

## Optimización Del Modelo De Gestión De Mantenimiento De Compresores Reciprocantes En Estaciones De Servicio De Gas Natural Vehicular De Epm

**Jonathan Alexander Giraldo Aguirre**  
**Empresas Públicas De Medellín (EPM)**  
E.mail: jonathan.alexander.giraldo@epm.com.co  
Medellín – Colombia

### Resumen

El presente caso, cuenta con la implementación de un modelo de gestión del Mantenimiento, en el cual de manera ordenada se plantea una ruta para el diseño, planificación, ejecución, seguimiento, control y mejora continua teniendo en cuenta NTC, resoluciones, normas ISO y las políticas internas de GA. El modelo plantea desde la mirada de GA el uso de metodologías y estrategias como RCM, RCA, PMO, CRD, seg. operacional, herramientas tecnológicas, SST y el medio ambiente, además de las diferentes técnicas.

### Introducción

La adquisición de estaciones de servicio de GNV por parte de EPM conlleva el reto de garantizar la operación eficiente de los compresores reciprocantes, los cuales son esenciales para el suministro de GNV. La estrategia inicial de mantenimiento. En respuesta, se diseñó un nuevo modelo de mantenimiento basado en condición y confiabilidad, utilizando tecnologías avanzadas de monitoreo y gestión de datos.

### Metodología

El MGM implementado en EPM se basa en 8 fases y 4 etapas (**Ver Figura 1**) y está alineado a la política de GA de EPM. *“EPM gestiona los activos durante todo su ciclo de vida, con criterios de optimización del desempeño y el costo, administrando el riesgo, considerando la naturaleza, escala, contexto y operaciones de los negocios que desarrolla, y teniendo en cuenta la seguridad de las personas, los sistemas y el cuidado del medio ambiente”*.

### Fase 1

#### Definición de objetivos, estrategias, metodologías y personal

Se establecieron los objetivos del proyecto, alineados con las políticas de EPM, y se definieron las estrategias, metodologías y el personal necesario para la implementación del MGM.

#### Objetivos

##### General

Optimizar el plan de mantenimiento actual y convertirlo a un plan de mantenimiento alineado a la gestión de activos para compresores alternativos en estaciones de servicio de gas natural vehicular de EPM. Para garantizar llegar al cumplimiento del objetivo general, se debe realizar el seguimiento y control del cumplimiento de las metas y se diseña un BSC acorde al contexto actual de operación, misión, visión y políticas de GA en el área de mantenimiento como se puede observar en la **tabla I**.

##### Objetivos específicos

- Mejorar la eficiencia en el manejo de los costos de mantenimiento de los compresores alternativos en estaciones de servicio de gas natural vehicular de EPM.
- Reducir el tiempo de reparación de mantenimiento de los compresores alternativos en estaciones de servicio de gas natural vehicular de EPM.

