

SOSTENIBILIDAD DE LA OPERACIÓN CON ENFOQUE EN LA CRITICIDAD & REPUESTOS CENTRADOS EN CONFIABILIDAD – RCS

Oleoducto de los Llanos Orientales, S. A. (ODL)
Carrera 11 A Nro. 93-35 Torre Uno 93 Piso 3 Bogotá, D. C.

Email: Michael Liroy Carrillo Sierra michael.carrillo@odl.com.co

Email: Sayda Yadira Buitrago Fuentes Sayda.buitrago@odl.com.co

Bogotá, D.C.–Colombia

1. Resumen

Desde la confiabilidad operacional y en sinergia con abastecimiento apalancamos los procesos óptimos y eficientes para Oleoducto de los Llanos Orientales (ODL S.A.), que integren conceptos de jerarquía de mitigación de impactos generados por la operación, así como los riesgos que se originan en la misma y el entorno para asegurar la continuidad del negocio con el fin de generar valor para beneficio de los grupos de interés de ODL.

En el marco del mantenimiento basado en confiabilidad se diseña la metodología de riesgos sobre activos que permite clasificarlos según su nivel de criticidad, de acuerdo con el impacto que puede causar que estos no cumplan la función dentro de los procesos productivos, y como parte de un sistema de seguridad de procesos, estableciendo el uso del nivel de criticidad de los activos priorizando la toma de decisiones basada en riesgos, hacia la construcción de la estrategia, la planificación y programación de actividades de mantenimiento.

Tras analizar las probabilidades de ocurrencia de fallas y los tiempos de reposición en los procesos de abastecimiento, se validan las estrategias que optimizan la continuidad de la operación, minimizando los riesgos de interrupción por la falta de repuestos. Esto se realiza considerando los siguientes aspectos: el impacto económico de mantener inventarios frente a las probabilidades de falla, las cantidades necesarias para asegurar la

operación continua, y la actualización de estos datos clave en el ERP (Planificación de Recursos Empresariales) como stock de seguridad, niveles mínimos, máximos y punto de pedido. Además, se diseñan criterios de clasificación que facilitan la identificación de la criticidad para los RCS la cual aplicable a los activos de alta criticidad.

1.1. Contexto

Para ODL es importante conocer la criticidad de sus activos así como la de sus repuestos, siguiendo los lineamientos y buenas prácticas para el desarrollo de los procesos de la gestión de activos pertenecientes al portafolio de activos del sistema de gestión de Confiabilidad Corporativa (CONCOR) de acuerdo con sus niveles de riesgo, confiabilidad operacional y seguridad de procesos, a lo largo de su ciclo de vida con el fin de prevenir y reducir los efectos que pueda desencadenar la pérdida de la función para los principales contextos operacionales de los sistemas administrados por ODL, proporcionando visibilidad y prioridad a la gestión de los Activos Críticos con respecto de los restantes elementos de la infraestructura.

Definir criterios para el aseguramiento de la condición de las capas de protección para la continuidad operativa, con el fin de garantizar que estén disponibles y operativas previendo la generación o escalamiento de eventos; de la misma forma que los riesgos sean asegurados, mitigados y/o eliminados apropiadamente.

1.1.1. ¿Qué es la gestión de riesgos sobre activos?

Es la forma como se clasifican los activos según su nivel de criticidad, de acuerdo con el impacto que puede causar que estos no cumplan la función o propósito dentro de los procesos productivos o como parte de un sistema de seguridad de procesos.



Fig 1. Flujo del proceso.

Así mismos se establece el uso del nivel de criticidad de los activos como parte de la priorización y toma de decisiones hacia la construcción de la estrategia de mantenimiento, la planificación y programación de las actividades de mantenimiento y la guía para la priorización de los repuestos para su reposición.

1.1.2. Metodología

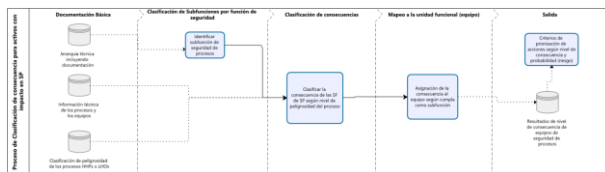


Fig 2. Análisis de consecuencia para activos.

Esta metodología tiene como alcance la clasificación de los niveles de consecuencia de los activos productivos y los de impacto en la seguridad de los procesos.

1.1.3. Aplicación de la criticidad

En primera medida se toma la Matriz de consecuencia para la clasificación de los activos la cual se encuentra alineada a la matriz RAM de ODL, de esta manera permite la clasificación de las consecuencias u oportunidades debido a la

pérdida de función de estos, considerando los impactos en las siguientes áreas de interés: Personas, Económico, Ambiental, Derechos Humanos, Reputación y Grupos de interés.

