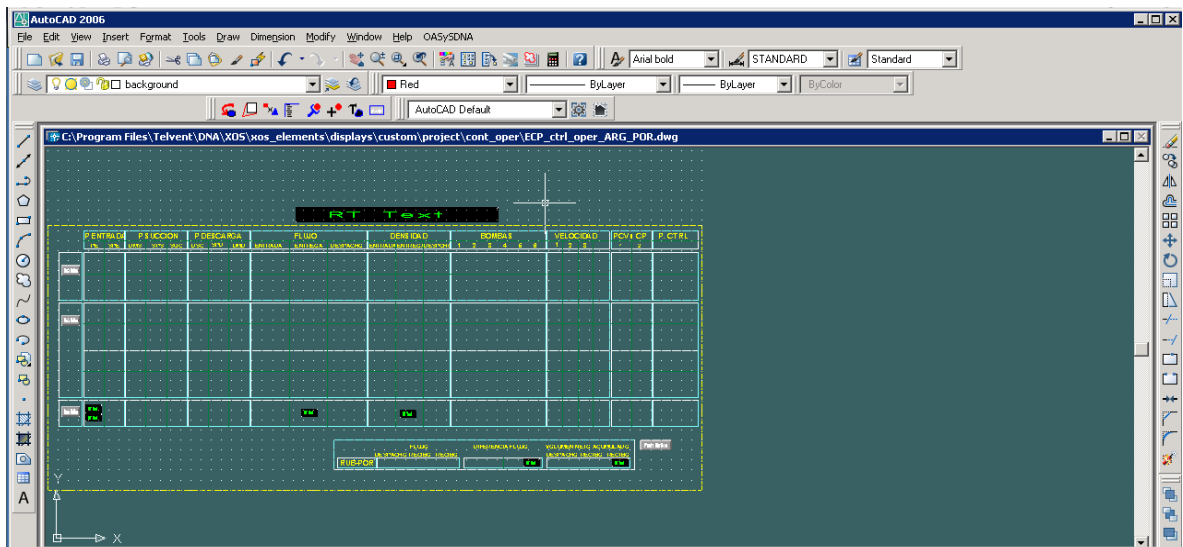
Un servidor desde el cual se realizan los desarrollos y nueva implementaciones del sistema, adicional es en él donde se asegura el backup del sistema en caso de ser requerida restauración. Está compuesto por una servidor de ingeniería.

Figura 22. Subsistema de ingeniería



Fuente: Autor

Figura 23. Desarrollo de despliegues en AutoCAD



Fuente AutoCAD sistema SCADA

• **Definición de funciones**

Tabla 21. Definición de funciones servidor de ingeniería

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES	Cód Fun.	FUNCIONES
SERVIDOR DE INGENIERIA	<p>Hardware: servidor ML370 G6 (ver detalle anexo 1)</p> <p>Especificaciones: Procesador: 2530 MHz. Memoria: 6000 MB. Video: 64 MB de memoria de video.</p> <p>Tipo de proceso: continuo funcionamiento 7*24 365 días al año con disponibilidad del 99.75% mínimo.</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, que deben asegurar calidad de energía de suministro, calidad de puertos de comunicaciones, componentes, discos, memorias.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, riesgos eléctricos, riesgos incendio.</p> <p>Tiempos de reparación: depende de la falla, pero dependiendo si tiene redundancia (en este caso aplica), permite mitigar la criticidad de estos tiempos.</p> <p>Repuestos: cubiertos mediante garantía extendida</p>	<p>Hardware: Contar con las capacidades de desempeño de procesador, capacidad disco duro con disponibilidad libre mínima de 15% utilizada.</p> <p>Recurso de máquina alta para manejo de los diferentes procesos.</p>	<p>Especificación Valor Intervalo de temperaturas *</p> <p>En funcionamiento De 10 a 35 °C</p> <p>En transporte De -40 a 70 °C (de -40 °F a 158 °F)</p> <p>Temperatura máxima de termómetro húmedo 82.40°F (82.4°F)</p> <p>Humedad relativa (sin condensación)**</p> <p>En funcionamiento De 10% a 90%</p> <p>En reposo De 5% a 95%</p> <p>* Todos los valores de temperatura que se muestran están indicados para ubicaciones. Los equipos por especificaciones técnicas pueden trabajar desde 10 a 35°C, sin embargo se encuentran en ambiente controlado entre 16-20°C</p>	<p>Entradas hardware:</p> <p>Alimentación energía: redundante desde circuitos independientes.</p> <p>Entradas/salidas hardware:</p> <p>Conexiones de red: redundancia de puertos, cada una conectada a una de las LAN de la red.</p> <p>tarjetas de video: para servidores 1</p> <p>Periféricos: teclado, mouse, pantalla, KVM</p> <p>Entradas datos: Información desde los sistemas de control local (adquisición).</p> <p>Salidas datos: Información hacia los sistemas de control local (comandos).</p> <p>Entradas/salidas datos: intercambio de información entre equipos de los diferentes subsistemas a través de IPS (pub sub) publicación y suscripción</p>	01ING01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real
					01ING02	Procesar y modificar los datos de tiempo real
					01ING03	Disponer del backup del sistema en caso de falla
					01ING04	Disponer de los despliegues del sistema
					01ING05	Manejar bases de datos análogas, digitales, remotas, conexiones, entre otras
					01ING06	Permitir al profesional de ingeniería y mantenimiento realizar configuración de despliegues mediante AutoCAD
					01ING07	Permitir al profesional de ingeniería y mantenimiento realizar configuración de bases de datos y programación OASySDNA
					01ING08	Comunicar a todos los subsistemas del sistema SCADA
					01ING09	Generar logs de hardware y software
	<p>Software SCADA OASySDNA:</p> <p>Especificaciones: tiempo real (comunicación con los sistemas de control local), arbitraje (definición de rol de servidores redundantes), ISPS (comunicación entre los subsistemas y sus equipos).</p> <p>Actúan como controladores de dominio.</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que los diferentes procesos, en especial los críticos se encuentren en funcionamiento.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con el backup de máquinas, se realizan imágenes mensuales, en proceso backups de cierta información.</p> <p>Mantenimiento correctivo: Conocimiento de personal de soporte, existencia de contratos de soporte con dueño de la tecnología, manejo de horas emergencia 7*24, acceso remoto al sistema. tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p>Mantenimiento preventivo: verificación mensual de software, logs, depuración de bases de datos, actualización de antivirus, Revisión de: logs de OASySDNA. Realización mensual de imágenes</p> <p>Depuración trimestral de contenido de carpetas y eliminación de temporales.</p> <p>Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada</p> <p>Software adicional requerido:</p> <p>Especificaciones:</p> <p>Sistema operativo: sus equipos)Windows Server 2003</p> <p>SQL: gestión de bases de datos</p> <p>Backups en tiempo real: SonicWall Agent Tool</p> <p>SonicWall Continuos Data Protection</p> <p>Almacenamiento de datos: HP Smart Array y HP StorageWorks P2000</p> <p>Microsoft office: Word y Excel: herramientas para gestión y reporte</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que el software funcione, de lo contrario afectará un servicio en la operación. en el caso de tratarse del sistema operativo, fallan todos los servicios.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con los medios de instalación del software</p> <p>Mantenimiento correctivo: Conocimiento de personal de soporte, 7*24, acceso remoto al sistema. tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p>Mantenimiento preventivo: revisión logs</p> <p>Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal.</p> <p>Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de náctica clave</p>	<p>software: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p> <p>Estas máquina actúan como los controladores de dominio, si fallan el sistema general falla.</p>				

Fuente: Autor

- **Análisis de modo de falla y sus efectos (AMFE) – Análisis de Riesgos**

Tabla 22. Análisis AMFE y de riesgos de servidor de ingeniería PARTE I

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Personal	R. Económica	R. Ambiental	R. Cliente	R. Imagen	Valor del riesgo económico (USD)
01ING01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real	01ING01F	No se obtienen datos desde uno, algunos o todos los subsistemas SCADA	01ING01F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01ING01F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar ni recibir la información entre los subsistemas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
				01ING01F03	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASySDNA	Maquina aislada del sistema de tal forma que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01ING02	Procesar y modificar los datos de tiempo real	01ING02F	una, algunas o todas las herramientas que procesan los datos, no son capaces de entregar la modificación al usuario final	01ING02F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01ING02F02	Problemas de los procesos que maneja de bases de datos	Los datos con que se procesan no son confiables	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01ING02F03	pérdida de base de datos	No se encuentran las bases de datos requeridas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M
				01ING02F04	Problemas en herramientas de reportes	No se pueden generar reportes	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01ING02F05	Problema en la configuración de uno o varios reportes	Los reportes no generan la información requerida	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01ING02F06	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemas y hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01ING02F07	Problemas en programadores de rutinas	No se ejecutan los procesos en los tiempos específicos	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
01ING03	Disponer del backup del sistema en caso de falla (incluyendo bases de datos)	01ING03F	No se tiene disponibilidad al backup del sistema	MF0301	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				MF0302	pérdida de backup del sistema	no se encuentran en la máquina los archivos de backup	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M
01ING04	Manejar bases de datos análogas, digitales, remotas, conexiones, entre otras	01ING04F	una, algunas o todas las bases de datos presentan problema que no permite visualizar los datos o asociarlos entre ellos	01ING04F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01ING04F02	Problemas de configuración de una o varias bases de datos	Los datos no presentan valores coherentes o se registran con mala calidad o en falla	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01ING04F03	Problemas de los procesos que maneja de bases de datos	Se identifica una falla generalizada en las diferentes bases de datos, mostrando mala calidad	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M

Fuente: Autor

Tabla 23. Análisis AMFE y de riesgos de servidor de ingeniería PARTE II

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falta Funcional	Cód. MF	Modo de Falta	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Personal	R. Económica	R. Ambiental	R. Cliente	R. Imagen	Valor del riesgo económico (USD)
01ING05	Permitir al profesional de ingeniería y mantenimiento realizar configuración de despliegues mediante AutoCAD	01ING05F	una, algunas o todas las herramientas que procesan los datos, no son capaces de entregar la modificación al usuario final	01ING05F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01ING05F02	Problemas con AutoCAD	No se pueden desarrollar de manera normal despliegues en AutoCAD	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01ING05F03	Problemas en distribución de despliegues	No se pueden distribuir despliegues a una, varias o todas las consolas operativas	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01ING05F04	Problemas de los procesos que maneja de bases de datos de despliegues	Se identifica una falla en la bases de datos de despliegues	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01ING06	Permitir al profesional de ingeniería y mantenimiento realizar configuración de bases de datos y programación OASySDNA	01ING06F	No llegan comandos a los SCL	01ING06F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01ING06F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar ni recibir la información entre los subsistemas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
				01ING06F03	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASySDNA	Maquina aislada del sistema de tal forma que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01ING06F04	Problemas en programadores de rutinas	No se ejecutan los procesos en los tiempos específicos	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
01ING07	Comunicar a todos los subsistemas del sistema SCADA	01ING07F	uno, algunos o todos los subsistemas presentan problemas de comunicación, intercambio de información entre ellos	01ING07F01	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemas y hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
01ING08	Generar logs de hardware y/o software	01ING08F	uno, algunos o todos los logs de los diferentes procesos no se están generando o presentan información incompleta	01ING08F01	Al consultar los logs en caso de fallas en hardware y/o software, no se pueden acceder o no son disponibles	En caso de falla, no se puede identificar mediante los logs, cual puede ser el origen, lo que impide fácil solución	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M