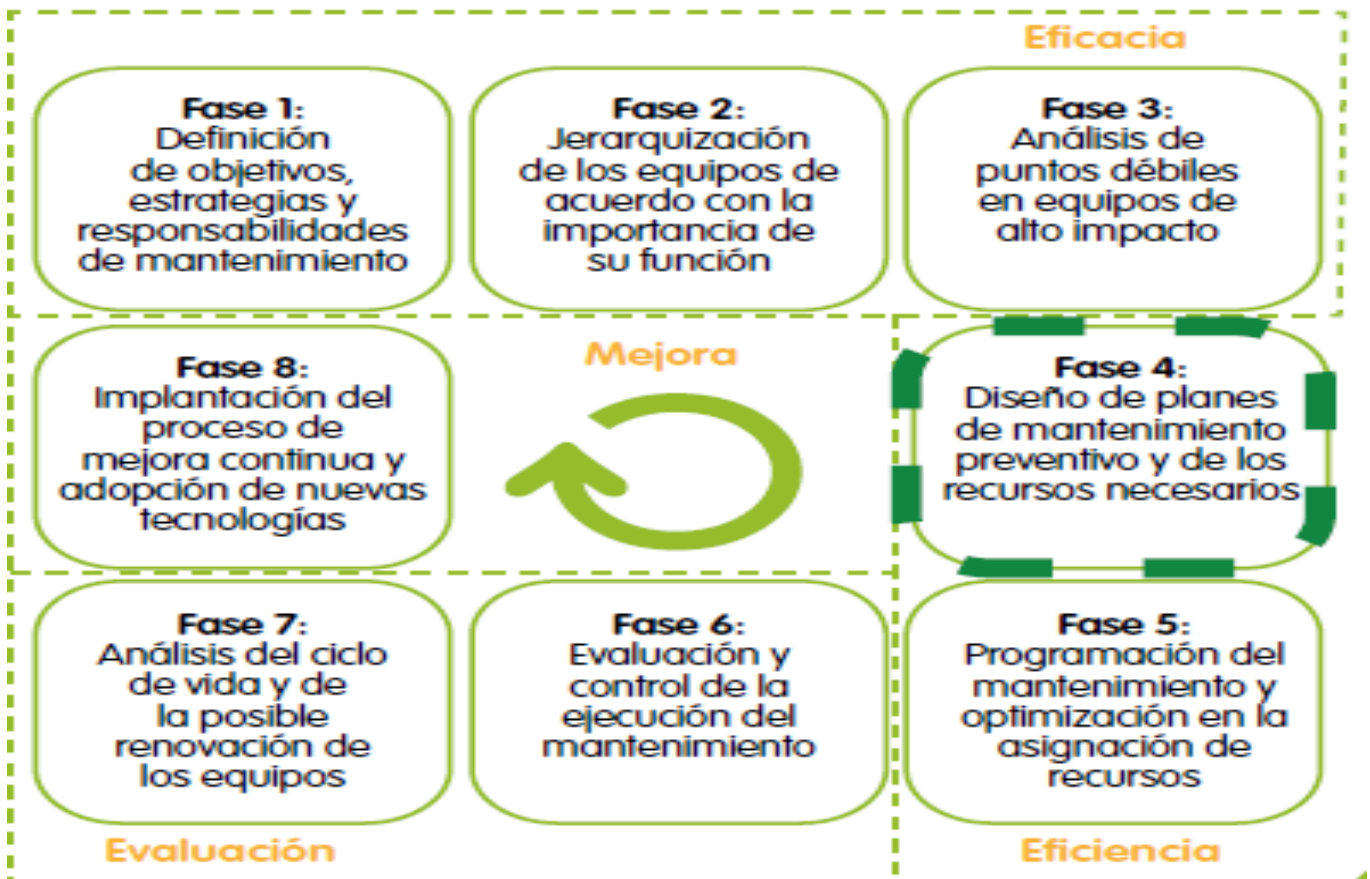


Figura 1. Modelo de Gestión de Mantenimiento. (MGM)

- Aumentar las horas de operación de los compresores alternativos en estaciones de servicio de gas natural vehicular de EPM.
- Mejorar las prácticas de la gestión ambiental del mantenimiento de los compresores alternativos en estaciones de servicio de gas natural vehicular de EPM.
- Asegurar los procesos y procedimientos realizados por el personal propio y contratista.

- Velar por la seguridad e integridad del personal durante el desempeño de las actividades.

#### Equipo de trabajo

**Gestor técnico EPM:** Es quien planifica y programa las actividades de mantenimiento a través del aplicativo máximo, así como también las metodologías y filosofías que más se ajusten a las políticas corporativas de EPM.

La gestoría técnica consta de 1 tecnólogos electromecánicos.



**Tabla I. Balance Score Card (BSC) para Mantenimiento en Estaciones de Servicio de Gas Natural Vehicular (EDS GNV) – Mensual -**

OBJETOS DE IMPACTO	METAS	INDICADORES		INICIATIVAS	Responsables
Perspectivas financieras: Disminuir los costos asociados al mantenimiento.	Aumentar el EBITDA un 7%.	Costo mtto	\$/m3	<i>Desarrollar nuevos proyectos para mejorar la calidad del gas e implementar metodologías de mantenimiento acorde al contexto actual de operación.</i>	Gerencia de Operaciones y Mantenimiento
		Producción	\$		
		MP	MP/m3		
		MC	MC/m3		
Perspectiva del cliente: Incrementar la confianza del cliente con respecto a la calidad del servicio.	Aumento de confiabilidad y disponibilidad en el servicio.	MTBF	Horas	<i>Garantizar la disponibilidad y la calidad del gas suministrado.</i>	Operación y mantenimiento
		MTTR	Horas		
		Disponibilidad	%		
Perspectiva de los procesos internos: Cumplir con el plan de mantenimiento.	Cumplimiento del plan de mantenimiento en el aplicativo EAM MAXIMO.	Cumplimiento MP	%	<i>Contar con un supervisor que garantice el cumplimiento de las actividades, tanto en campo como en el aplicativo.</i>	Mantenimiento
		Desviación planificación MP	%		
		HH-Horas efectivas personal de mtto	%		
Perspectiva de aprendizaje y crecimiento: Contar con personal técnico capacitado.	Capacitar al 100% el equipo de mantenimiento.	Horas de entrenamiento/H	Horas	<i>Alianzas para capacitaciones por grupos y uso de facilitadores de estrategias de mantenimiento.</i>	Operaciones y Mantenimiento
		Seguimiento a cronograma de capacitación.	%		
		Ideas generadas	Horas		
		Ahorro por ideas	\$		

**Personal técnico contratista:** Son los encargados de ejecutar las actividades de cualquier índole de mantenimiento en campo y acompañamiento en análisis de tendencias y fallas.

La empresa contratista consta de:

- 1 residente (ingeniero)
- 1 supervisor (ingeniero)
- 2 tecnólogos

**Nota:** Los trabajos con personal especialista serán contratados.

### Fase 2 y 3

En este punto utilizamos una de las técnicas de jerarquización de acuerdo con los sistemas y características funcionales de los activos para la creación de la taxonomía basados en la norma 14224. Luego de tener los sistemas y activos identificados, en compañía de la Unidad

Gestión de Activos, se realiza un análisis de criticidad usando una técnica de matriz de riesgo para definir la criticidad y el riesgo de las EDS EPM como también los activos en cada una de ellas.

### **Taxonomía o jerarquización de los sistemas y sus elementos**

Se realizó un análisis de la importancia de cada sistema y elemento de las EDS, utilizando la norma ISO 14224, para priorizar las actividades de mantenimiento. Ver figura 2 y 3.

### **Análisis de puntos débiles y modos de falla (RCM-MCC)**

Se identificaron los puntos débiles y los modos de falla de los compresores, utilizando la metodología RCM-MCC, para determinar las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo necesarias.

