



CUADRILLAS DE CUIDADO BASICO DE EQUIPOS: UNA ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA UTILIZACIÓN DE ESPECIALISTAS Y REDUCIR COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA

Edison Córdoba Moreno. Best Process SAS
Bogotá- Colombia

Esta ponencia presenta una mejor práctica de mantenimiento que permite garantizar la participación del personal operativo en la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad del equipo durante todo el ciclo de vida del activo con miras a mejorar y optimizar la utilización de recursos especializados y reducir los costos del mantenimiento rutinario en la organización.

1 ¿Qué son las Cuadrillas de Cuidado Básico de Equipos?

Las Cuadrillas de cuidado Básico de Equipos son recursos dedicados única y exclusivamente a resolver situaciones de bajo riesgo, bajo tiempo de ejecución y alta rentabilidad para la organización y la función mantenimiento. Estas cuadrillas tienen su fundamento en lo establecido en la norma SAE JA- 1011/12 en lo que respecta a la jerarquía para definir los recursos que atenderán las acciones preventivas, predictivas y/o correctivas a los equipos.

En los estudios de RCM (Mantenimiento Centrado En Confiabilidad por sus siglas en inglés) se establecen los planes de

mantenimiento para los activos, no obstante, lo anterior no se sigue lo establecido en dichos planes especialmente en lo que respecta a los niveles jerárquicos de atención de los eventos.

Como premisa del plan de mantenimiento, se tiene que siempre que se presenta un modo de falla el primer nivel de detección y atención es el personal de operaciones presente en la instalación.

Estadísticamente se sabe que cerca del 80% de los modos de falla pueden ser controlados por el personal de primera línea que atiende la instalación

Las cuadrillas de cuidado Básico son entonces, los recursos que van a atender en primera instancia los modos de falla que se presentan en la vida útil del equipo y evitar que estos desarrollen patologías que luego tengan que ser atendidas por el personal de mantenimiento de la instalación.

2 ¿Dónde pueden ser implementadas las Cuadrillas de Cuidado Básico de equipos?

Las cuadrillas de Cuidado Básico de equipos pueden ser implementadas y



funcionales en cualquier departamento de mantenimiento y en cualquier sector empresarial, desde plantas petroquímicas, refinerías, plantas alimenticias, oleoductos, plantas de gas, edificios, conjuntos residenciales, puertos, campos de producción, minas, entre muchos otros.

3 ¿Son rentables las cuadrillas de Cuidado Básico de Equipos?

El potencial de ahorro de la implementación de las cuadrillas de Cuidado Básico de Equipos es muy alto y fácil de lograr, se han comprobado beneficios de miles de dólares en

compañías petroleras, cementeras, alimenticias que han visto como sus costos de mantenimiento se reducen y al mismo tiempo se incrementa la disponibilidad y seguridad de los equipos y procesos industriales. Se han comprobado rentabilidades de más del 60%, 70% y hasta 90% frente a la inversión realizada en el proyecto con períodos de recuperación menor a un año, como lo puntualiza la firma Best Process, especialista en la implementación de Cuadrillas de Cuidado Básico de Equipos en diferentes sectores industriales.