Fuente: Autor

• **Tabla de decisión**

Tabla 24. Hoja de decisión servidor de ingeniería PARTE I

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE										
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4	H5	S4	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA
01ING01	01ING01F	01ING01F01	S	N	N	S	O1									A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01ING01F02	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01ING01F03	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
01ING02	01ING02F	01ING02F01	S	N	N	S	O1									A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01ING02F02	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01ING02F03	S	N	N	S	O1									Busqueda de falla	Restaurar base de datos mediante uso de backup	a falla	8	T06
		01ING02F04	N	N	N	S	H4									Busqueda de falla	Revisión de correcto funcionamiento de las herramientas de reportes	a falla	2	T17
		01ING02F05	N	N	N	S	H4									Busqueda de falla	Revisión de software y rutinas programadas	a falla	2	T07
		01ING02F06	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01ING02F07	S	N	N	S	O1									Busqueda de falla	Verificación de horas en las cuales están configuradas las ejecuciones de las rutinas	a falla	0.25	T08
01ING03	01ING03F	MF0301	S	N	N	S	O1									A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		MF0302	N	N	N	S	H4									A condición	Realizar backup diario automático y revisión mensual de bakups	20	1	T15
01ING04	01ING04F	01ING04F01	S	N	N	S	O1									A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01ING04F02	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación de la configuración de las bases de datos	a falla	1	T16
		01ING04F03	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02

Fuente: Autor

Tabla 25. Hoja de decisión servidor de ingeniería PARTE II

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE				TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA
							S1	S2	S3									
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
01ING05	01ING05F	01ING05F01	S	N	N	S	O1							A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01ING05F02	S	N	N	S	O1							Busqueda de falla	Revisión de autoCAD, en caso de requerirse, contactar a proveedor	a falla	3	T12
		01ING05F03	N	N	N	S	H4							Busqueda de falla	Revisión de comandos de distribución, emplear diferentes medios de distribución, en caso de requerirse contactar al proveedor	a falla	1	T13
		01ING05F04	N	N	N	S	H4							Busqueda de falla	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
01ING06	01ING06F	01ING06F01	S	N	N	S	O1							A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01ING06F02	S	N	N	S	O1							A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01ING06F03	S	N	N	S	O1							A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01ING06F04	S	N	N	S	O1							Busqueda de falla	Verificación de horas en las cuales están configuradas las ejecuciones de las rutinas	a falla	0.25	T08
01ING07	01ING07F	01ING07F01	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
01ING08	01ING08F	01ING08F01	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Identificar las posibles fallas, en caso de no encontrarse, contactar a proveedor de tecnología	a falla	3	T09	

Fuente: Autor

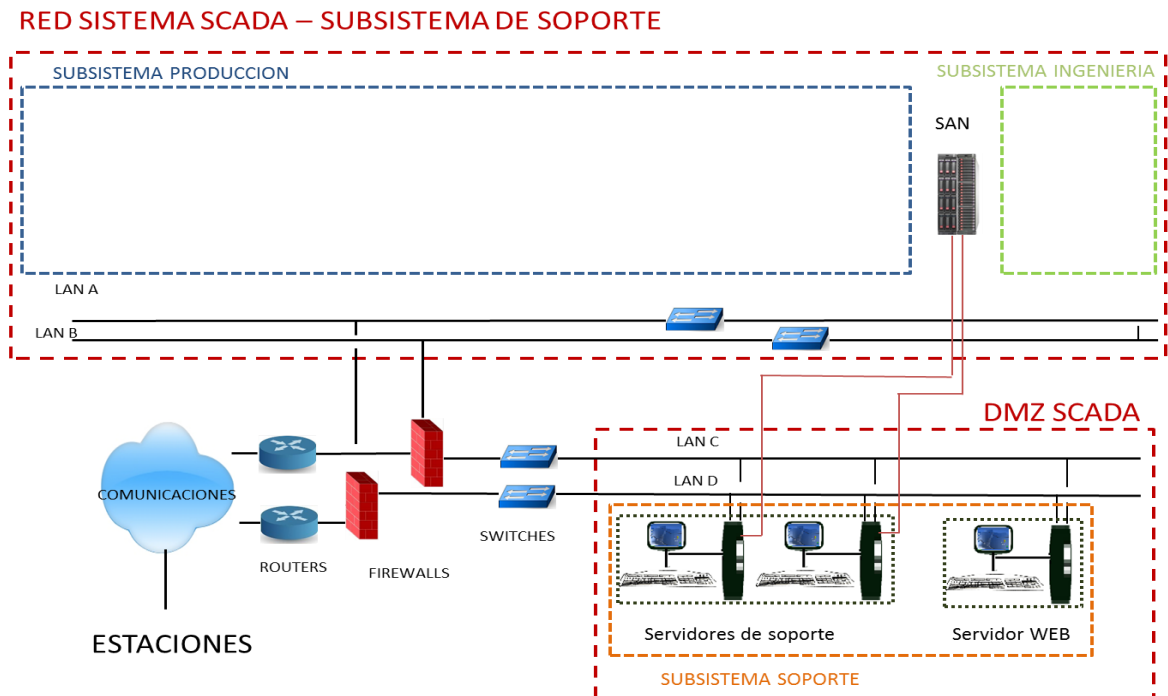
3.1.3 Subsistema de soporte

3.1.3.1 Servidores de soporte

- **Contexto operacional**

Dos servidores redundantes (siempre estará uno como principal y el otro como respaldo en caso de falla), es el subsistema desde el cual se generan herramientas que permiten brindar información adquirida por el sistema de control central SCADA desde campo a usuarios diferentes a los de producción, que pertenecen a otras dependencias pero que requieren datos que permiten alimentar aplicaciones avanzadas, estadísticos de operación, administración de horas de trabajo de máquinas, esquemas de optimización de energía, consolidado de datos para facturación, estadísticos de disponibilidad de comunicaciones, incluso herramientas de gestión de mantenimiento, envío de correo electrónicos con información o alertando fallas en el sistema, entre otros.

Figura 24. Subsistema de soporte



Fuente: Autor

Figura 25. Ejemplo de contenido de correo electrónico de falla de comunicación

Cambio de estado en remota A_PORVENIR de normal a line failure
 REMOTE: A_PORVENIR CONN: A_PORVENIR_1 STATE: line failure LAST GOOD: 08/11/2013 14:30:14.221 LAST BAD: 08/11/2013 14:39:17.011
 REMOTE: A_PORVENIR CONN: A_PORVENIR_2 STATE: line failure LAST GOOD: 08/11/2013 14:21:10.240 LAST BAD: 08/11/2013 14:40:20.041

Fuente: reporte de comunicaciones sistema de control central SCADA

Figura 26. Ejemplo de reporte diario de estadístico de comunicaciones

Resumen de Comunicaciones de las Remotas 2013/11/05
(de las últimas 24 horas hasta 4:59)

Remota	Dia Prom	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Alban	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Altos del Porvenir	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.73	100.00
Apiay	94.06	85.46	98.44	99.39	0.06	75.18	99.97	99.05	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Araguaney	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Ayacucho	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.76	100.00
Ayacucho IP	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Baranoa	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente reporte de comunicaciones sistema de control central SCADA

- Definición de funciones

Tabla 26. Definición de funciones servidores de soporte

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES	Cód Fun.	FUNCIONES
SERVIDORES DE SOPORTE	<p>Hardware: servidor ML370 G6 (ver detalla anexo 1)</p> <p>Especificaciones: Procesador: 2530 MHz. Memoria: 6000 MB. Video: 64 MB de memoria de video.</p> <p>Tipo de proceso: continuo funcionamiento 7*24 365 días al año con disponibilidad del 99.75% mínimo.</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, que deben asegurar calidad de energía de suministro, calidad de puertos de comunicaciones, componentes, discos, memorias.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, riesgos eléctricos, riesgos incendio.</p> <p>Tiempos de reparación: depende de la falla, pero dependiendo si tiene redundancia (en este caso aplica), permite mitigar la criticidad de estos tiempos.</p> <p>Repuestos: cubiertos mediante garantía extendida</p> <p>Mantenimiento correctivo: Garantías extendidas para correctivos con HP Colombia. Mantenimiento preventivo: Reinicio mensual de máquinas. Revisión de: logs de sistema operativo, desempeño de máquina. Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal. Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>Hardware: Contar con las capacidades de desempeño de procesador, capacidad disco duro con disponibilidad libre mínima de 15% utilizada.</p> <p>Recurso de máquina alta para manejo de los diferentes procesos.</p> <p>Tarjetas de video.</p> <p>Tarjetas de red en redundancia configuración team.</p>	<p>Especificación Valor Intervalo de temperaturas * En funcionamiento De 10 a 35 °C En transporte De -40 a 70 °C (de -40 °F a 158 °F) Temperatura máxima de termómetro húmedo 82.40°F (82.4°F) Humedad relativa (sin condensación)** En funcionamiento De 10% a 90% En reposo De 5% a 95%</p> <p>* Todos los valores de temperatura que se muestran están indicados para ubicaciones. Los equipos por especificaciones técnicas pueden trabajar desde 10 a 35°C, sin embargo se encuentran en ambiente controlado entre 16 a 20°C</p>	<p>Entradas hardware: alimentación energía: redundante desde circuitos independientes. Entradas/salidas hardware: Conexiones de red: redundancia de puertos, cada una conectada a una de las LAN de la red. tarjetas de video: para servidores 1 Perifericos: teclado, mouse, pantalla, KVM Entradas datos: Información desde los sistemas de control local (adquisición). Salidas datos: Información hacia los sistemas de control local (comandos).</p> <p>Entradas/salidas datos: intercambio de información entre equipos de los diferentes subsistemas a través de IPS (pub sub) publicación y suscripción</p>	01SS01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real
	<p>Software SCADA OASySDNA:</p> <p>Especificaciones: soporte (entrega de información a terceros u otras aplicaciones), arbitracón (definición de rol de servidores redundantes), ISPS (comunicación entre los subsistemas y sus equipos).</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que los diferentes procesos, en especial los críticos se encuentre en funcionamiento.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con el backup de máquinas, se realizan imagenes mensuales, en proceso backups de cierta información.</p> <p>Mantenimiento correctivo: Conocimiento de personal de soporte, existencia de contratos de soporte con dueño de la tecnología, manejo de horas emergencia 7*24, acceso remoto al sistema, tiempos de respuesta inmediatos. Mantenimiento preventivo: verificación mensual de software, logs, depuración de bases de datos, actualización de antivirus, Revisión de: logs de OASySDNA. Realización mensual de imágenes Depuración trimestral de contenido de carpetas y eliminación de temporales. Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal. Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>software: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p> <p>Estas máquina actúan como los controladores de dominio, si fallan el sistema general falla.</p>			01SS02	Procesar y modificar los datos de tiempo real
	<p>Software adicional requerido:</p> <p>Especificaciones: Sistema operativo: sus equipos Windows Server 2003 SQL: gestion de bases de datos Backups en tiempo real: SonicWall Agent Tool SonicWall Continuos Data Protection Almacenamiento de datos: HP Smart Array y HP StorageWorks P2000 Microsoft office: Word y Excel: herramientas para gestión y reporte</p> <p>Tipo de proceso: igual a hardware</p> <p>Estandares de calidad: equipos de misión crítica, se debe asegurar que el software funcione, de lo contrario afectará la entrega de información a terceros o aplicaciones avanzadas. en el caso de tratarse del sistema operativo, fallan todos los servicios.</p> <p>Riesgos de seguridad: intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p>Tiempos de reparación: igual a hardware</p> <p>Repuestos: contar con los medios de instalación del software</p> <p>Mantenimiento correctivo: Conocimiento de personal de soporte, 7*24, acceso remoto al sistema. tiempos de respuesta inmediatos. Mantenimiento preventivo: revisión logs Redundancia: dos servidores redundantes, en caso de falla del principal. Documentación contexto operacional: frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p> <p>Estas máquina actúan como los controladores de dominio, si fallan el sistema general falla.</p>			01SS03	Entregar la información a terceros y/o a aplicaciones avanzadas
					01SS04	Manejar bases de datos análogos, digitales, remotas, conexiones, entre otras
					01SS05	Almacenar los datos históricos configurados por muestreo o excepción
					01SS06	Comunicarse a todos los subsistemas del sistema SCADA
					01SS07	Generar logs de hardware y software