## La taxonomía está basada en el modelo de la norma ISO 14224 y sus 9 niveles de jerarquía:



Figura 2. Taxonomía ISO 14224 Recuperado de: (EPM, 2019)

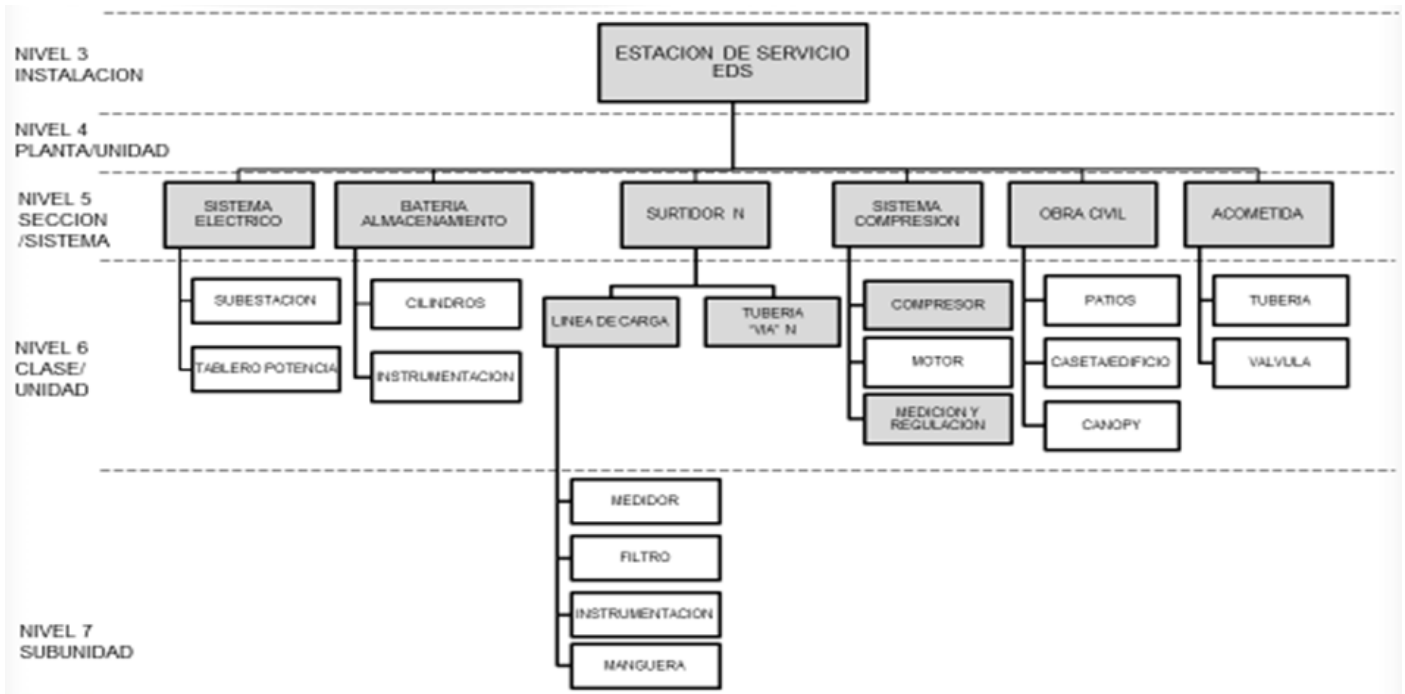


Figura 3. Taxonomía 14224 EDS EPM Recuperado de: (EPM, 2019)

Los niveles 1, 2, 3 y 4 nos sirven para dar ubicaciones de los activos y poderlos identificar fácilmente en una empresa como EPM que cuenta con varias líneas de negocio. Estos niveles se distribuyen de la siguiente manera:

**Nivel 1:** Gas

**Nivel 2:** Gas Natural Vehicular (GNV)

**Nivel 3:** Gas Natural Vehicular Región Metropolitana (Valle de Aburra)

A partir del nivel 5, se encuentra la información y ubicación de los sistemas dentro del plan de mantenimiento.

Aquí ubicamos cada uno de los activos clasificándolos por su criticidad para evaluar la consecuencia de sus fallas y replicarla a EDS con compresores menos críticos.

**Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto**

Se realiza un análisis de criticidad usando una técnica de tabla matriz para definir la criticidad y el riesgo de las EDS EPM como también los activos en cada una de ellas. En esta fase se debe tener en cuenta las políticas de gestión de activos de la empresa para definir los factores y las condiciones.

A continuación, observaremos un modelo semi-cuantitativo del riesgo:

**Riesgo = Frecuencia de Fallos x Consecuencias**  
**Ecuación 2**

Dónde:

**Frecuencia de Fallos** = Número de fallos en un tiempo determinado.

**Consecuencias** = (Impacto seguridad y salud) + (Impacto medio ambiente) + (Impacto producción y/o costos de mantenimiento).

Ver tablas II, III, IV.