Para la definición de la clasificación de la consecuencia de la pérdida de función de los activos se consideran:

NIVELES DE REDUNDANCIA	DESCRIPCIÓN
A	Sin redundancia es requerido el activo para que el sistema cumpla el 100% de su función
B	Posee una redundancia o un activo en paralelo de modo que el activo puede perder su función teniendo un respaldo total que permite que el sistema cumpla el 100% de su función
C	2 o más activos en paralelo pueden sufrir pérdida de función sin que se afecte la función del sistema

Fig 3. Niveles de Redundancia.

AJUSTE DE LOS NIVELES DE CONSECUENCIA POR REDUNDANCIA	N - NO CRÍTICO	E - ESENCIAL	D - CRÍTICO
A			
B			
C			

Fig 4. Ajuste de clasificación de la consecuencia por nivel de redundancia.

MARCA DE CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
P	Critico por Seguridad de Procesos
O	Critico por Operación
E	Esencial
N	No Crítico

Fig 5. Clasificación de Criticidad de los Activos.

Posteriormente se define función principal (FP) Cada sistema de equipos se divide en una serie de funciones principales – FP que cubran todo el sistema. Consecutivamente se dividen en subfunciones (SF). Estas son aquellas funciones que, aunque no son requeridas para que el equipo ejerza su función principal, si son necesarias para el normal y seguro funcionamiento del equipo.

Una vez se establecen estos dos criterios. Se debe identificar en cuales subfunciones, conlleva a la pérdida de la función principal, y se establecen cuál(es) equipo(s), según la jerarquía de equipos, ejerce la función principal y cuales las subfunciones. Teniendo en cuenta los niveles

taxonómicos sugeridos por la ISO-14224 se toma como nivel (7) Ubicación técnica y como nivel (8) ítem mantenible o equipo, y se procede a definir el estándar de desempeño, esperado del equipo para el contexto operacional.

De igual manera se evalúan los activos con impacto en seguridad de procesos acorde con su función, además de clasificar los procesos en alta (HHP) o baja peligrosidad (LHO). Por último, es importante la definición de los contextos operacionales con el fin de realizar un adecuado análisis de consecuencia y conocer el papel e impacto del activo dentro del sistema y la operación, se deben determinar y documentar los contextos operacionales principales (que sean reales, de mayor exigencia y de operación normal).

1.1.4. Repuestos Centrados En Confiabilidad - RCS.

Este modelo se basa en el análisis de las consecuencias si un repuesto no está disponible, cuando es requerido en comparación con el costo de comprar, transportar y mantener almacenado un repuesto hasta su uso.

En base a la información del tiempo medio de reparación (MTTR) de los repuestos a ser analizados y su probabilidad de ocurrencia de falla en el tiempo, cantidad de equipos que utilizan el repuesto, costos causados por la falla, almacenamiento, mantenimiento de los repuestos, compras, costos de oportunidad y por detrimento de los repuestos. Con el fin de abarcar la mayor cantidad de factores que puedan influir en las consecuencias de tener o no un determinado repuesto al momento de ser requerido.



Fig 6. Diagrama de flujo de la Metodología RCS.

Para así asegurar que las bodegas cuenten físicamente con los repuestos mínimos requeridos que soporten la continuidad del negocio. A continuación, se muestra el árbol de decisión para los RCS en base a la criticidad del activo:

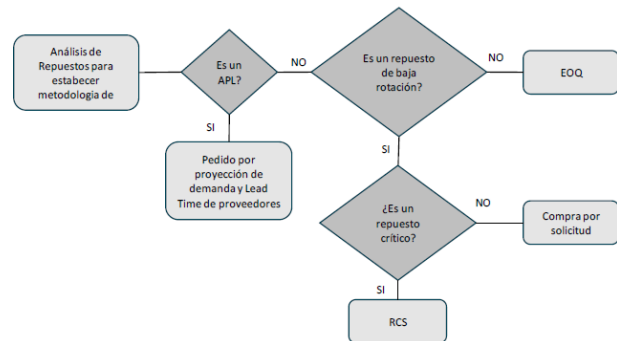


Fig 7. Árbol de decisión de la Metodología RCS.

Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6
Datos	Datos	Datos	Datos	Datos	Datos
1 1029	1 722	1 1029	1 1029	1 1029	1 1029
2 1248	2 219	2 1248	2 1248	2 1248	2 1248
3 1538	3 289	3 1538	3 1538	3 1538	3 1538

Fig 8. Datos de tiempos hasta la falla del repuesto.