Fuente: Autor

• **Análisis de modo de falla y sus efectos (AMFE) – Análisis de Riesgos**

Tabla 27. Análisis AMFE y de riesgos de servidores de soporte PARTE I

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Personal	R. Económica	R. Ambiental	R. Cliente	R. Imagen	Valor del riesgo económico (USD)
01SS01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real	01SS01F	No se obtienen datos desde uno, algunos o todos los subsistemas SCADA	01SS01F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS01F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar ni recibir la información entre los subsistemas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
				01SS01F03	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASySDNA	Maquina aislada del sistema de tal fomra que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01SS02	Procesar y modificar los datos de tiempo real	01SS02F	una, algunas o todas las herramientas que procesan los datos, no son capaces de entregar la modificación al usuario final	01SS02F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS02F02	Problemas de los procesos que maneja de bases de datos	Los datos con que se procesan no son confiables	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS02F03	pérdida de base de datos	No se encuentran las bases de datos requeridas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M
				01SS02F04	Problemas en herramientas de reportes	No se pueden generar reportes	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01SS02F05	Problema en la configuración de uno o varios reportes	Los reportes no generan la información requerida	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01SS02F06	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemasy hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS02F07	Problemas en programadores de rutinas	No se ejecutan los procesos en los tiempos específicos	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
01SS03	Entregar la información a terceros y/o a aplicaciones avanzadas	01SS03F	No llega la información a terceros Y/o a aplicaciones avanzadas	01SS03F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS03F03	Problemas en programadores de rutinas	No se ejecutan los procesos en los tiempos específicos	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01SS03F04	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASySDNA	Maquina aislada del sistema de tal fomra que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS03F05	Fallas en envío por servidor de correos	No llegan los correo o la información al destinatario final	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
01SS04	Manejar bases de datos análogas, digitales, remotas, conexiones, entre otras	01SS04F	una, algunas o todas las bases de datos presentan problema que no permite visualizar los datos o asociarlos entre ellos	01SS04F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS04F02	Problemas de configuración de una o varias bases de datos	Los datos no presentan valores coherentes o se registran con mala calidad o en falla	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS04F03	Problemas de los procesos que maneja de bases de datos	Se identifica una falla generalizada en las diferentes bases de datos, mostrando mala calidad	NO	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M

Fuente: Autor

Tabla 28. Análisis AMFE y de riesgos de servidores de soporte PARTE II

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Personal	R. Económica	R. Ambiental	R. Cliente	R. Imagen	Valor del riesgo económico (USD)
01SS05	Almacenar y disponer los datos históricos configurados por muestreo o excepción	01SS05F	No es posible almacenar los datos históricos o poder entregarlos a quien los requiere	01SS05F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS05F02	Problemas de los procesos que permiten almacenar los datos	Procesos entre ellos archive, de archive en falla.	SI	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS05F03	Capacidad de almacenamiento superado	Dispositivo de almacenamiento lleno, no se puede almacenar mas información	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS05F04	Incorrecta configuración de maquina de almacenamiento	no se registra almacenamiento como se desea ya sea de información o lugar	SI	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01SS06	Proveer los datos históricos a las máquinas que los requieran	01SS06F	Las maquinas del subsistema de producción que requieren históricos no los tienen disponibles	01SS06F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SS06F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	no es posible entregar la información entre los subsistemas y hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
01SS07	Comunicarse a todos los subsistemas del sistema SCADA	01SS06F	uno, algunos o todos los subsistemas presentan problemas de comunicación, intercambio de información entre ellos	01SS06F01	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemas y hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
01SS08	Generar logs de hardware y/o software	01SS07F	uno, algunos o todos los logs de los diferentes procesos no se están generando o presentan información incompleta	01SS07F01	Al consultar los logs en caso de fallas en hardware y/o software, no se pueden acceder o no son disponibles	En caso de falla, no se puede identificar mediante los logs, cual puede ser el origen, lo que impide fácil solución	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M

Fuente: Autor

• **Tabla de decisión**

Tabla 29. Hoja de decisión servidores de soporte PARTE I

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE										
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4	H5	S4	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA
01SS01	01SS01F	01SS01F01	S	N	N	S	O1									A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01SS01F02	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01SS01F03	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
01SS02	01SS02F	01SS02F01	S	N	N	S	O1									A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01SS02F02	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01SS02F03	S	N	N	S	O1									Busqueda de falla	Restaurar base de datos mediante uso de backup	a falla	8	T06
		01SS02F04	N	N	N	S	H4									Busqueda de falla	Revisión de correcto funcionamiento de las herramientas de reportes	a falla	2	T17
		01SS02F05	N	N	N	S	H4									Busqueda de falla	Revisión de software y rutinas programadas	a falla	2	T07
		01SS02F06	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01SS02F07	S	N	N	S	O1									Busqueda de falla	Verificación de horas en las cuales están configuradas las ejecuciones de las rutinas	a falla	0.25	T08
01SS03	01SS03F	01SS03F01	S	N	N	S	O1									A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01SS03F03	S	N	N	S	O1									Busqueda de falla	Verificación de horas en las cuales están configuradas las ejecuciones de las rutinas	a falla	0.25	T08
		01SS03F04	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01SS03F05	S	N	N	S	O1									Busqueda de falla	Seguimiento diario de estado de envío, solicitud a soporte de UTI revisión y solución de problema	20	0.25	T11
01SS04	01SS04F	01SS04F01	S	N	N	S	O1									A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01SS04F02	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación de la configuración de las bases de datos	a falla	1	T16
		01SS04F03	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02

Fuente: Autor

Tabla 30. Hoja de decisión servidores de soporte PARTE II

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	ACCIÓN A FALTA DE									
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA		
01SS05	01SS05F	01SS05F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01		
		01SS05F02	N	N	N	S	H4						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
		01SS05F03	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de la capacidad de los discos donde se almacena la información - depurar - liberar espacio	1	2	T10		
		01SS05F04	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Revisión de software y rutinas programadas	a falla	2	T07		
01SS06	01SS06F	01SS06F01	S	N	N	S	O1						A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01		
		01SS06F02	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
01SS06	01SS06F	01SS06F01	S	N	N	S	O1						A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02		
01SS07	01SS07F	01SS07F01	N	N	N	S	H4						Busqueda de falla	Identificar las posibles fallas, en caso de no encontrarse, contactar a proveedor de tecnología	a falla	3	T09		

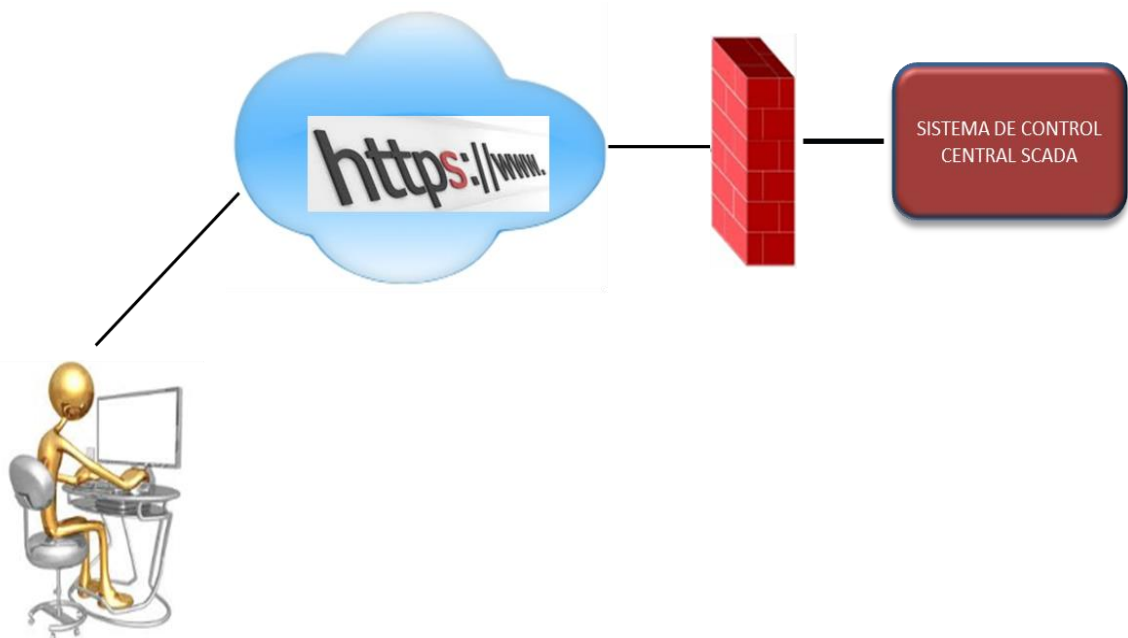
Fuente: Autor

3.1.3.2 Servidor de acceso WEB

- **Contexto operacional**

Es el servidor que permite el ingreso a un ambiente WEB para usuarios diferentes al centro de control maestro de operaciones, pero que al igual, requieren tener acceso a la información del sistema para realizar su trabajo diario. Los usuarios con acceso a este servidor tienen una configuración especial de seguridad, ya que su acceso lo hacen de manera remota. Aplicada para análisis hidráulico, programación de transporte, análisis de sintonización de procesos, optimización energética, análisis volumétrico, entre otros.