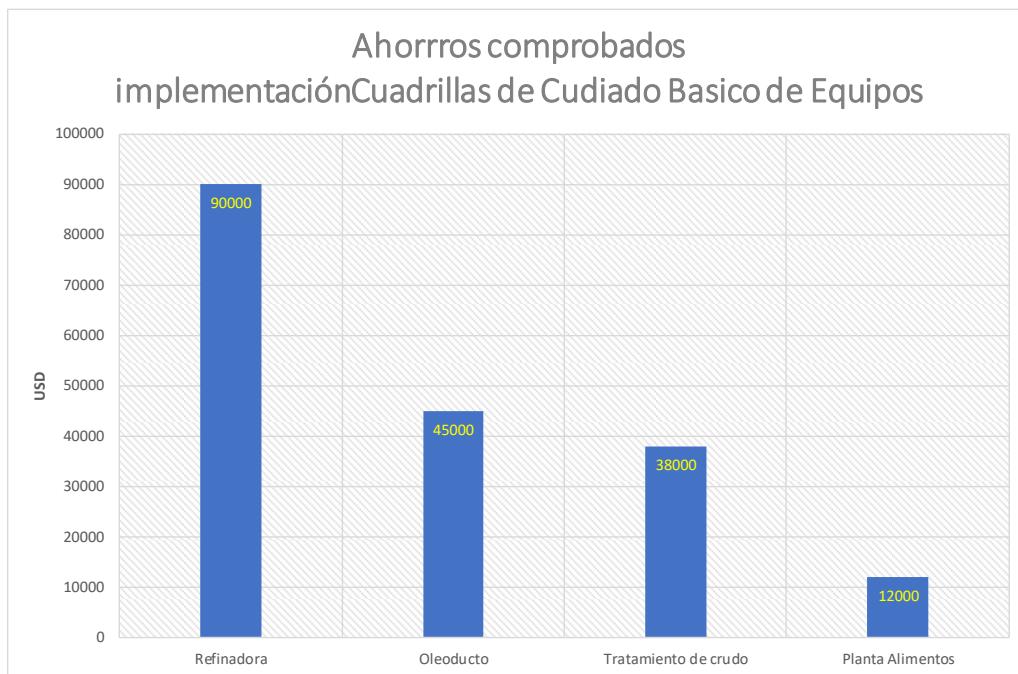


Figura 1. Ahorros potenciales con la implementación de Cuadrillas de cuidado Básico de equipos. Fuente: Best Process SAS.



4 ¿Cómo desarrollo el concepto de Cuadrillas de Cuidado Básico de Equipos en mi empresa?

Desarrollar las cuadrillas de Cuidado Básico en la organización es una tarea muy pero muy simple. Esta simplicidad, es lo que ha dificultado su adopción por los líderes de mantenimiento que siempre están esperando soluciones complejas y super costosas para resolver los problemas de la instalación y de la función mantenimiento.

Es claro entonces, que el lector de esta ponencia debe abrir su mente y dar cabida a soluciones sencillas, pero prácticas y muy costo-efectivas para garantizar un mantenimiento rentable y que aporte valor al negocio en lugar de soluciones complejas y poco estructuradas que hacen gastar mucho dinero y que tienen poca sostenibilidad en el tiempo.

Para desarrollar e implementar una Cuadrilla de Cuidado Básico de Equipos sigue los pasos descritos a continuación:

4.1 Selección de tareas de Cuidado Básico de Equipos

El proceso de selección de las tareas y/o actividades que serán realizadas por las Cuadrillas de Cuidado básico de Equipos se fundamenta en los estudios de RCM, RBI, SIS, HAZOP, FMECA, realizados por el personal de ingeniería y en los cuales se definen las actividades de bajo costos, corta duración y alta rentabilidad y que deben ser realizadas por personal distinto a los técnicos de mantenimiento.

La principal característica o calidad común de estas tareas es que son Altamente costo efectivas y de bajo riesgo y que pueden ser realizadas por personal no experto en mantenimiento soportado por una plataforma o herramienta que contenga la descripción de la tarea y las instrucciones para realizarla.

El compendio de tareas indicadas en los estudios especializados son la fuente para desarrollar el programa institucional de Cuidado Básico de equipos, no debe permitirse que se incluyan tareas que no estén soportadas por estudios especializados de ingeniería y confiabilidad, porque de hacerlo se malgastará el tiempo de las cuadrillas y estas no agregarán valor al negocio.