Tabla II. Matriz de Riesgo EPM

MATRIZ DE RIESGOS EPM						
FRECUENCIA		CONSECUENCIA				
		Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
Muy alta	5	5	10	20	40	80
Alta	4	4	8	16	32	64
Media	3	3	6	12	24	48
Baja	2	2	4	8	16	32
Muy baja	1	1	2	4	8	16
		1	2	4	8	16



Tabla II. Tabla matriz-Probabilidad

Valor	Clasificación	Probabilidad de ocurrencia	Descripción	Interpretación por año/mes	Interpretación por veces
5	Muy alta	Mayor del 85%	Muy alta probabilidad de ocurrencia	El evento ocurre aproximadamente cada 3 meses	El evento ocurre aproximadamente 4 veces en 1 año(s).
4	Alta	60.1% - 85%	Alta probabilidad de ocurrencia	El evento ocurre aproximadamente cada 6 meses	El evento ocurre aproximadamente 2 veces en 1 año(s).
3	Media	25.1% - 60%	Mediana probabilidad de ocurrencia	El evento ocurre aproximadamente cada 1 años	El evento ocurre aproximadamente 1 veces en 1 año(s).
2	Baja	5.1% - 25%	Baja probabilidad de ocurrencia	El evento ocurre aproximadamente cada 3 años	El evento ocurre aproximadamente 0 veces en 1 año(s).
1	Muy baja	Menor o igual al 5%	Es casi imposible que ocurra	El evento ocurre aproximadamente cada 19 años	El evento ocurre aproximadamente 0 veces en 1 año(s).

Tabla IV. Tabla matriz-Objetos de Impacto

Personas		
Máxima	16	El evento de falla puede causar fugas de aceite lubricante a alta temperatura que puede causar quemaduras que conlleven a la muerte de un funcionario, contratista o miembro de la comunidad.
Mayor	8	El evento de falla puede causar dejar desprotegido las instalaciones y las personas ante cualquier riesgo de pérdida anatómica o funcional que se representen en al menos un funcionario, contratista o miembro de la comunidad.
Moderada	4	El evento de falla puede causar ocasionar lesiones con incapacidad mayor a 30 días.
Menor	2	El evento de falla puede causar ocasionar lesiones leves menor a 30 días.
Mínima	1	Lesiones sin incapacidad.
Ambiente		
Máxima	16	El evento de falla puede causar escapes de gas incendiado que ocasione explosiones o incendios, no controlable en más de 24 horas.
Mayor	8	El evento de falla puede causar escapes de gas incendiado que ocasione explosiones o incendios que afecte la fauna y flora y que se controlan antes de 8 horas.
Moderada	4	El evento de falla puede causar escapes de gas que pueda afectar las metas de reducción de fugas de la VP Gas (Dow Jones-CMI)
Menor	2	El evento de falla puede causar escapes de gas incendiado que ocasionen explosiones o incendios y que se controlan antes de una hora .
Mínima	1	No hay ninguna afectación.
Calidad		
Máxima	16	El evento de falla me genera una el indicador interno de disponibilidad llevado en la EDS menor al 90%.
Mayor	8	El evento de falla me genera una el indicador interno de disponibilidad llevado en la EDS menor al 93%.
Moderada	4	El evento de falla me genera una el indicador interno de disponibilidad llevado en la EDS menor al 95%.
Menor	2	El evento de falla ocasiona incumplimiento en la prestación del servicio durante un tiempo entre 1 a 2 horas.
Mínima	1	No hay ninguna afectación.
Reputación		
Máxima	16	Investigación o sanción por algún organismo regulador o autoridad competente.
Mayor	8	La pérdida de confianza conlleva a la difusión masiva y al seguimiento por parte de los líderes de opinión.
Moderada	4	La confianza se recupera en un periodo entre 0 y 3 meses con acciones de intervención reparadoras.
Menor	2	La confianza se recupera en un periodo de 0 a 1 mes con acciones de intervención reparadoras.
Mínima	1	No hay ninguna afectación.
Pérdidas financieras		
Máxima	16	El evento de fallas ocasiona afectaciones económicas mayor a entre \$1500 y 3200 millones.
Mayor	8	El evento de fallas ocasiona afectaciones económicas entre \$700 a 1500 millones.
Moderada	4	El evento de fallas ocasiona afectaciones económicas entre \$300 y 700 millones.
Menor	2	El evento de fallas ocasiona afectaciones económicas entre \$50 y 300 millones.
Mínima	1	El evento de fallas ocasiona afectaciones económicas entre \$0 y 50 millones.



### Fases 4 y 5

Los diseños de los planes de mantenimiento están ligados a la resolución colombiana 40278, a la implementación del mantenimiento basado en optimización y confiabilidad con los datos obtenidos de los mantenimientos predictivos, estado operacional del compresor y de los resultados del análisis de criticidad.

Otra de las herramientas usadas en esta etapa es conocer los modos y efectos de falla de cada elemento que interviene en el proceso de compresión para definir su rutina y frecuencia de mantenimiento. Con la ayuda del aplicativo MAXIMO, se generan las órdenes de trabajo para los planes de mantenimiento y llevar la trazabilidad.

### Diseño de los planes de mantenimiento preventivo (MP)

La implementación del PMO como soporte de las actividades que se realizan de manera cíclica y queremos como en el caso del compresor tener

nuevas técnicas y herramientas para mantenerlo en condiciones operativas permisibles.

Técnicas de confiabilidad con los datos obtenidos de los mantenimientos predictivos y seguimiento a sus variables operacionales y de los resultados del análisis de riesgo.