Figura 27. Acceso WEB al sistema SCADA



Fuente: Autor

• Definición de funciones

Tabla 31. Definición de funciones servidor WEB

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES	Cód Fun.	FUNCIONES
SERVIDOR WEB	<p>Hardware: servidor ML370 G6 (ver detalla anexo 1)</p> <p><u>Especificaciones:</u> Procesador: 2530 MHz. Memoria: 6000 MB. Video: 64 MB de memoria de video.</p> <p><u>Tipo de proceso:</u> continuo funcionamiento 7*24 365 días al año con disponibilidad del 99.75% mínimo.</p> <p><u>Estandares de calidad:</u> equipos de misión crítica, qued eben asegurar calidad de energia de suministro, calidad de puertos de comunicaciones, componentes, discos, memorias.</p> <p><u>Riesgos de seguridad:</u> intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, riesgos eléctricos, riesgos incendio.</p> <p><u>Tiempos de reparación:</u> depende de la falla, pero dependiendo si tiene redundancia (en este caso NO TIENE REDUNDANCIA), permite mitigar la criticidad de estos tiempos. Existe otro servidores en otro sistema la cual se puede acceder</p> <p><u>Repuestos:</u> cubiertos mediante garantía extendida</p> <p><u>Mantenimiento correctivo:</u> Garantías extendidas para correctivos con HP Colombia.</p> <p><u>Mantenimiento preventivo:</u> Reinicio mensual de máquinas</p> <p><u>Revisión de:</u> logs de sistema operativo, desempeño de máquina.</p> <p><u>Redundancia:</u> sin redundancia en el mismo sistema, solo tiene un servidor, pero en caso de requerirse se ingresa al servidor del otro sistema .</p> <p><u>Documentación contexto operacional:</u> frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>Hardware: Contar con las capacidades de desempeño de procesador, capacidad disco duro con disponibilidad libre minima de 15% utilizada.</p> <p>Recurso de máquina alta para manejo de los diferentes procesos.</p> <p>Tarjetas de video.</p> <p>Tarjetas de red en redundancia configuración team.</p>	<p>Especificación Valor Intervalo de temperaturas *</p> <p>En funcionamiento De 10 a 35 °C</p> <p>En transporte De -40 a 70 °C (de -40 °F a 158 °F)</p> <p>Temperatura máxima de termómetro húmedo 82.40°F (82.4°F)</p> <p>Humedad relativa (sin condensación)**</p> <p>En funcionamiento De 10% a 90%</p> <p>En reposo De 5% a 95%</p> <p>* Todos los valores de temperatura que se muestran están indicados para ubicaciones. Los equipos por especificaciones técnicas pueden trabajar desde 10 a 35°C, sin embargo se encuentran en ambiente controlado entre 16 20°C</p>	<p>Entradas hardware: alimentación energía: redundante desde circuitos independientes.</p> <p>Entradas/salidas hardware: Conexiones de red: redundancia de puertos, cada una conectada a una de las LAN de la red. tarjetas de video: para servidores 1</p> <p>Perifericos: teclado, mouse, pantalla, KVM</p> <p>Entradas datos: Información desde los sistemas de control local (adquisición). Salidas datos: Información hacia los sistemas de control local (comandos).</p> <p>Entradas/salidas datos: intercambio de información entre equipos de los diferentes subsistemas a través de IPS (pub sub) publicación y suscripción</p>	01SW01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real
	<p>Software SCADA OASySDNA:</p> <p><u>Especificaciones:</u> web (permite acceso a usuarios externos a la información operativa del sistema SCADA), @ web comon display @web (acceso web).</p> <p><u>Tipo de proceso:</u> igual a hardware</p> <p><u>Estandares de calidad:</u> se debe asegurar que los diferentes procesos, en especial los críticos se encuentre en funcionamiento.</p> <p><u>Riesgos de seguridad:</u> intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p><u>Tiempos de reparación:</u> igual a hardware</p> <p><u>Repuestos:</u> contar con el backup de máquinas, se realizan imagenes mensuales, en proceso backups de cierta información.</p> <p><u>Mantenimiento correctivo:</u> Conocimiento de personal de soporte, existencia de contratos de soporte con dueño de la tecnología, manejo de horas emergencia 7*24, acceso remoto al sistema. tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p><u>Mantenimiento preventivo:</u> verificación mensual de software, logs, depuración de bases de datos, actualización de antivirus,</p> <p>Revisión de: logs de OASySDNA.</p> <p>Realización mensual de imagenes</p> <p>Depuración trimestral de contenido de carpetas y eliminación de temporales.</p> <p><u>Documentación contexto operacional:</u> frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>software: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p> <p>Estas máquina actuan como los controladores de dominio, si fallan el sistema general falla.</p>			01SW02	permitir a usuarios externos visualizar información operativa en un ambiente web
	<p>Software adicional requerido:</p> <p><u>Especificaciones:</u> Sistema operativo: sus equipos)Windows Server 2003 Backups en tiempo real: SonicWall Agent Tool SonicWall Continuos Data Protection Microsoft office: Word y Excel: herramientas para gestión y reporte</p> <p><u>Tipo de proceso:</u> igual a hardware</p> <p><u>Estandares de calidad:</u> se debe asegurar que el software funcione, de lo contrario afectará el acceso a los usuarios externos. en el caso de tratarse del sistema operativo, fallan todos los servicios.</p> <p><u>Riesgos de seguridad:</u> intrusión de externos para afectar el correcto funcionamiento o para extraer información del sistema, afectando software.</p> <p><u>Tiempos de reparación:</u> igual a hardware</p> <p><u>Repuestos:</u> contar con los medios de instalación del software</p> <p><u>Mantenimiento correctivo:</u> Conocimiento de personal de soporte, 7*24, acceso remoto al sistema. tiempos de respuesta inmediatos.</p> <p><u>Mantenimiento preventivo:</u> revisión logs</p> <p><u>Redundancia:</u> sin redundancia en el mismo sistema, solo tiene un servidor, pero en caso de requerirse se ingresa al servidor del otro sistema .</p> <p><u>Documentación contexto operacional:</u> frecuentemente actualizada, se encuentra clasificada y hace parte de práctica clave.</p>	<p>Software adicional requerido: disponibilidad de todo el software requerido mencionado en las especificaciones</p>			01SW03	Comunicarse a todos los subsistemas del sistema SCADA
					01SW04	Generar logs de hardware y software

Fuente: Autor

- **Análisis de modo de falla y sus efectos (AMFE) – Análisis de Riesgos**

Tabla 32. Análisis AMFE y de riesgos de servidor WEB

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Personal	R. Económica	R. Ambiental	R. Cliente	R. Imagen	Valor del riesgo económico (USD)
01SW01	Adquirir los datos desde los servidores de tiempo real	01SW01F	No se obtienen datos desde uno, algunos o todos los subsistemas SCADA	01SW01F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SW01F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar ni recibir la información entre los subsistemas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
				01SW01F03	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASySDNA	Maquina aislada del sistema de tal forma que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
01SW02	permitir a usuarios externos visualizar información operativa en un ambiente web	01SW02F	El usuario final no puede acceder al ambiente WEB de manera adecuada	01SW02F01	falla general de hardware	La maquina no se encuentra disponible	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SW02F02	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar ni recibir la información entre los subsistemas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
				01SW02F03	Deshabilitado(s) uno, alguno o varios servicios OASySDNA	Maquina aislada del sistema de tal forma que no recibe ni entrega información ni genera sus servicios al sistema	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SW02F04	Problema en la configuración de las políticas de seguridad	No es posible acceder a la pagina WEB del sistema	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
				01SW02F05	Problemas de red		NO	AO	C4	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M
				01SW02F06	Mala configuración de herramienta WEB		NO	AO	C3	A0	C2	C1	Importante \$10k a \$100k
01SW03	Comunicar a todos los subsistemas del sistema SCADA	01SW03F	uno, algunos o todos los subsistemas presentan problemas de comunicación, intercambio de información entre ellos	01SW03F01	Problemas en procesos de publicación y suscripción	No es posible entregar la información entre los subsistemas y hacia aplicaciones externas	NO	AO	C4	A0	C2	C1	Grave \$1M a \$10M \$100k a \$1M
01SW04	Generar logs de hardware y/o software	01SW04F	uno, algunos o todos los logs de los diferentes procesos no se estan generando o presentan información incompleta	01SW04F01	Al consultar los logs en caso de fallas en hardware y/o software, no se pueden acceder o no son disponibles	En caso de falla, no se puede identificar mediante los logs, cual puede ser el origen, lo que impide facil solución	SI	AO	C3	A0	C2	C1	Severo \$100k a \$1M

Fuente: Autor

- **Tabla de decisión**

Tabla 33. Hoja de decisión servidor WEB

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE										
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4	H5	S4	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA
01SW01	01SW01F	01SW01F01	S	N	N	S	O1									A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01SW01F02	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01SW01F03	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
01SW02	01SW02F	01SW02F01	S	N	N	S	O1									A condición	Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
		01SW02F02	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01SW02F03	S	N	N	S	O1									A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
		01SW02F04	S	N	N	S	O1									Busqueda de falla	Verificación de las reglas de FW, solicitar a soporte seguridad revisión	a falla	1	T13
		01SW02F05	S	N	N	S	O1									Busqueda de falla	Seguimiento diario de estado de comunicación, solicitud a soporte comunicaciones restablecimientos de canales	a falla	1	T04
		01SW02F06	N	N	N	S	H4									Busqueda de falla	Verificación de las configuraciones asociadas a la herramienta WEB	a falla	1	T14
01SW03	01SW03F	01SW03F01	S	N	N	S	O1								A condición	Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02	
01SW04	01SW04F	01SW04F01	N	N	N	S	H4								Busqueda de falla	Identificar las posibles fallas, en caso de no encontrarse, contactar a proveedor de tecnología	a falla	3	T09	

Fuente: Autor

4. TAREAS RESULTANTES DEL ANÁLISIS RCM

El análisis RCM realizado sobre cada uno de los equipos, permitió consolidar 17 tareas.

A pesar de que se tratara de modos de falla diferentes en equipos diferentes, se identifican las mismas tareas en pro de prevenir o corregir los modos de falla. En la tabla se registran dichas tareas que hacen parte del mantenimiento tanto preventivo como correctivo que a hoy se realiza sobre el sistema y que gracias al análisis RCM desarrollado, permite confirmar las buenas prácticas realizadas.

Tabla 34. Compendio de tareas resultado del análisis RCM

DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA
Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
Revisión de los logs asociados	a falla	1	T03
Seguimiento diario de estado de comunicación, solicitud a soporte comunicaciones restablecimientos de canales	20	1	T04
Seguimiento diario de estado de datos, solicitud a soporte de controles local revisión y solución de problema	20	0.25	T05
Restaurar base de datos mediante uso de backup	a falla	8	T06
Revisión de software y rutinas programadas	a falla	2	T07
Verificación de horas en las cuales están configuradas las ejecuciones de las rutinas	a falla	0.25	T08
Identificar las posibles fallas, en caso de no encontrarse, contactar a proveedor de tecnología	a falla	3	T09
Revisión de la capacidad de los discos donde se almacena la información - depurar - liberar espacio	1	2	T10
Seguimiento diario de estado de envío, solicitud a soporte de UTI revisión y solución de problema	20	0.25	T11
Revisión de autoCAD, en caso de requerirse, contactar a proveedor	a falla	3	T12
Verificación de las reglas de FW, solicitar a soporte seguridad revisión	a falla	1	T13
Verificación de las configuraciones asociadas a la herramienta WEB	a falla	1	T14
Realizar backup diario automático y revisión mensual de backups	20	1	T15
Verificación de la configuración de las bases de datos	a falla	1	T16
Revisión de correcto funcionamiento de las herramientas de reportes	a falla	2	T17

Fuente: Autor

5. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM

A continuación se hace una descripción del plan de mantenimiento que se estima se debe desarrollar sobre los diferentes equipos pertenecientes a los tres subsistemas del sistema de control central SCADA.

5.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.1.1 Diarias

Existen actividades de mantenimiento preventivo que se realiza diariamente mediante la revisión del comportamiento del sistema, el estado de las máquinas, de las comunicaciones, de los procesos y los servicios. Estas son la actividades que aparecen registradas con una frecuencia de 20 días al mes, esto teniendo en cuenta los días hábiles. No se realiza una supervisión en fin de semana, teniendo en cuenta el desempeño en los días anteriores, sin embargo al requerirse, se hace ingreso al sistema de manera remota.