RUTINA OPERATIVA: BEC_BOMBAS_PIAR											
Area: Planta de Inyección de Aire, Responsable: Operador Estación PIAR											
OBJETIVO: Esta rutina garantiza la conformidad de las Bombas de la facilidad con el fin de mantener los niveles de seguridad especificados en el diseño y atender de manera temprana cualquier desviación identificada en los mismos.											
Estado: Inactiva. Controla Violaciones: Si	Total Taruss: 297							Beneficio Potencial (USD): 1084050			
No.	Equipo	Fuente	Descripción Taruss	Unidad	Frecuencia	Estado Operatividad	V0H	GCH	GCB	V0B	
						Clasificación	Reportar				
Nro.	Equipo	Fuente	Descripción Taruss	Unidad	Frecuencia	Estado Operatividad	V0H	GCH	GCB	V0B	Instrucción
1	AP9152A_PIAR	RCM	Nivel de aceite lubricación	adm	12H	OP FD	Alto Bajo	-	-	-	El nivel de aceite debe estar siempre visible aproximadamente en la mitad del visor de nivel
2	AP9152A_PIAR	RCM	Presión descarga	psi	12H	OP	70,00	-	-	-	
3	AP9152A_PIAR	RCM	Temperatura rodamiento lado libre	G F	12H	OP	180,00	170,00	-	-	La alta temperatura, afecta el índice de viscosidad del lubricante y reduce su capacidad para lubricar las partes mecanicas
4	AP9152A_PIAR	RCM	Temperatura rodamiento lado aceite	G F	12H	OP	180,00	170,00	-	-	La alta temperatura, afecta el índice de viscosidad del lubricante y reduce su capacidad para lubricar las partes mecanicas
5	AP9152A_PIAR	RCM	Vibración PCH	Inseg	12H	OP	0,25	0,16	-	-	La vibración causa fricción metal metal y daña los componentes mecánicos
6	AP9152A_PIAR	RCM	Vibración PDH	Inseg	12H	OP	1,00	0,70	-	-	La Vibración en rodamientos metal metal y daña los componentes mecánicos
7	AP9152A_PIAR	RCM	Bucle mecánico	adm	12H	OP FD	Fuga	-	-	-	El bucle mecánico no debe seguir el mismo ciclo, de permitir fugas innecesarias (Operación)
8	AP9152A_PIAR	RCM	Nivel de líquido de frenos	adm	12H	OP	Hay	-	-	-	
9	AP9152A_PIAR	RCM	Escarcha de Aceite	adm	12H	OP FD	Hay	-	-	-	
10	AP9152A_PIAR	RCM	Ruido	adm	12H	OP	Anormal	-	-	-	
11	AP9152B_PIAR	RCM	Nivel de aceite lubricación	adm	12H	OP FD	Alto Bajo	-	-	-	El nivel de aceite debe estar siempre visible aproximadamente en la mitad del visor de nivel
12	AP9152B_PIAR	RCM	Presión descarga	psi	12H	OP	70,00	-	-	-	
13	AP9152B_PIAR	RCM	Temperatura rodamiento lado libre	G F	12H	OP	180,00	170,00	-	-	La alta temperatura, afecta el índice de viscosidad del lubricante y reduce su capacidad para lubricar las partes mecanicas

Figura 2. Tareas para las Cuadrillas de Cuidado Básico de Equipos.

A veces, no se cuenta en la instalación con toda la información de estudios especializados de confiabilidad, en esos casos, se puede tomar tareas estándar desarrolladas por compañías que se dedican a estudiar y optimizar la confiabilidad y los planes de mantenimiento empresariales.

En la figura 2, se muestra la correspondencia y relación que debe existir entre la tarea a ejecutar y la fuente especializada que soporta su inclusión en el programa de la Cuadrilla. El numero típico de tareas que se obtiene como resultado de los estudios especializados es entre unas 500 actividades para instalaciones pequeñas y medianas y unas 800 a 1000 actividades para instalaciones grandes.

Estas tareas no solo son de mantenimiento y confiabilidad, también pueden ser de HSE, Calidad, eficiencia energética,

reducción de costos, Investigación de incidentes, entre muchas otras opciones. Lo importante siempre es garantizar que cada tarea que se incluya en el plan de las cuadrillas de Cuidado Básico de Equipos, aporte a los indicadores de resultado del negocio y no a satisfacer caprichos o deseos sin fundamento de las personas.

4.2 Definir ventanas operativas

Las ventanas operativas son los criterios de aceptación que tienen las variables monitoreadas por la cuadrilla de Cuidado Básico de Equipos y que se constituyen en la base de conocimiento de ingeniería puesta al servicio de personal no especializado, pero si entrenado en la ejecución de las tareas. En otras palabras, las ventanas operativas son el criterio de ingeniería consignado en el sistema o aplicación de software de cuidado básico de equipos y que hacen que el personal de



las cuadrillas no necesite consultar al ingeniero para tomar decisiones relativas a los parámetros monitoreados en sus rutinas y con ello se reduce la demanda de servicios especializados y el costo de estos.