Otra de las herramientas usadas en esta etapa es conocer los modos y efectos de falla de cada elemento que interviene en el proceso de compresión para definir su rutina y frecuencia de mantenimiento, nos podemos soportar parcialmente en los sistemas o elementos más críticos en una metodología como el RCM para conocer los modos y efectos de falla bajo un contexto operativo.

En la tabla V, podemos observar como de manera semestral se programan las actividades existentes de índole normativo y aspectos a tener en cuenta para un PMO. Ver Figura 3.

**Diseño de planes de mantenimiento preventivo:** Se diseñaron planes de mantenimiento preventivo específicos para cada equipo, teniendo en cuenta

Tabla V. Plan de mantenimiento basados en la resolución 40278 mantenimiento cíclico (preventivo)

EDS	cal. Valvulas	Próxima fecha cal. Válvulas	cal. Instrumentos	Próxima fecha cal. Instrumentos	cal. Surtidores	Próxima Cal. Surtidores	control semestral,	Próximo control semestral
EDS 1	ene-21	jul-21	ene-21	ene-22	dic-20	jun-21	ene-21	jul-21
EDS 2	nov-20	may-21	nov-20	nov-21	ago-20	feb-21	nov-20	may-21
EDS 3	nov-20	may-21	may-20	may-21	dic-20	jun-21	nov-20	may-21
EDS 4	nov-20	may-21	may-20	may-21	nov-20	may-21	nov-20	may-21
EDS 5	ago-20	feb-21	feb-20	feb-21	sep-20	mar-21	ago-20	feb-21

FALTA MAS DE 2 MESES
FALTAN 2 MESES
PROXIMO MES
PARA ESTE MES
PENDIENTE



Figura 4. Orígenes de la información en PMO. Recuperado de (Mora, 2009)

los resultados del análisis de modos de falla y las recomendaciones de los fabricantes.

**Programa de mantenimiento:** Se elaboró un programa de mantenimiento que incluye las actividades preventivas, predictivas y correctivas, asignando recursos y estableciendo frecuencias para cada actividad según su criticidad.

### **Evaluación y control de los planes de mantenimiento (PMO)**

Se implementó un sistema de seguimiento y evaluación de los planes de mantenimiento, utilizando la metodología PMO, para medir la efectividad de las actividades y realizar ajustes cuando sea necesario.

### **Fases 6 y 7**

En la etapa de evaluación se realiza el control por parte de la gestoría técnica, realizando seguimiento al nuevo MGM implementado.

### **Evaluación y control de los planes de mantenimiento y análisis del ciclo de vida de los activos**

Para tener un buen control debemos medir bajo indicadores claves (KPIS) la gestión que impacta nuestro objetivo general y específicos.

Para ello hemos elegido 3:

1. Disponibilidad (MTBF)
2. Mantenibilidad (MTTR)
3. Confiabilidad

Los demás objetivos serán analizados en caso de que los 3 mencionados presentan un resultado diferente al esperado. En el negocio del gas se manejan 2 indicadores para la disponibilidad.

El primer indicador lo define gestión de activos con base a la matriz de riesgo evaluada en la fase 3 con una disponibilidad del 95% y como meta interna de la región metropolitana se exige un poco



más hasta un 98% por paros correctivos no programados debido a los nuevos ajustes en la planificación de las actividades de mantenimiento.

En nuestro caso, la disponibilidad se vería afectada si el compresor es intervenido en un paro diferente al paro de índole normativo. La frecuencia de paro también depende si el equipo es intervenido con las condiciones anteriores.

Con respecto a la confiabilidad se tendrá en cuenta las mismas condiciones, mientras que el equipo no pare y opere hasta las actividades normativas que generan los paros, la confiabilidad es del 100%. Esto lo podemos denominar un mantenimiento de oportunidad.

Cabe resaltar que, desde el momento del análisis de riesgo hasta las acciones que se tomaron para mejorar los indicadores y cumplir con los objetivos, se nota la mejoría en temas de seguridad y confiabilidad en el proceso sin dejar a un lado el impacto ambiental y mucho menos la disponibilidad de los equipos.

### Ciclo de vida del activo

El tema de los indicadores va ligado al ciclo de vida del activo, sistemas o elementos según sea el caso. Cuando estos se ven afectados es necesario evaluar y replantear los 3 indicadores claves teniendo en cuenta aspectos como:

## El objetivo es lograr que la vida económica del activo sea lo más cercana posible a la vida esperada del activo

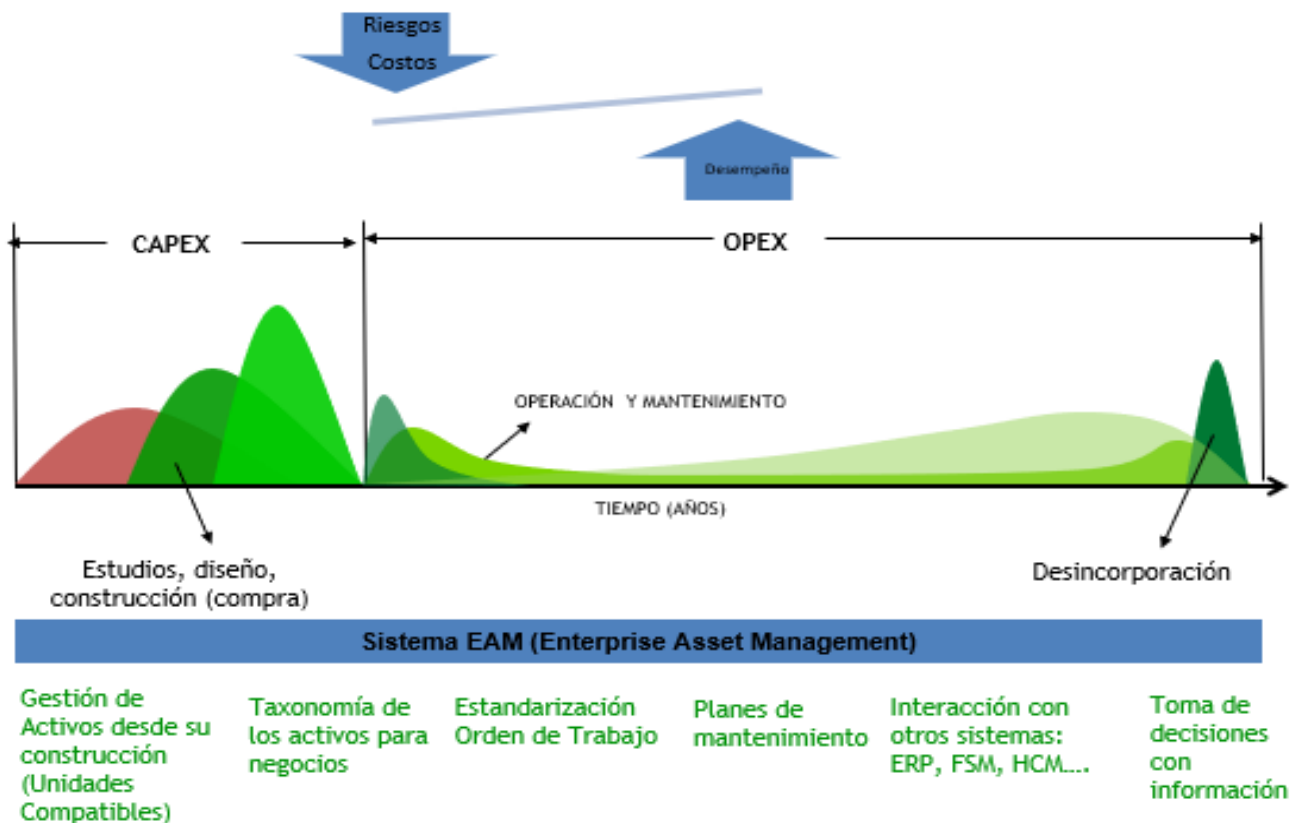


Figura 5. Ciclo de vida de un activo.



- Los sistemas o elementos menos críticos según la matriz de riesgo y que sean redundantes se pueden llevar a fallo.
- Los tiempos de las intervenciones de los modos de fallo parcial no deben superar el asignado para las actividades por ley.
- Un aumento en la frecuencia de fallos.
- El coste de la reparación no supere el 40%. En caso de que sea mayor se reemplaza el activo.
- Evaluar la desincorporación de activos críticos cada 5 años.
- Mantenimiento centrado en oportunidad.
- Llevar a fallo.

Gráficamente podemos observar el análisis del ciclo de vida del activo desde su diseño, pasando por la etapa de mantenimiento y operación hasta su desincorporación.

**CAPEX:** Es el punto donde todas las áreas deben estar, debido a que operaciones, mantenimiento y logística tienen un objetivo en común, pero metas para alcanzarlo diferentes. Los aportes de cada área son indispensables para la buena operación y rentabilidad del activo.

**OPEX:** Como son equipos en operación analizamos la zona del OPEX con base a la información arrojada de las diferentes técnicas y análisis de la información. Un aspecto clave para definir la desincorporación de un activo consta de llevar una buena trazabilidad a los indicadores de mantenibilidad y disponibilidad y tomar decisiones con base a estas. Entre mejor sea la calidad de la información y su análisis, con la ayuda de las diferentes técnicas y filosofías podemos ajustar cada vez un plan de mantenimiento acorde a la necesidad y aumentar la vida útil hasta dar de baja el activo. **Ver figura 5.**

### Fase 8

A partir de la necesidad de poder integrar este compresor en un nuevo sistema de monitoreo remoto, nace el requerimiento de poder habilitar diferentes protocolos de comunicación en su sistema de control. Lastimosamente este requerimiento no se puede llevar a cabo utilizando la arquitectura de control original de la máquina, debido a su carencia de características, obsolescencia en el mercado y la imposibilidad de poder comunicarse con su PLC.