Tabla 35. Plan mantenimiento preventivo diario

DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA
Verificación del correcto funcionamiento del proceso, que se encuentre habilitado y no presente advertencias .	20	0.25	T02
Seguimiento diario de estado de comunicación, solicitud a soporte comunicaciones restablecimientos de canales	20	1	T04
Seguimiento diario de estado de datos, solicitud a soporte de controles local revisión y solución de problema	20	0.25	T05
Seguimiento diario de estado de envío, solicitud a soporte de UTI revisión y solución de problema	20	0.25	T11
Realizar backup diario automático y revisión mensual de bakups	20	1	T15

Fuente: Autor

- T02: Se realiza sobre cada uno de los equipos.
- T04: Se realiza mediante la revisión de todas las conexiones de comunicaciones con los sistemas de control locales configurados en el sistema SCADA.
- T05: Se realiza la revisión general de los datos que se registran en el sistema y que permiten la operación central. Teniendo en cuenta que el sistema a hoy maneja aproximadamente 25.000 señales digitales y 13.000 análogas, el volumen de señales no permite la revisión a detalle, sin embargo el profesional de operaciones reporta anomalías, las cuales son revisadas mediante búsqueda de falla.
- T11: La generación de reportes a terceros o a otras aplicaciones es una de las funciones que realiza el sistema SCADA, los reportes son recibidos por los administradores del sistema, quienes diariamente corroboran el correcto envío de la información, sin embargo en caso de reportarse por el usuario fallas, se procede a la búsqueda de falla.
- T15: Diariamente se realiza automáticamente el backup de información y configuración crítica, de tal forma que en caso de falla, se requiera realizar restauración, se cuente con los medios. Se hace una confirmación diaria de la ejecución de backups.

5.1.2 Mensuales

Durante dos días hábiles al mes, se genera un espacio operativo de control local que permite ejecutar las tareas de mantenimiento preventivo o mejorativo que puedan llegar a tener impacto a la operación durante su desarrollo y por prevención se decide realizar en esta ventana de tiempo.

El análisis RCM que evidencia un análisis enfocado a la probabilidad de modos de falla, ha dado como resultado dos tareas preventivas a realizar.

Tabla 36. Plan mantenimiento preventivo diario

DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA
Revisión de máquina, sus logs y parámetros, en caso de requerirse, contactar a proveedor	1	0.25	T01
Revisión de la capacidad de los discos donde se almacena la información - depurar - liberar espacio	1	2	T10

Fuente: Autor

- T01: Mensualmente se realiza la revisión del hardware del sistema, se revisan sus logs tanto de sistema operativo como del software OASySDNA, se realiza reinicio de máquinas, actualización de antivirus. Cuando se presenta una falla inesperada, se procede a realizar el correctivo y en caso de requerirse, se contacta al proveedor de los equipos.
- T10: En la misma revisión de hardware se identifica la capacidad de discos.

Adicional al resultado RCM ante modos de falla, el plan de mantenimiento actual del sistema incluye tareas adicionales a las identificadas en el análisis, lo que permite concluir que se realizan actividades de mantenimiento proactivo y mejorativo.

5.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

A pesar de que se tenga un muy buen mantenimiento preventivo, no se puede asegurar fallas a 0, lo que implica la existencia de fallas inesperadas a las cuales se les debe tener un plan de acción ante ocurrencia.

Una de las formas de mitigar el impacto a la operación ante la presencia de falla, es contar con equipos redundantes, de tal forma que al falla un equipo, su pareja pueda asumir la función y de espacio a realizar la acción correctiva sin afectar la disponibilidad del sistema. El análisis RCM ha identificado las siguientes tareas.

Tabla 37. Plan mantenimiento correctivo

DESCRIPCIÓN TAREA	FREC (mes)	RECURSOS HORAS HOMBRE MES (HHM)	COD TAREA
Revisión de los logs asociados	a falla	1	T03
Restaurar base de datos mediante uso de backup	a falla	8	T06
Revisión de software y rutinas programadas	a falla	2	T07
Verificación de horas en las cuales están configuradas las ejecuciones de las rutinas	a falla	0.25	T08
Identificar las posibles fallas, en caso de no encontrarse, contactar a proveedor de tecnología	a falla	3	T09
Revisión de autoCAD, en caso de requerirse, contactar a proveedor	a falla	3	T12
Verificación de las reglas de FW, solicitar a soporte seguridad revisión	a falla	1	T13
Verificación de las configuraciones asociadas a la herramienta WEB	a falla	1	T14
Verificación de la configuración de las bases de datos	a falla	1	T16
Revisión de correcto funcionamiento de las herramientas de reportes	a falla	2	T17

Fuente: Autor

Se tiene a hoy procedimientos o rutinas de acción ante las fallas que son registradas en una herramienta de gestión que permite reportar las fallas, su tiempo de aparición y corrección.

6. CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de RCM se pudo identificar las buenas prácticas que a hoy se tienen en el mantenimiento del sistema de control central SCADA, y se tiene como ganancia el poder justificarlas mediante un análisis detallado de funciones, modos de falla y análisis de riesgo, de tal forma que se puede determinar que el modelo a hoy manejado es bueno, se identifica que se hacen más actividades de mantenimiento adicionales a las que generarían modos de falla, pero el mismo plan puede ser mejorado día a día identificando los modos de falla a mayor detalle, siempre en pro de minimizar los mantenimientos correctivos que surgen y generan búsqueda de falla actualmente.
- En el presente análisis, se emplearon las normas SAE JA1011 (Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes), SAE JA1012 (A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard), ISO 14224 (Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment), de tal forma que permitieron hacer un análisis detallado desde la generación de taxonomía y jerarquización de los sistemas requeridos para la operación central de ductos, generar una frontera sobre el sistema de control central SCADA y a partir de allí, generar el análisis de funcionalidad de cada subsistema y de cada uno de sus equipos, identificando su importancia y el impacto que se genera ante la presencia de modos de falla lo que conlleva a la identificación de tareas requeridas para asegurar la mitigación de baja disponibilidad de servicios.

- Mediante el consolidado de tareas a realizar ante fallas, fue posible clasificar las actividades entre preventivas – a condición y búsqueda de fallas. La gran mayoría de las tareas permite generar acciones preventivas que puedan evitar la presencia de fallas y es a hoy una de las buenas prácticas manejadas en el mantenimiento del sistema. No se puede asegurar al 100% la ausencia de fallas, ya que algunas no son fácilmente identificables de manera adelantada y más en el caso en que se tengan factores externos que puedan aportar en la falla, sin embargo es importante tener bien definidas las acciones reactivas y correctivas de manera oportuna y clara para habilitar prontamente la funcionalidad y no generar más impactos a los ya existentes.
- El plan de mantenimiento incluye actividades preventivas diarias y mensuales, aquellas actividades asociadas al análisis RCM se encuentran en el capítulo 5. Para no afectar la operación , los mantenimientos de alto impacto se desarrollan de forma mensual en las ventanas de paso a local de la operación , de tal forma que no se afecta la operación.
- RCM es una metodología de análisis muy completo que puede ir ya sea al detalle a de una manera general a la identificación de las tareas que se deben realizar para asegurar la confiabilidad de los equipos y los sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- BORRAS Carlos, Mantenimiento preventivo, Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.
- CUELLAR Jhon; BELTRAN Fabio; MORENO VALDERRAMA Sonia, Modelo para el proceso de mejoramiento de planes de mantenimiento basado en la metodología RCM para equipos críticos de facilidades de superficie en campos petroleros en tierra firme, UIS, Trabajo de grado, 2009.
- GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Cartagena: 2007.
- GONZALEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II: Monografía de Especialización. Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Cartagena: 2013.
- HP; guía de usuario servidor HP Proliant DL/ML 370 G6.
- LÓPEZ MARTINEZ, Fernando; Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) aplicado al sistema de apertura del cucharón de las palas eléctricas P&H modelo 2800XPC en la mina del Cerrejón, UIS, Trabajo de grado, 2012.
- MARQUEZ VEGA, Libardo RCM mantenimiento centrado en confiabilidad en la estación 3ª de la superintendencia de operaciones La Cira Infantas de la Gerencia Regional del Magdalena Medio perteneciente a ECOPETROL S.A. UIS, Trabajo de grado, 2011.
- MEDRANO MARTÍNEZ, Fredy, Metodología de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para las subestaciones de la empresa de energía de Bogotá: UIS, Trabajo de grado, 2010.
- MORA GUTIERREZ ALBERTO, Mantenimiento Industrial Efectivo

- MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.
- MOUBRAY, John. Reliability-Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc. 1997. 421p.
- NORMA SAE JA1012 (A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard),
- NORMA ISO 14224 (Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment).
- NORMA SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999.
- NORMA SAE JA1739, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.
- ORTIZ PLATA, Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. [CD_ROM]. Bucaramanga: 2008. Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.
- ROMERO GÓMEZ, Angélica ; JOLIANIS NAVARRO, Liliana, Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema eléctrico de baja tensión que suministra energía a los pozos productores pertenecientes a la superintendencia de operaciones de mares, UIS, Trabajo de grado, 2011.
- ROMERO RODRIGUEZ, Claudia; ARIAS AMAYA, Alvaro; SARMIENTO SALDARRIAGA Leonardo, Estrategia de mantenimiento basada en RCM para un gasoducto de transporte reamo Otero Santana,. UIS, Trabajo de grado, 2012.
- SALAS CABEZAS, María; AFANADOR HERNÁNDEZ José, Modelo de mantenimiento basado en RCM para la barcaza de desvío de sólidos flotantes en el rio Magdalena ubicado en el muelle de la Gerencia Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A. UIS, Trabajo de grado, 2012.

ANEXO A. FICHA TÉCNICA SERVIDOR ML370 G6



HP ProLiant ML370 G6

NP	SKU
487791-001	15906VS



Ficha Técnica

Especificaciones

Procesador

Intel® Xeon® Processor E5540 (2.53 GHz, 8MB L3 Cache, 80W, DDR3-1066, HT, Turbo 1/1/2/2) Crecimiento a 2 procesadores

Memoria Cache

8MB (1 x 8MB) Level 3 cache

Sots

9 PCIe2 slots available (see "Standard Features -Expansion Slots" section below for more details); PCI-X (optional)

Memoria

6 GB (3 x 2 GB) PC3-10600R (DDR3-1333) Registered DIMMs

Red

HP NC375i Integrated Quad Port Multifunction Gigabit Server Adapter

Controladora

HP Smart Array P410i/256 MB Controller (RAID 0/1/1+0/5/5+0)

Disco

No incluye Discos Duros, (8) SFF SAS/SATA HD Bays (Standard); Up to (24) SFF SAS/SATA with optional drive cage (up to three 8 SFF drive cage can be installed)

Unidad Lectora

SATA DVD ROM

Maximo soportado en Disco

7.20TB (24 x 300GB) Hot Plug SFF SAS agregando 2 drive cage

Tamaño

Torre 4U, (1) 750W Hot Plug Power Supply, (3) Hot Plug Fans

Garantía

3 años Next Business Day, on-site limited global warranty

Sistemas Operativos Soportados:

Supports Windows, RHEL, SLES, OEL, Solaris, VMware, and Citrix Essentials for XenServer

Fuente: <http://www.eqtech.com.ar/pdf/servidor.pdf>³⁵

HP Servidor básico ProLiant ML370 G6 E5649 SFF 8 1P 6 GB-R P410i/512 750 W PS, ProLiant ML370 G6 Server series. Procesador: 2530 MHz.

³⁵ <http://www.eqtech.com.ar/pdf/servidor.pdf>

Memoria: 6000 MB. Vídeo: 64 MB de memoria de vídeo. Condiciones ambientales: 9144 m, 3048 m, de 10 a 35 °C. Resumen El HP ProLiant ML370 G6 ofrece la potencia de cálculo del doble procesador en un chasis de torre práctico y ampliable a 4U, diseñado para compañías que busquen funcionalidades y rendimiento de categoría empresarial. El HP ProLiant ML370 G6 ha sido optimizado para entornos de consolidación y virtualización y está muy bien preparado para su implantación en negocios en expansión, oficinas remotas o centros de datos.