En muchas organizaciones el personal de Ingeniería y en especial el personal de ingeniería de los contratos de mantenimiento integral (Mantenimiento

tercerizado), no apoyan la implementación de esta mejor practicas por considerar que atentan contra sus empleos y se oponen fuertemente. Los Gerentes de mantenimiento, deben propender por desarrollar este concepto y optimizar sus costos y no dejar que los intereses no éticos y mezquinos del contratista impidan la rentabilización del modelo de mantenimiento.

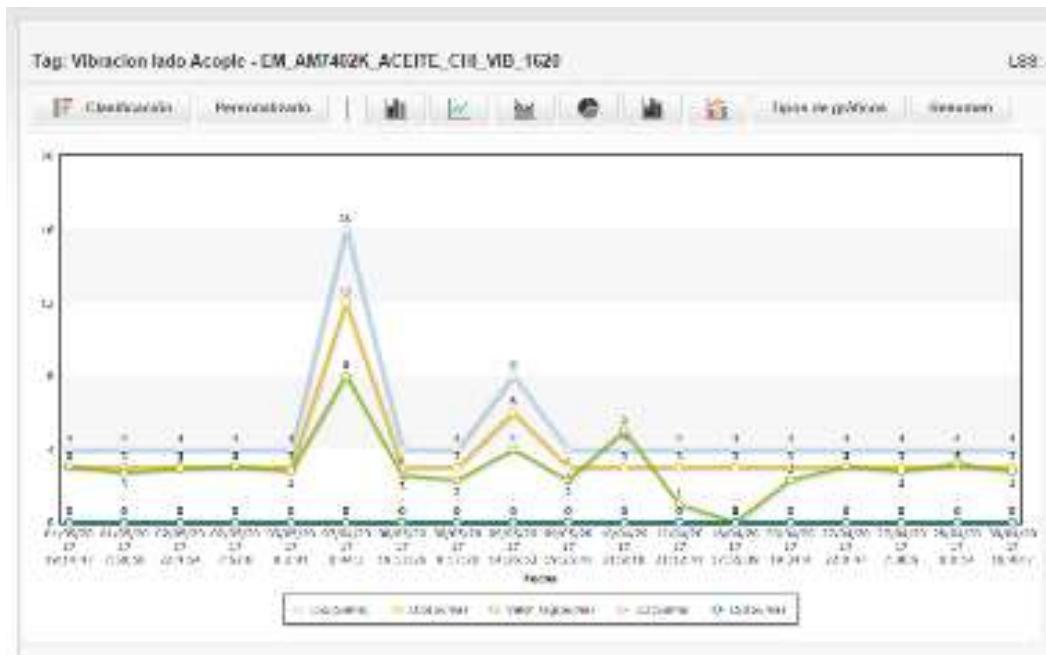


Figura 3. Ventanas operativas equipos. Fuente: Optimizer- Software Administración y gestión de turnos de trabajo

En el proceso de definir las ventanas operativas se deben definir cuatro valores ya sean discretos o continuos:

Límite de Integridad Superior: Este límite es el que dice cuál es el valor límite que no puede ser superado en ningún momento o intervalo de tiempo durante la vida de operacional del activo, por que de

hacerlo se presenta afectación a la integridad mecánica del activo, la cual se puede traducir en roturas, explosiones, contaminaciones, o activación del sistema de protección del equipo llevándolo a un paro inmediato para protegerlo.

Límite de control superior: Este dato es utilizado para la optimización del proceso

y define el límite superior eficiente de la variable, por encima de este valor, aunque no se produce afectación a la integridad del equipo, si se afecta la economía del proceso es decir su calidad, uso de recursos, y/o rentabilidad.

Límite de control inferior: Este dato es utilizado para la optimización del proceso y define el límite inferior eficiente de la variable, por debajo de este valor, aunque no se produce afectación a la integridad del equipo, si se afecta la economía del proceso es decir su calidad, uso de recursos, y/o rentabilidad.