Por otra parte, se cuantifican los datos de falla de los repuestos objeto de estudio, con los tiempos operativos hasta la falla. Por consiguiente, se incluye un análisis de confiabilidad con una distribución Weibull en términos de ETA, Beta y el tiempo medio entre fallas (MTBF).

Resultados Equipo 1	Resultados Equipo 2	Resultados Equipo 3	Resultados Equipo 4	Resultados Equipo 5	Resultados Equipo 6
η 1040.0	η 981.0	η 1040.0	η 1040.0	η 1040.0	η 1040.0
β 6.3180	β 3.0980	β 6.3180	β 6.3180	β 6.3180	β 6.3180
MTBF 110.000	MTBF 363.00	MTBF 110.000	MTBF 110.000	MTBF 110.000	MTBF 110.000

Fig 9. Constantes de modelo de probabilidad de falla para cada equipo.

Adicionalmente se debe establecer identificación del repuesto, con su acuerdo de nivel de servicio (ANS), Lead time, valores de adquisición, tipo de almacenamiento, ubicación y tasa de descuento, para determinar el tiempo de vida útil del repuesto, costo y frecuencia de mantenimiento, tiempos hasta la falla del repuesto y su respectivo factor de servicio.



8º CONGRESO MUNDIAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS



TI · 12 · 13
JUNIO · 2025
Centro de Convenciones
Cartagena de Indias - Colombia



22º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento

27º Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

Una vez se ha consolidado, procesado y analizado la información recopilada de cada uno de los repuestos se obtiene el siguiente resultado: Pérdidas por fallas, criticidad, costos adicionales (volumen, almacenamiento, oportunidad, detrimento, mantenimiento, no tener un repuesto), matriz (ETA, Beta y MTBF), tiempo de almacenamiento, ciclo de vida del activo con el riesgo de no tener el repuesto y los costos de tener n o más de n, en consecuencia se obtiene: el Número requerido de inventario incluyendo concepto de vida útil o sin considerar la vida útil (riesgo cero), Costo de tener repuestos adicionales o el mínimo requerido, número de repuestos sugeridos basado en riesgo, Stock de seguridad, Punto de pedido o punto de reorden (ROP), Cantidad de reorden o cantidad de pedido (ROQ). Siendo este un resultado vital para el desarrollo de la estrategia de abastecimiento.

Equipo	Criticidad	Costo	Stock	ROP	ROQ	MTBF	ETA	Beta
Compartido
...

Fig 10. Resultado del RCS.

Sostenibilidad de la operación

La sostenibilidad se enfoca en promover un modelo de gestión responsable frente a los elementos que componen, que permitan evidenciar cambios a futuro que aseguren la continuidad y desarrollo del negocio.

De esta manera se generan procesos óptimos y eficientes, que integren conceptos de jerarquía de mitigación de impactos generados por la operación en conceptos de criticidad sobre activos, conociendo y gestionando los riesgos que se originan en la operación y el entorno, parte de estos son mitigados por una correcta gestión de repuestos donde las consecuencias de no tener a disponibilidad un repuesto cuando es requerido en comparación con el costo de no tenerlo. De este modo generar valor y apalancar la continuidad

operativa. Por consiguiente, este conjunto de lineamientos y buenas prácticas aplicadas para los activos existentes, se obtienen los siguientes resultados:

Criticidad por equipo:

- Críticos operacionales 3%
- Críticos Seguridad de Procesos 17%
- Esenciales 24%
- No críticos 56%

RCS por especialidad:

- Instrumentación y Control 43%
- Mecánica 30%
- Eléctrico 37%

Definiendo así el punto de partida para la estrategia en repuestos críticos para la organización.

1.1.5. Beneficios de la implementación de la criticidad + RCS con foco a la sostenibilidad

En consecuencia, los beneficios obtenidos para las partes interesadas y dando respuesta a los objetivos planteados por la organización se obtienen los siguientes resultados:

- ✓ Identificar con claridad los riesgos operativos y las consecuencias de las fallas de los activos.
- ✓ Comprender qué activos son vitales para la organización en su operación.
- ✓ Reducir los costos, consumibles, tiempos de inactividad, que permitan una planeación y programación más eficaz del mantenimiento.
- ✓ Optimizar la gestión del inventario de piezas de repuesto.
- ✓ Impulsar los flujos de trabajo y la planificación de recursos dando valor a los activos.
- ✓ Promover las estrategias de mantenimiento, confiabilidad y mejorar la vida útil de los activos.

- ✓ Mayor disponibilidad de los activos con Repuestos e inventario optimizados.
- ✓ Menos capital inmovilizado en inventario con el objetivo de una contratación y logística mejoradas.
- ✓ Menor costo de las piezas y mejores relaciones con los proveedores.
- ✓ Transparencia y eliminación de preferencias, sesgos o criterios subjetivos.
- ✓ Pronóstico mejorado y justificación de repuestos mínimos, máximos y stock de seguridad.