Características

Los nuevos HP ProLiant Onboard Administrator (impulsados por el procesador de gestión HP Integrated Lights-Out 2) y el HP Systems Insight Manager permiten gestionar el HP ProLiant ML370 G6 sin problemas, desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Los procesadores Intel Xeon serie 5600 y 5500 ofrecen un mayor rendimiento, una mejor eficacia energética y más adaptabilidad con las tecnologías Intel QuickPath, Integrated Memory Controller, Turbo Boost e Intelligent Power.

Máxima flexibilidad y capacidad de expansión

El almacenamiento ampliable permite hasta 24 compartimentos de formato reducido o 14 de gran formato para unidades de conexión en caliente Serial-attached SCSI (SAS) y Serial ATA (SATA).

Liderazgo en eficiencia energética

Ofrece más potencia para sus requisitos y el más alto grado de eficiencia del sector, según Climate Savers Computing Gold, 80PLUS Gold, y establece las bases para el cumplimiento de Energy Star for Servers.

El ProLiant ML370 G6, diseñado para proporcionar capacidad de ampliación del sistema y facilidad de mantenimiento, ofrece alto rendimiento en un servidor ampliable de 2 vías.³⁶

³⁶ <http://www.solostocks.com/venta-productos/servidores/servidores-torre/hp-proliant-ml370-g6-servidor-torre-con-procesador-xeon-e5649-a-2-53-ghz-six-6314248>

ANEXO B. FICHA TÉCNICA ESTACION DE TRABAJO HP Z21037

Especificaciones		» Accesorios, consumibles y servicios
Características del sistema		
Sistema operativo	Windows® 7 Professional 64	
Chipset	Intel® PCH C206	
Factor de forma	Minitorre Convertible	
Memoria		
Memoria, estándar	RAM sin búfer ECC DDR3 4 GB, 1333 MHz	
Ranuras de memoria	4 DIMM	
Almacenamiento de datos		
Compartimientos para unidades internas	Tres de 3,5"	
Bahías de unidad externa	Tres de 5,25"	
Controlador de almacenamiento	Controladora SATA de 6 Gbps Integrada	
Unidad óptica	DVD+/-RW SuperMulti SATA	
Gráficos		
Gráficos	NVIDIA Quadro 600	
Características de expansión		
Puertos	1 entrada de audio 1 salida de audio 1 DisplayPort (opcional) 1 DVI-I de un conector 1 salida para audífono 1 IEEE 1394 (opcional) 1 paralelo (opcional) 1 en serie (opcional) 2 entradas para micrófono 14 USB 2.0	
Ranuras	1 PCIe Gen2 x16 mecánico (x16 eléctrico) 1 PCIe Gen2 x16 mecánico (x4 eléctrico) 1 PCIe Gen2 x8 mecánico (x4 eléctrico) 2 PCIe Gen2 x1 mecánico (x1 eléctrico) 2 PCI	
Comunicaciones		
Interfaz de red	Conexión de red Intel 82579 GbE	
Audio	Audio Realtek ALC262 de alta definición integrado y altavoz integrado	
Alimentación		
Alimentación	400 W, 90% de eficiencia energética	
Dimensiones y peso		
Dimensiones mínimas (anch. x prof. x alt.)	44,76 x 17,78 x 45,43 cm	
Peso	A partir de 10,7 Kg	
Contenido de la caja		
Garantía	Garantía básica de tres años al siguiente día laborable para piezas y mano de obra y soporte telefónico 8x5, los términos y condiciones pueden variar, aplican ciertas restricciones	

Fuente: http://h41111.www4.hp.com/new_workstations/es/es/z210_tech-specs.html

³⁷ http://h41111.www4.hp.com/new_workstations/es/es/z210_tech-specs.html

Características del sistema	
Procesador	Intel® Core™ i7-2800 (3,40 GHz, caché de 8 MB, 4 núcleos)
Sistema operativo	Windows® 7 Professional original 64 bit
Chipset	Intel® PCH C206
Factor de forma	Minitorre Convertible
Memoria	
Memoria, estándar	RAM sin búfer ECC DDR3 4 GB, 1333 MHz
Ranuras de memoria	4 DIMM
Almacenamiento de datos	
Compartimientos para unidades internas	Tres de 3,5"
Bahías de unidad externa	Tres de 5,25"
Controlador de almacenamiento	Controladora SATA 3 Gbps/6Gbps integrada
Unidad óptica	Grabador de DVD SATA SuperMulti con tecnología LightScribe
Gráficos	
Gráficos	NVIDIA Quadro 2000
Características de expansión	
Puertos	1 entrada de audio 1 salida de audio 1 salida para audífono 1 IEEE 1394a (opcional) 1 paralelo (opcional) 1 en serie (opcional) 2 entradas para micrófono 14 USB 2.0
Ranuras	1 lector de tarjetas de soporte 22 en 1 1 PCIe Gen1 x8 mecánico (x4 eléctrico) 1 PCIe Gen2 x16 mecánico (x4 eléctrico) 1 PCIe Gen2 x16 mecánico (x16 eléctrico) 2 PCI 2 PCIe Gen2 x1 mecánico (x1 eléctrico)
Comunicaciones	
Interfaz de red	Conexión de red Intel 82579 GbE
Audio	Audio Realtek ALC262 de alta definición integrado y altavoz integrado
Alimentación	
Alimentación	400 W con 90% de eficiencia energética de amplio rango, corrección activa del factor de potencia
Dimensiones y peso	
Dimensiones (Ancho x Fondo x Alto)	17,8 x 45,5 x 44,7 cm
Peso	A partir de 10,7 Kg

Precios y disponibilidad sujetos a cambio sin previo aviso. * Para envíos gratis, aplican restricciones.

Fuente: http://h41111.www4.hp.com/new_workstations/es/es/z210_tech-specs.html

HP Z210 y las estaciones de trabajo de factor de forma pequeño (SFF) ofrecen la fiabilidad y el rendimiento propios de una estación de trabajo con procesadores Xeon más rápidos, memoria ECC, gráficos profesionales, almacenamiento de calidad empresarial y certificación de aplicaciones, todo ello a un precio muy atractivo.

ANEXO C. FICHA TÉCNICA ARREGLO MODULAR³⁸

Family data sheet



HP P2000 G3 Modular Smart Arrays



Delivers affordable, high-performing modular SAN arrays offering 8 Gb Fibre Channel, Combo Fibre Channel/iSCSI, 6 Gb SAS, 10GbE or 1 Gb iSCSI connectivity, 64 snaps standard, and optional Remote Snap (replication) for Fibre Channel and iSCSI models

How can the flexibility of the HP P2000 G3 MSA Array Systems help remedy large storage needs and small budgets? By offering high-performance 8 Gb FC, Combo FC/iSCSI, 6 Gb SAS, and 1 Gb or 10GbE iSCSI connected arrays designed for efficient storage consolidation at affordable prices. The HP P2000 G3 MSA FC/iSCSI Combo Controller economically gives the flexibility to share the array resources over two protocols, supporting the needs of dissimilar departments and budgets.

All P2000 G3 MSA arrays ship standard with 64 snapshots and Volume Copy enabled for increased data protection. The FC, Combo FC/iSCSI, and iSCSI controllers allow snap replication with optional Remote Snap software. The arrays allow departments and small to medium businesses to grow capacity, as needed, up to 149 drives. Mixing of LFF and SFF enterprise-class SAS, SAS Midline, and archival-class SATA Midline drives is supported. Configure with a single controller for low initial cost, or dual controllers for high availability for the most demanding entry-level situations.

HP P2000 MSA Remote Snap Software

HP P2000 Remote Snap Software offers controller-based, asynchronous replication technology that provides local or remote replication between two HP P2000 G3 FC, FC/iSCSI Combo, and 1GbE or 10GbE MSA Systems. HP P2000 Remote Snap Software functionality is based on existing snapshot technology.

Supporting both Ethernet and Fibre Channel interconnects provides flexible options to protect your application environments. Protect your investment with snapshot-based replication enabling local and remote recovery based on need.

For more information, visit hp.com/go/RemoteSnap

Fuente: <http://www.infowhiz.com.my/pdf/HP/HP-Storage-P2000/DataSheet/HP%20P2000%20G3%20Modular%20Smart%20Arrays.pdf>

³⁸ <http://www.infowhiz.com.my/pdf/HP/HP-Storage-P2000/DataSheet/HP%20P2000%20G3%20Modular%20Smart%20Arrays.pdf>

Key features and benefits of HP P2000 G3 MSA Systems

Easily managed, highly affordable, and highly efficient storage consolidation

- The HP P2000 G3 MSA Array Systems offer a choice of drives: high-performance, enterprise-class dual-ported SAS drives and low cost, high capacity SAS MDL, or archival class SATA MDL drives. The array head comes with either 12 or 24 drive bays that are able to simultaneously accommodate all three drive types.
- The P2000 G3 MSA comes standard with 64 snapshot and Volume Copy cloning capability enabled. Snapshots can be optionally boosted to 512 snaps, and the P2000 G3 FC, FC/iSCSI Combo, and both 1GbE and 10GbE iSCSI models support the Remote Snap (replication) software option.

Start small and grow in number of supported servers and total capacity—adaptable to changing needs

- P2000 G3 MSA allows customers to grow their storage as demands increase from 600 GB to 57.6 TB SAS, 288 TB SAS MDL, or 192 TB SATA MDL. The P2000 G3 MSA arrays can support 7 LFF enclosures and 96 drives or 5 SFF enclosures and a maximum of 148 drives. Single or dual controllers accommodate any budget.
- With 512 LUNs and greater than 40 TB LUN size depending on the RAID chosen, the P2000 G3 MSA arrays have more than sufficient LUN flexibility for a wide variety of configuration choices.

Comprehensive data protection in an easily-administered SAN environment

- Reduce risk of IT failure with dual active/active controllers, dual-ported drives, and redundant hardware components.
- Reduced time-to-operation with easy and enhanced deployment, reduced risk from operator errors that result in less downtime and data loss, while increasing customer satisfaction. Supports customer replaceable hot-plug components such as drives, controllers, fans, and power supplies.
- HP P2000 G3 MSA controllers support upgrading prior generations of HP MSA2000 G1 and G2 models, regardless of protocol. The HP P2000 G3 FC, FC/iSCSI Combo, SAS, 10GbE or four-port 1GbE iSCSI controllers support data-in-place upgrades to the older models, thereby protecting the user's investment in JBODs and drives, and delivering greater performance and functionality.

HP Services

Tap into the HP support services advantage, backed by the strategic and technical know-how of our consulting experts—for a single source solution that makes the most of your investments. Depending on your individual support requirements, choose from three levels of care that cover the entire lifecycle to better address your needs:

Optimized Care: delivers best performance and stability through deployment and proactive management practices

- HP MSA installation and startup service
- Proactive Care 24x7 support, plus 40 Credits/year
- Optional related services: HP Storage technical assistance

Standard Care: maintains high level of uptime, along with expert help to cut the cost and complexity of implementation and support

- HP MSA installation and startup service
- Proactive Care 24x7 support, plus 30 Credits/year
- Optional related services: HP Storage technical assistance

Basic Care: Minimum recommended support

- HP MSA installation and startup service
- Support Plus 24, 10 Credits/year
- Optional related services: HP Storage technical assistance

If none of our support recommendations meet your needs, we can tailor a service solution for your unique support requirements. Only HP brings together deep expertise, proactive and business critical support and a strong partner network—plus, a full set of infrastructure services designed to power a Converged Infrastructure.

For more information, visit hp.com/services/storage.