Límite de Integridad Inferior: Este límite es el que dice cuál es el valor límite que, por debajo de este, presenta afectación a la integridad mecánica del activo, la cual se puede traducir en roturas, explosiones, contaminaciones, o activación del sistema de protección del equipo llevándolo a un paro inmediato para protegerlo

La definición de estos cuatro (4) límites es el alma del proceso de Cuidado Básico de

equipos y de contar con cuadrillas que agreguen valor al negocio.

4.3 Diseñar rutas de captura de datos

Luego que se ha definido la base de conocimiento de ingeniería del proceso, se desarrollan las rutinas de captura de datos para las cuadrillas de Cuidado Básico de Equipos. Las rutas de captura de datos son las guías que especifican que datos deben ser tomados, su frecuencia, el orden para la captura y los límites establecidos para cada uno de ellos. El diseño de rutas de captura de datos debe hacerse de tal forma que se minimicen los tiempos de captura, se evite la repetición de lugares o equipos y que no involucre información que ya se ha capturado en otros sistemas de la organización, con el fin evitar la duplicidad de información que hace inútil el sistema y desanima a los integrantes de la Cuadrilla, pues ellos sentirán que están tomando datos que nadie está viendo o utilizando.



RUTINA OPERATIVA: BEC_SISTEMA_COMPRESION_AIRE_PIAR										
Area: Planta de Inyección de Aire. Responsable: Operador Estacion PIAR										
Estado: Inactiva. Controla Violaciones: SI Total Tareas: 219 Beneficio Potencial (USD): 799350										
Diseñada por:										
Clasificación Exportar										
No.	Equipo	Fuente	Descripción Tarea	Unidad	Frecuencia	Estado Operatividad	V0H	GCH	GCB	V0B
1	AC-9191_PIAR	MFabricante	Presión descarga aire	psi	12H	OP PD	350.00	-	-	200.00
2	AD-9191_PIAR	MFabricante	Diferencial de presión filtro salida aire	psi	12H	OP PD	10.00	7.30	4.40	-
3	AC-9191_PIAR	MFabricante	Nivel de aceite lubricación	adm	12H	OP PD	Alto Bajo	-	-	-
4	AC-9191_PIAR	MFabricante	Drenar condensado tanque drun aire instrumentos	adm	12H	OP PD	NO	-	-	-
5	AC-9191_PIAR	MFabricante	Temperatura	adm	12H	OP	Rojo	Verde-Rojo	-	-
6	AC-9191_PIAR	MFabricante	Rejilla entrada aire	adm	12H	OP PD	Obstruidos	-	-	-
7	AC-9191_PIAR	MFabricante	Ruido	adm	12H	OP	Anormal	-	-	-
8	AD-9191A_PIAR	MFabricante	Presión descarga aire	psi	12H	OP	350.00	-	-	200.00
9	AD-9191A_PIAR	MFabricante	Diferencial de presión filtro salida aire	psi	12H	OP	10.00	7.30	4.40	-
10	AD-9191A_PIAR	MFabricante	Drenar condensado tanque drun aire instrumentos	adm	12H	OP PD	NO	-	-	-
11	AD-9191A_PIAR	MFabricante	Temperatura	adm	12H	OP	Rojo	Verde-Rojo	-	-
12	AD-9191A_PIAR	MFabricante	Ruido	adm	12H	OP	Anormal	-	-	-
13	AD-9191A_PIAR	MFabricante	Rejilla salida aire	adm	12H	OP ON	Obstruidos	-	-	-

Figura 4. Ruta captura de datos. Fuente: Optimizer- Software Administración y gestión de turnos de trabajo

En el diseño de las rutas de captura de datos, es conveniente tener en cuenta los factores de productividad de la fuerza de trabajo, y que el número de actividades no sature los recursos, pues al hacer esto se reduce drásticamente la calidad en la toma de datos.