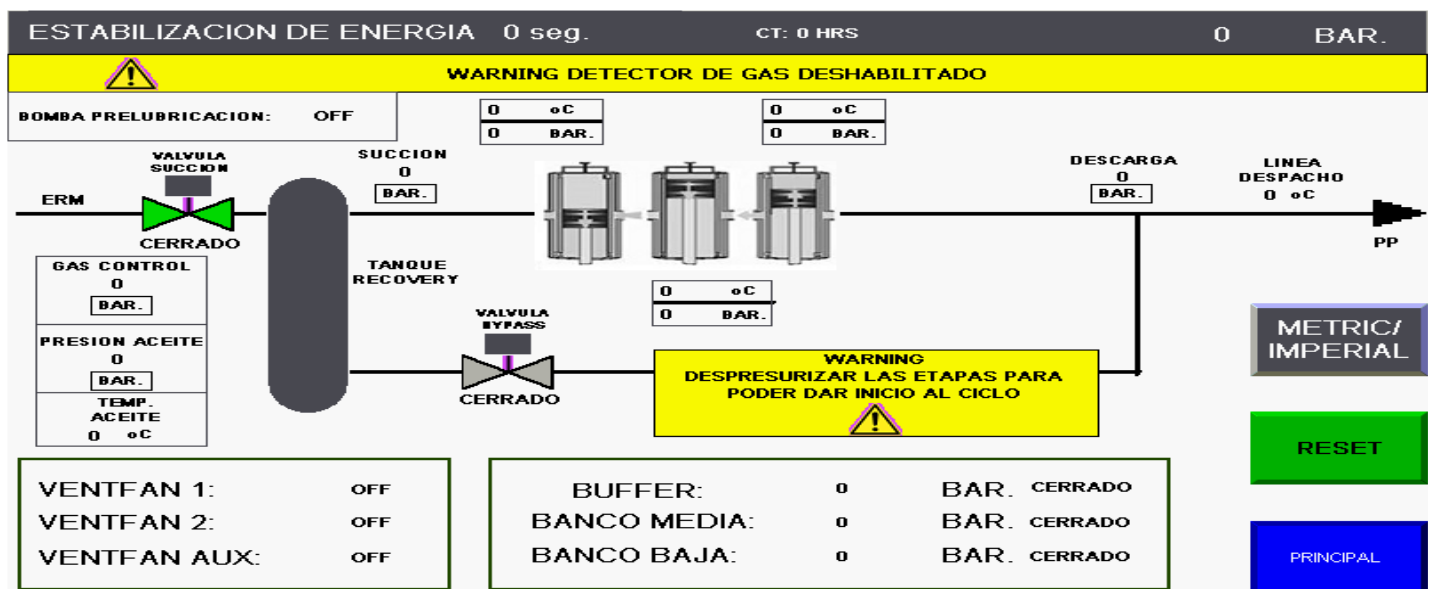


Figura 2. Visualización SCADA

Es por esto, que con el fin de integrar este compresor con el sistema de monitoreo remoto actual y poder habilitar el protocolo de comunicación Modbus Tcp, se encontró necesario realizar una migración (actualización) del sistema de control del equipo. Esta migración ofrece ventajas como:

- Establecer comunicación directa con el PLC del compresor
- Extender la vida útil del sistema de control del equipo
- Tener control total para realizar modificaciones o mejoras en el compresor
- Mejorar la calidad de la comunicación con el equipo.
- Realizar mejoras en los informes de tendencias generados a través del actual sistema.

### Resultados Y Discusión

Después de implementar las diferentes tecnologías, herramientas, técnicas, filosofías y metodologías ya fuese de manera parcial o total y así alcanzar los objetivos específicos y general en

el modelo propuesto, se logra consolidar información para alargar la vida útil de los activos en especial el compresor recíprocante de manera segura y documentada, además de tener un control presupuestal durante un periodo estimado. Ver figura 6

Durante los ejercicios se logran identificar sistemas que se consideraban críticos y según el resultado de la matriz de riesgo las consecuencias eran bajas, mientras que en equipos como el compresor que se consideraba de bajo impacto, se logra identificar la criticidad por contar con tantas partes móviles y de desgaste.

También se logra unificar actividades usando como método los mantenimientos de oportunidad ya que la migración de las variables operacionales nos genera un insumo para sus tendencias y así generar alertas tempranas o identificar modos de fallo parcial y poder programar con tiempo su intervención.

Con las técnicas predictivas se está creando un histórico y una trazabilidad para saber su comportamiento y tendencias normales. Estos mantenimientos proactivos nos ayudan a