Fuente: <http://www.infowhiz.com.my/pdf/HP/HP-Storage-P2000/DataSheet/HP%20P2000%20G3%20Modular%20Smart%20Arrays.pdf>

Technical Specifications

HP P2000 G3 MSA Array Systems



Drive description	146 SFF SAS/MDL SAS/SATA or 96 LFF SAS/MDL SAS/SATA
Drive Type	146 GB 6G 15K SFF Dual-port ENT SAS 300 GB 6G 10K SFF Dual-port ENT SAS 300 GB 6G 15K SFF Dual-port ENT SAS 600 GB 6G 10K SFF Dual-port ENT SAS 900 GB 6G 10K SFF Dual-port ENT SAS 1 TB 6G 7.2K SFF Dual-port SAS MDL 300 GB 6G 15K LFF Dual-port ENT SAS 450 GB 6G 15K LFF Dual-port ENT SAS 600 GB 6G 15K LFF Dual-port ENT SAS 1 TB 6G 7.2K LFF Dual-port SAS MDL 2 TB 6G 7.2K LFF Dual-port SAS MDL 3 TB 6G 7.2K LFF Dual-port SAS MDL
Capacity	288 TB maximum including expansion, depending on model
Storage expansion options	P2000 3.5-inch disk enclosure or 027002-5-inch disk enclosure
Host interface	Choose the appropriate protocol offered by five different controllers 1. 8 Gb Fibre Channel with 2 Ports per controller 2. 8 Gb Fibre Channel with 2 Ports per controller and 1GbE iSCSI 2 Ports per controller 3. 6 Gb SAS with 4 Ports per controller 4. 10GbE with 2 Ports per controller 5. 1GbE iSCSI with 4 Ports per controller

The total package—Software		
HP P2000 Snapshot Software	HP P2000 Snapshot Software enables increased data protection by creating recovery points for your data, taking a "picture" of what your data was at the time of the snapshot. The snapshots are maintained even as data continues to change. In the event of a failure, you can recover data to any previous snapshot. Snapshots are a great complement to tape or disk backup strategy. HP MSA2000 Snapshot Software functionality is controller-based; no host resources are used, and they are space-efficient and provide copy-on-write capability. For more information, visit hp.com/go/P2000 .	Included
HP P2000 Volume Copy Software	HP Volume Copy Software makes a physical copy of the data to another set of disks within the same array. One of the benefits of HP P2000 Snapshot Software and HP P2000 Volume Copy Software is the ability to mount a snap or volume copy to another server for backup, application testing, or data mining. HP P2000 Volume Copy Software is controller-based—meaning no host resources are used. It provides a physical copy of data from one LUN to another with no server performance impact. The HP MSA P2000 G3 Systems ship standard with 64 snapshots and Volume Copy. For more information, visit hp.com/go/P2000 .	Included
HP P2000 Array Remote Snap Software	HP P2000 Array Remote Snap Software is a storage-based, asynchronous replication technology that provides remote replication on the HP MSA P2000 G3 Systems (FC and Combo FC/iSCSI only). HP Remote Snap functionality is based on existing snapshot technology. Supporting both Ethernet and Fibre Channel interconnects provides flexible options for your application environments. Protect your investment with snapshot-based replication that enables local and remote recovery, based on need. For more information, visit hp.com/go/RemoteSnap .	Optional

Service and support

HP Factory Express

HP Factory Express provides customization and deployment services along with your storage and server purchases. You can customize hardware to your exact specifications in the factory—helping speed deployment. For more information, visit hp.com/go/factoryexpress.

Customer technical training

We offer a variety of training courses on storage software, networking, archiving, and disk storage systems. Our classes are available in many delivery modalities—from traditional instructor-led courses at one of our 80 training centers worldwide to online and onsite training. For more information, visit hp.com/learn/storage.

HP Financial Services


HP Financial Services provides innovative financing and financial asset management programs to help you acquire, manage, and ultimately retire your HP solutions. For more information on these services, visit hp.com/go/hpfinancialservices.

To understand how you can achieve efficient storage consolidation at affordable prices, visit hp.com/go/msa2000.

Fuente: <http://www.infowhiz.com.my/pdf/HP/HP-Storage-P2000/DataSheet/HP%20P2000%20G3%20Modular%20Smart%20Arrays.pdf>

ANEXO D. FICHA TÉCNICA SWITCH DE DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO STORAGE WORKS 8/8 SAN SWITCH ³⁹

Product description

	<p>The 8/8 Base SAN Switch and 8/8 SAN Switch are targeted for small to medium sized enterprises and are ideal for entry-level SANs, and as an edge switch for core-to-edge SAN environments. The 8/8 Base SAN Switch and 8/8 SAN Switch provide SAN connectivity that simplifies IT management infrastructures, improves system performance, maximizes the value of virtual server deployments, and reduces overall storage costs. The 8 Gbit/sec Fibre Channel 8/8 Base SAN Switch provides an affordable single-switch solution for a new, small SAN installation and connects to storage and servers only. An optional Full Fabric SAN scaling license provides connectivity to other switches. The 8/8 SAN Switch comes with a Full Fabric license and may be connected to multiple switches. Both 8 port switches provide growth options with Ports On Demand, the ability to non-disruptively to a max of 24 enabled ports.</p>
---	--

Product features

Feature	Description
Superior Performance	<ul style="list-style-type: none"> 8Gb/s full duplex performance to enable up to 128 Gbit/s of uncongested throughput Optional enhanced ISL Trunking combines up to eight ISLs between a pair of switches into a single, logical high-speed trunk capable of up to 64 Gbit/s of throughput
Superior Scalability	<ul style="list-style-type: none"> Eight 8Gb/s ports expandable to 16 or 24 ports with the purchase of optional 8 port upgrade license "Pay as you grow" scalability from single-switch to full fabric connectivity
Reduced Total Cost of Ownership for SAN Infrastructure	Enables storage consolidation, simplified management of data center SAN environment
Broadest range of compatibility with SAN products	<ul style="list-style-type: none"> Multi-vendor server and storage environment Widest range of HP SAN solutions Backward compatible with previously installed 1Gb, 2Gb, 4Gb, and 8Gb SAN Switches Interoperability with the more than 3.0 Million port HP SAN Switch installed base
HP Power Pack+ Software Bundle (Optional) - highest supported modular functionality	<ul style="list-style-type: none"> Adaptive Networking - optimizes fabric behavior Trunking - highest throughput between switches Proactive threshold monitor (Fabric Watch) Advanced Performance Monitor Extended Fabric
Broadest Range of HP Packaged SAN Services	<ul style="list-style-type: none"> Mission critical SAN Services SAN-ES Assessment and installation services for security
Flexible storage connectivity	The only SAN solutions providing the complete HP SAN Switch functionality from Embedded to Enterprise. The HP SAN Switch value line products allows the capability to apply the complete SAN Switch functionality to an affordable entry level SAN deployment and then to grow that deployment to the largest SAN fabric solutions supported by HP.

Fuente:

http://h20566.www2.hp.com/portal/site/hpsc/template.PAGE/public/kb/docDisplay/?sp4ts.oid=3742046&spf_p.tpst=kbDocDisplay&spf_p.prp_kbDocDisplay=wsrp-navigationalState%3DdocId%253Demr_na-c01499054-2%257CdocLocale%253D%257CcalledBy%253D&javax.portlet.begCacheTok=com.vignette.cachetoken&javax.portlet.endCacheTok=com.vignette.cachetoken

39

http://h20566.www2.hp.com/portal/site/hpsc/template.PAGE/public/kb/docDisplay/?sp4ts.oid=3742046&spf_p.tpst=kbDocDisplay&spf_p.prp_kbDocDisplay=wsrp-navigationalState%3DdocId%253Demr_na-c01499054-2%257CdocLocale%253D%257CcalledBy%253D&javax.portlet.begCacheTok=com.vignette.cachetoken&javax.portlet.endCacheTok=com.vignette.cachetoken

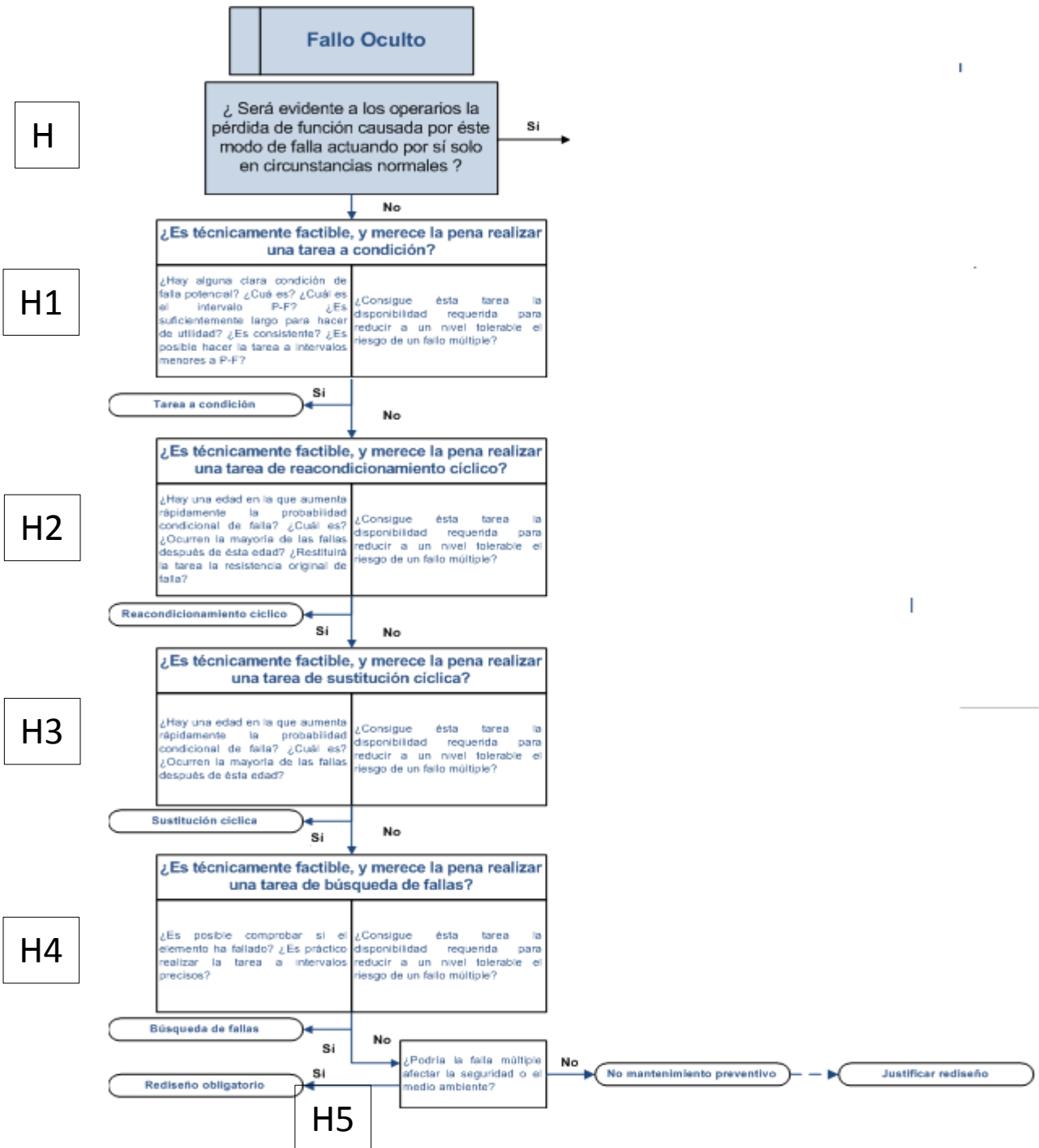
Software overview

Feature	Description
HP StorageWorks Power Pack+ Bundle (Optional)	The Power Pack+ set of tools monitors the network's health and performance. It includes Fabric Watch, Extended Fabric, ISL Trunking, Adaptive Networking, and Advance Performance Monitoring.
Fabric Watch (Optional)	Fabric Watch enables each switch to monitor the SAN for potential faults and automatically alert network managers to problems before they become failures. Fabric Watch tracks a variety of SAN fabric elements, events, and counters. Monitoring fabric-wide events, ports, SFPs, and environmental parameters permits early fault detection and isolation as well as performance measurement. Each switch in the SAN needs its own Fabric Watch license.
Fabric Manager (Optional)	Fabric Manager is a highly scalable, Java-based application that manages multiple switches and multiple fabrics in real time, helping SAN administrators with SAN configuration, monitoring, dynamic provisioning, and daily management of SANs. SAN administrators gain rapid access to critical SAN information across multiple personality fabrics, including Fabric OS SANs.