Se identifica la disminución de 14,28 horas entre los periodos 2023 y 2024 siendo esta una mejora del 35% en el MTTR.

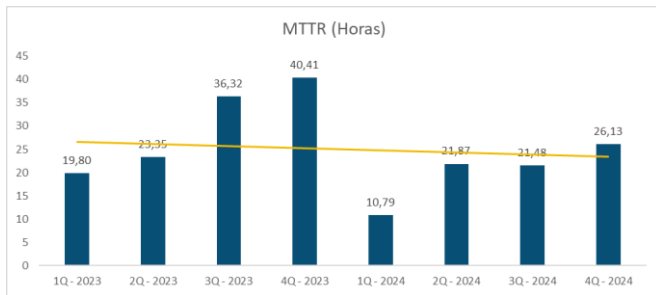


Fig 11. Tiempo Medio de Reparación - MTTR.

Adicionalmente se puede evidenciar una tendencia positiva en la disponibilidad operativa, desde la aplicación de las metodologías en la organización, cabe resaltar que este proceso utiliza la mejora continua para la obtención de estos resultados.

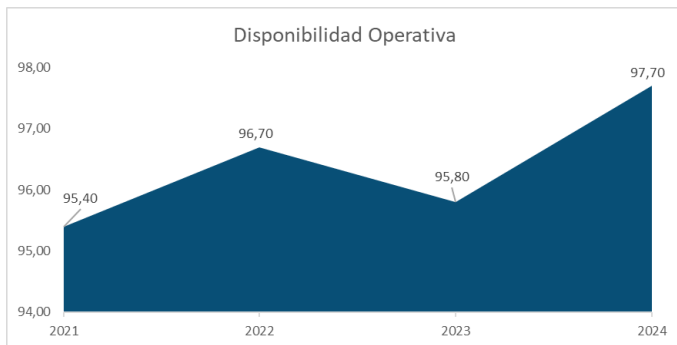


Fig 12. Disponibilidad Operativa ODL.

Bibliografía

- [1] ISO 55001:2015, Gestión de Activos – Sistemas de Gestión – Requisitos.
- [2] ISO 31000: 2018. Gestión del riesgo.
- [3] NORSOK Z008:2011, Mantenimiento basado en riesgo y clasificación de consecuencia.
- [4] OSHA 3132 Gerenciamiento de la seguridad de procesos.
- [5] ISO 14224:2016 Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural - recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento para equipos.
- [6] SAE JA1011/JA1012 Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) / Guía para el estándar de Mantenimiento centrado en Confiabilidad (RCM).
- [7] NTC ISO 9001 Sistema de Gestión de Calidad.
- [8] NTC ISO 55001 Sistema de gestión de Activos.
- [9] SMRP, Society of Maintenance and Reliability Professionals.
- [10] IEC 60300, Dependability management
- [11] UNE EN 16646:2015, Mantenimiento en la gestión de los activos físicos.

Michael Liroy Carrillo Sierra,

Ingeniería Mecánica. Universidad Santo Tomás de Aquino - USTA.

Especialista en Gerencia de Mantenimiento - ECCI.

Especialista en Gestión de Activos - FULL.

Especialista en Confiabilidad, más de 11 años de experiencia en el sector Oil & Gas, producción y transporte de hidrocarburos, Especialista en Confiabilidad con certificación en REMC, CGMC & ITC.

Sayda Yadira Buitrago Fuentes

Profesional Empresarial. Universidad Industrial de Santander – UIS.

Más de 25 años de experiencia en el sector oil & gas en inventarios y logística.



8º CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS



11 · 12 · 13
JUNIO · 2025
Centro de Convenciones
Cartagena de Indias - Colombia



22º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento
27º Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

Nota:

1. Michael Liroy Carrillo Sierra
 2. Celular: 3014764413
 3. Dirección:
 - a. Residencia: Carrera 31 # 13 – 41
Zipaquirá – Cundinamarca.
 - b. Oficina: Carrera 11A No.93-35 Piso 3
Edificio UNO 93.
 - c. Celular: 3014764413
 - d. michael.carrillo@odl.com.co
 - e. Bogotá D.C.
 - f. Colombia.

 4. Sayda Yadira Buitrago Fuentes
 5. Celular: 3208519859
 6. Dirección:
 - a. Oficina: Carrera 11A No.93-35 Piso 3
Edificio UNO 93.
 - b. Celular: 3208519859
 - c. sayda.buitrago@odl.com.co
 - d. Bogotá D.C.
 - e. Colombia.
-