Muchas organizaciones que han implementado rutinas de toma de datos no están sacando el provecho de esta práctica, debido a que las rutinas están sobrecargadas o llenas de información inútil y desactualizada que no corresponde a parámetros que ayuden a garantizar la confiabilidad, mantenibilidad y seguridad de los procesos. Estas rutinas deben formar parte del sistema de gestión de calidad de la organización y ser revisadas y actualizadas periódicamente por personal Ambos, Las instrucciones y los procedimientos deben ser incorporados en el sistema de información para captura de datos y que siempre estén disponibles para

especializado y realizar los controles de cambio (MOC) Correspondientes a fin de mantener la base de conocimiento vigente.

4.4 Incorporar acciones y procedimientos a los planes de captura de datos

La incorporación de acciones y procedimientos es vital para garantizar un correcto funcionamiento de las cuadrillas de Cuidado básico de equipos. Los acciones o instrucciones es información que el miembro de la cuadrilla necesita para entender y/o ampliar la información relacionada con la actividad o el dato que deba tomar al equipo. En cambio, los procedimientos son los estándares de trabajo que explican cómo hacer la tarea de forma correcta y exitosa.

la cuadrilla. Uno de los errores frecuentes es enviar cuadrillas sin instrucciones y sin procedimientos lo que se traduce en rutinas de toma de datos inútiles y de pobre



contenido en calidad e información para alimentar los procesos de confiabilidad y mantenibilidad de la empresa.

REALIZAR TRIBOLOGÍA A EQUIPO ROTATIVO (motores, turbinas, reductores y Bombas).					
PLAN:		NOTA: Los puntos de toma de datos en los equipos los suministra el programa RBMWARE			
NOTA:		Equipo de protección personal diferente al estándar: <u>No Aplica</u>			
No	Tarea	Quién	Riesgo	Consecuencia	
			Tipo	Riesgo	
1	Tomar datos en motor eléctrico <i>(PLAN: Realice desde 1.1 hasta 1.7)</i>				
	1.1 Tomar vibración horizontal (MAH) y vertical (MAV) de lado exterior.	OP	E	L	Deterioro de rodamientos.
	1.2 Tomar vibración horizontal (MBH), vertical (MBV) y axial (MBA) de lado acople	OP	E/P	L	Deterioro de rodamientos/exposición equipo rotativo
	1.3 Tomar temperatura del cuerpo del motor (MT)	OP	E	L	Deterioro de rodamientos, daño al motor
	1.4 Tomar temperatura del lado acople del motor (MBT)	OP	E	L	Deterioro de rodamientos.
	1.5 Tomar corriente del motor (MI) (si es posible)	OP	E	L	Daño en motor por sobrecarga
	1.6 Visualizar color, nivel y sensa viscosidad del aceite en lado acople y exterior del motor.(aplica para lubricados con aceite)	OP	E	L	Deterioro de rodamientos o cojinetes.
2	Tomar datos en la bomba accionada por motor <i>(PLAN: Realice desde 2.1 hasta 2.8)</i>				
	2.1 Tomar vibración horizontal (PCH) y vertical (PCV) de lado acople.	OP	E/P	L	Deterioro de rodamientos o cojinetes/exposición a equipo rotativo
	2.2 Tomar vibración horizontal (PDH), vertical (PDV) y axial (PDA) de lado exterior	OP	E	L	Deterioro de rodamientos o cojinetes

Figura 5. Procedimiento estandarizado Cuadrilla Cuidado básico de Equipos.

Los procedimientos empleados en el proceso deben contener, además, de las actividades, los riesgos, los recursos que se requieren, los tiempos de consumo de recursos y las herramientas requeridas para ejecutar la tarea.

4.5 Análisis de la información colectada (Cp, Cpk, Identificar causas de variación no comunes)

El análisis de la información es tan importante como el cuerpo de

conocimiento o las rutinas de captura de datos o los procedimientos.

Este paso es el que enmarca las herramientas para el análisis de los datos colectados en las etapas anteriores, sirve para definir si el proceso es capaz o no de cumplir con las especificaciones requeridas y de que acciones deben ser tomadas para hacer que las cumpla en caso de que se conceptúe que el proceso no es capaz.