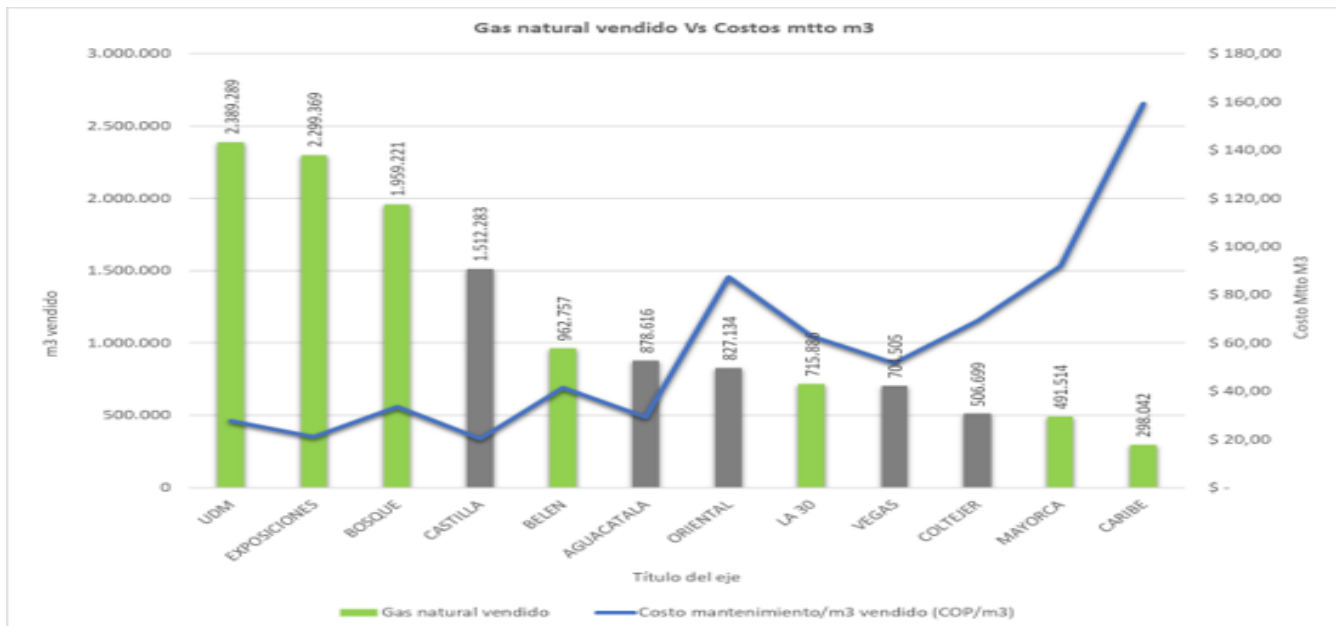


Ilustración 1. Indicador clave BSC



identificar fallos en compresor de manera temprana y poder ajustar nuestros planes de mantenimiento a través de un PMO y análisis de riesgo.

## SCADA

Como resultado de la herramienta SCADA podemos realizar los informes técnicos de los equipos y revisarlos de manera semanal, siendo redundantes ya que esta parametrizado con alertas tempranas y de fallo, generando así una OT automática para la revisión o intervención de los equipos de manera temprana.

## Reducción de costos

El costo de mantenimiento se redujo en más del 50% gracias a la eliminación de intervenciones innecesarias, rutina y la implementación de buenas prácticas de mantenimiento.

Comprimir un m3 pasó de

Incremento en la disponibilidad

La disponibilidad de los compresores aumentó del 94% a más 99%, mejorando la confiabilidad del sistema.

## Optimización de repuestos

Se redujo en un 65% la rotación y stock de repuestos, optimizando la logística de abastecimiento.

## Mejora en la toma de decisiones

El uso del software de mantenimiento permitió una mejor planificación de las actividades, reduciendo tiempos de respuesta y mejorando la eficiencia del equipo de trabajo.

## Conclusiones Y Recomendaciones

La transición a un modelo de mantenimiento basado en condición y confiabilidad ha demostrado ser altamente efectiva para aumentar la seguridad, optimizar los recursos, reducir costos y mejorar la disponibilidad de los activos. Se recomienda la implementación de este modelo en otros sistemas industriales que operen con equipos

críticos. Es fundamental continuar con la capacitación del personal y la mejora continua del sistema de monitoreo para mantener y ampliar los beneficios obtenidos.

## Trabajos Futuros

Evaluar la replicabilidad del modelo en otras industrias.

Incorporar inteligencia artificial y machine learning en el análisis predictivo de fallas.

Desarrollar estrategias para mejorar la integración del mantenimiento basado en condición con normativas locales e internacionales.

## Referencias

[1] EPM, "Sistema de Gestión de Activos ISO 55001", 2017.

[2] EPM, "Metodología de toma de decisiones basada en costo, riesgo y desempeño", 2018.

[3] "Cárcel, F. J.", 2014, "La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas". Valencia: Omnia Publisher SL.

[4] "Carrasco, E.", "Mantenimiento preventivo", 2021.

[5] "Comité ISO/TC 251.", "Principio de la gestión de activos (norma ISO 55000)". Disponible en: <https://predictiva21.com/gestion-de-activos-de-que-estamos-hablando-en-realidad/> [Último acceso: dd/mm/aaaa], 2017.

[6] "Fernández, M., & Orozco, I.", "Sistema de control compresores. Migración de variables operacionales-implementación de un sistema SCADA". Barranquilla, 2018.

[7] "Gestión de activos.", "Análisis de criticidad". Medellín: EPM, 2016.

[8] "Gestión de activos.", "Taxonomía de activos. ISO 14224". Medellín: EPM, 2019.

[9] "Giraldo Aguirre, J.", "Optimización del modelo de gestión de mantenimiento de compresores recíprocos en estaciones de servicio de gas natural vehicular EPM. Mantenimiento basado en condición y confiabilidad". Revista EPM (16), 88-107, 2020.

### Hoja de Vida

Soy Jonathan A. Giraldo Aguirre, ingeniero electromecánico y especialista en gestión de mantenimiento industrial, con más de 15 años de experiencia en el sector oil & gas. He liderado estrategias de mantenimiento basadas en confiabilidad, optimización de costos, eficiencia operativa y cuidado del medio ambiente. Reducción costos en un 50% y aumentar la disponibilidad al 99%. Publiqué un artículo sobre gestión de activos en la revista EPM. Participé en la implementación de planes de mantenimiento para proyectos innovadores en Colombia. Mi enfoque se basa en la medición y mejora continua para garantizar operaciones seguras y sostenibles.

1. Nombre del autor

Jonathan Alexander Giraldo Aguirre.

2. Teléfono: (4) 3804318

- a. **Residencia:** Cra 50ª nro 30b 46  
Urbanización Florida 4, casa 92 Barrio  
Florida. (Bello-Antioquia)
- b. **Oficina:** Carrera 58 # 42-125, Medellín,  
Antioquia, Colombia
- c. **Celular:** 3013401771