Fuente:

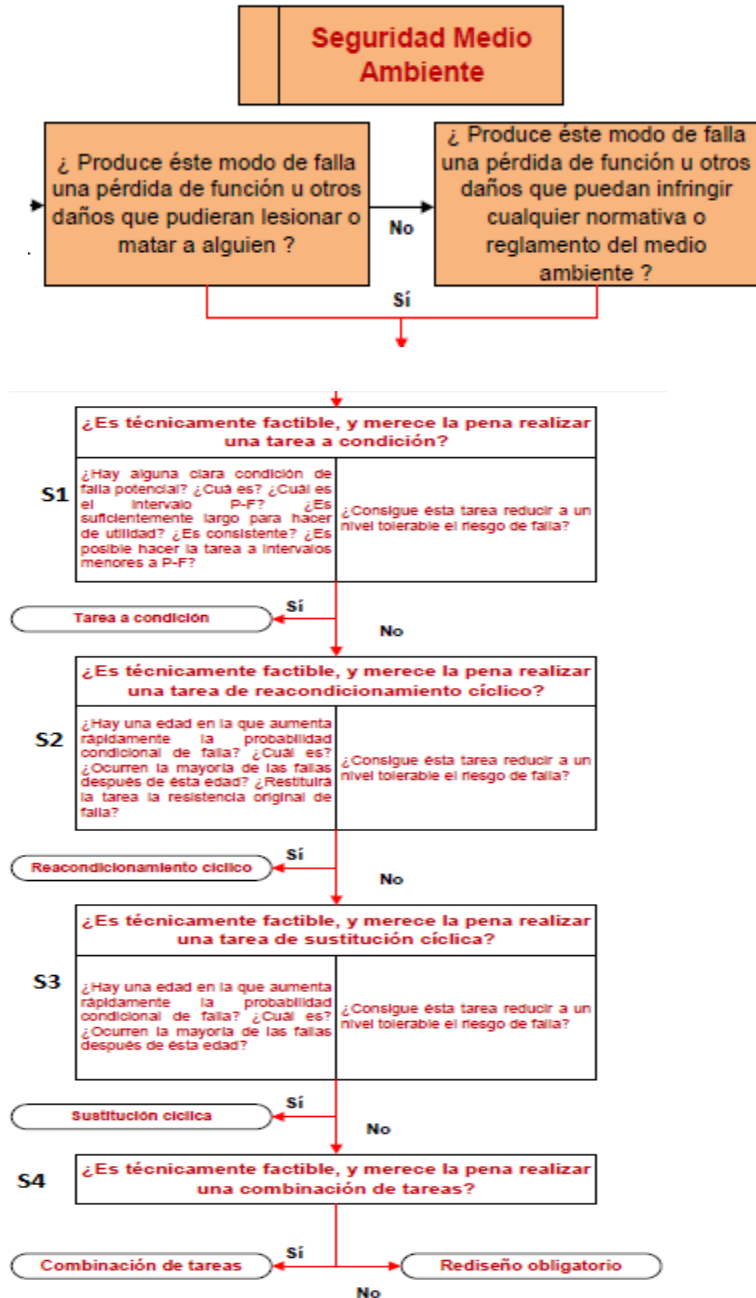
http://h20566.www2.hp.com/portal/site/hpsc/template.PAGE/public/kb/docDisplay/?sp4ts.oid=3742046&spf_p.tpst=kbDocDisplay&spf_p.prp_kbDocDisplay=wsrp-navigationalState%3DdocId%253Demr_na-c01499054-2%257CdocLocale%253D%257CcalledBy%253D&javax.portlet.begCacheTok=com.vignette.cachetoken&javax.portlet.endCacheTok=com.vignette.cachetoken

Figura 28. Diagrama RCM II Fallo oculto



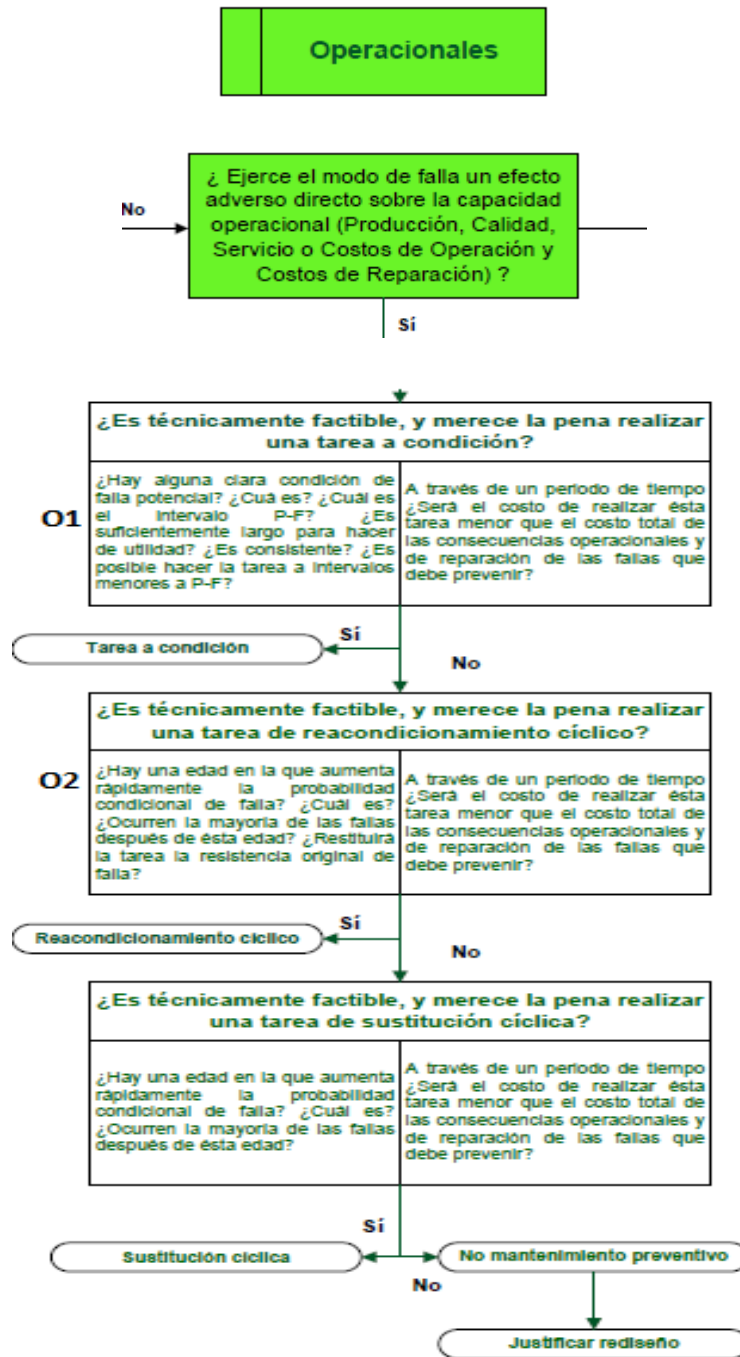
Fuente: Diagrama RCM II detallado, Daniel Baez

Figura 29. Diagrama RCM II Seguridad Medio ambiente



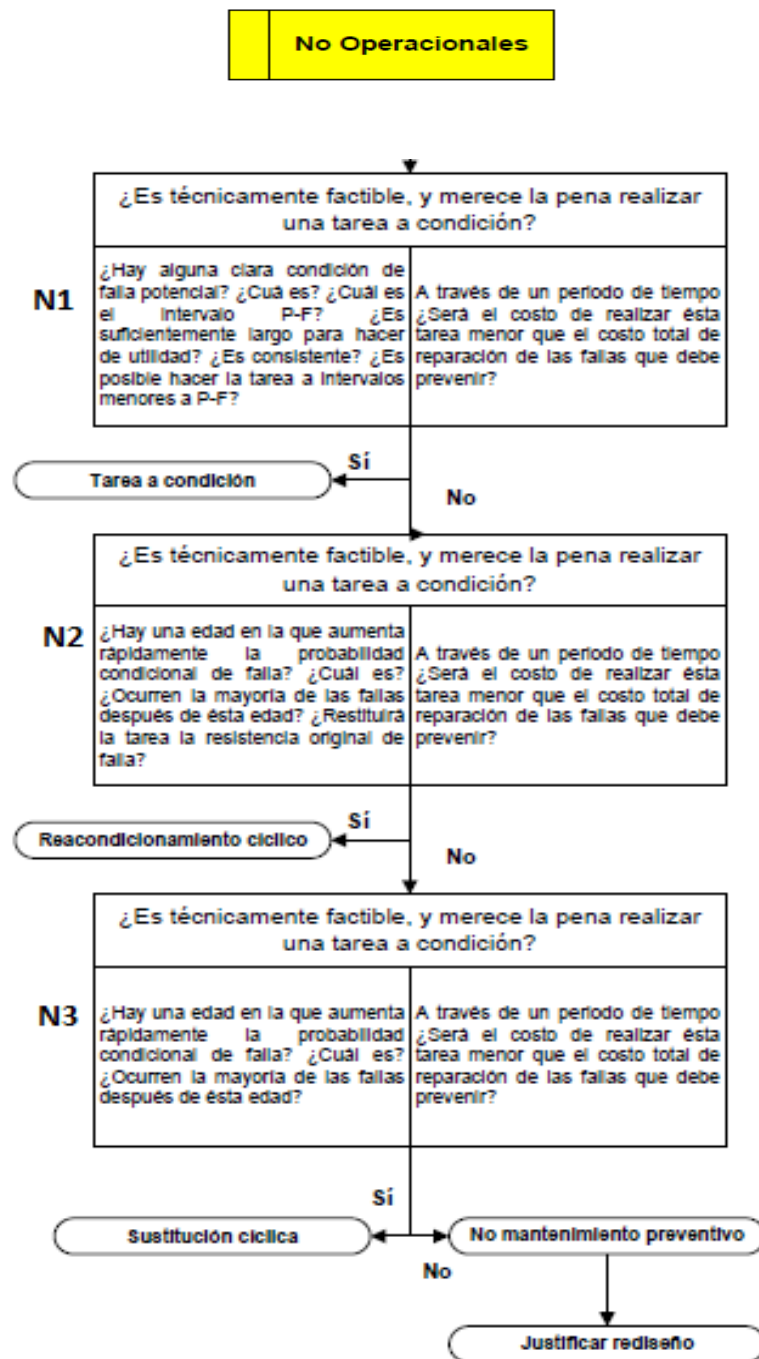
Fuente: Diagrama RCM II detallado, Daniel Baez

Figura 30. Diagrama RCM II Operacionales



Fuente: Diagrama RCM II detallado, Daniel Baez

Figura 31. Diagrama RCM II No Operacionales



Fuente: Diagrama RCM II detallado, Daniel Baez