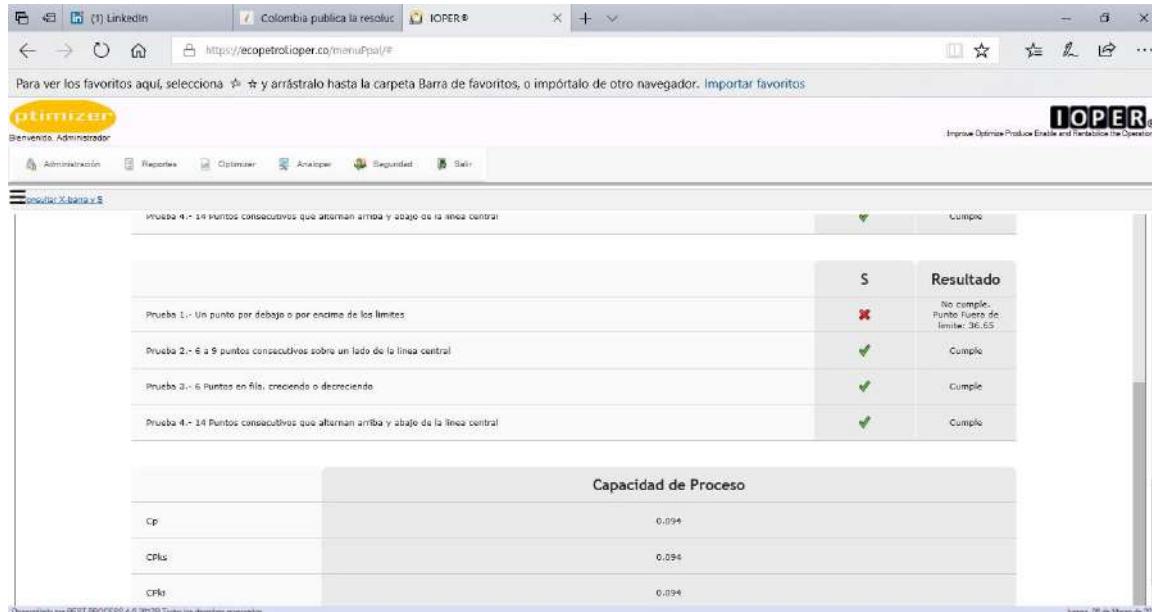
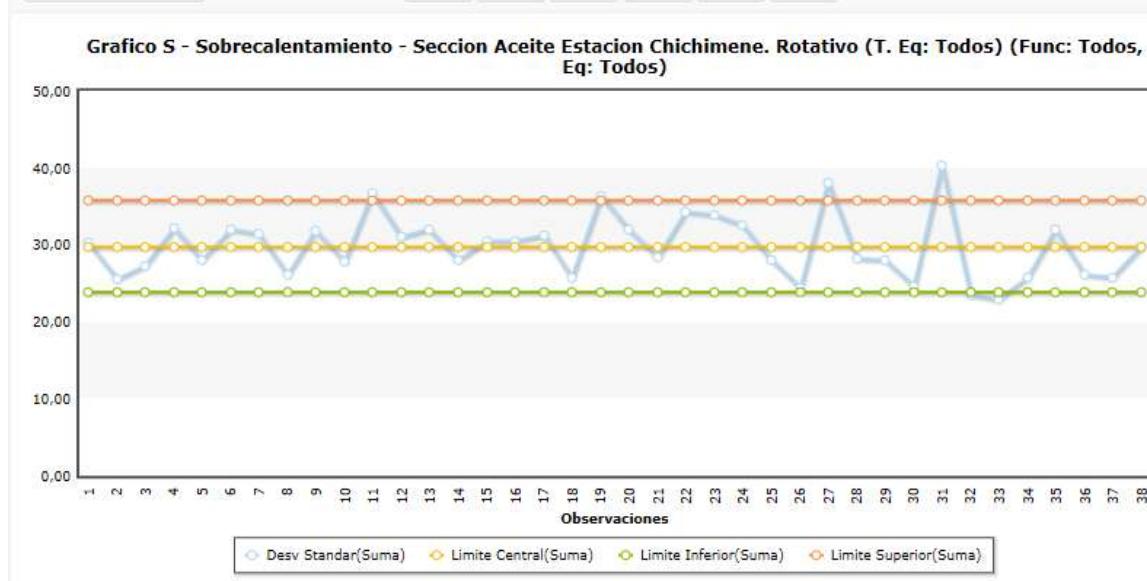


Grafico 6. Capacidad de proceso, Cuadrillas Cuidado Básico de Equipos.

Como resultado del proceso de análisis con las Cuadrillas de Cuidado Básico de equipos se puede:

- Construir la matriz de CBM desde la operación, y minimizar el consumo de especialistas

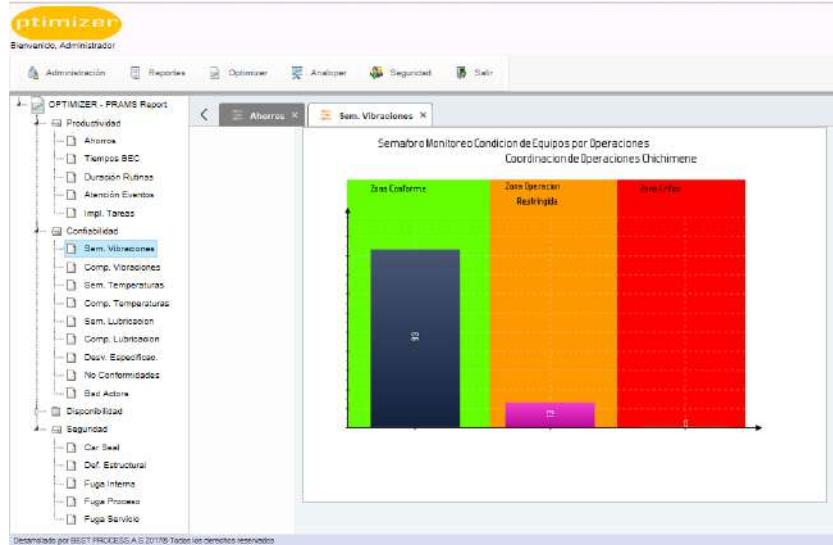


Grafico 7. Matriz monitoreo de condición. Vibraciones. Fuente: Optimizer. Software Administración y gestión de turnos de trabajo.

Con esta información se logró optimizar las rutinas de especialistas de CBM y minimizar su costo logrando que las tareas básicas fueran realizadas por los

operadores y las tareas complejas de análisis fueran hechas por el personal de ingeniería.

- Matriz de modo de falla
Sobrecalentamiento

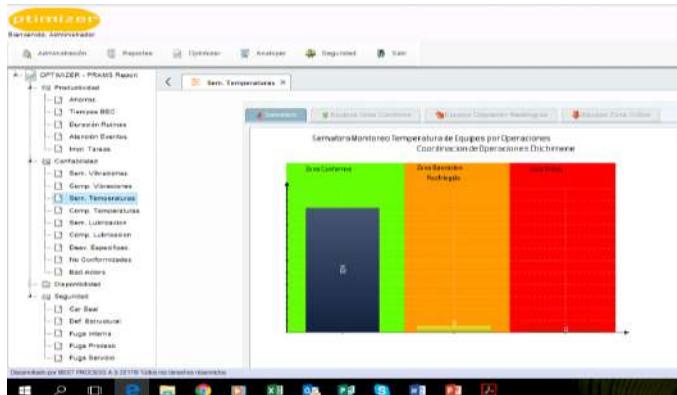


Grafico 8. Matriz monitoreo de temperaturas. Fuente: Optimizer. Software Administración y gestión de turnos de trabajo.

Con las cuadrillas se logró mantener más del 90% de los equipos operando sin sobrecalentamiento y en zona de conformidad y con esta información se pudo optimizar el consumo de lubricantes

eliminando aquellos que estaban sobre dimensionados para el servicio en el que estaban funcionando.



- Construcción matriz de lubricación
- La matriz de lubricación es una herramienta eficaz para dirigir los esfuerzos de los profesionales de

lubricación, pues con ella construida por los propios operadores se tiene información actualizada y de gran confiabilidad para la toma de decisiones.

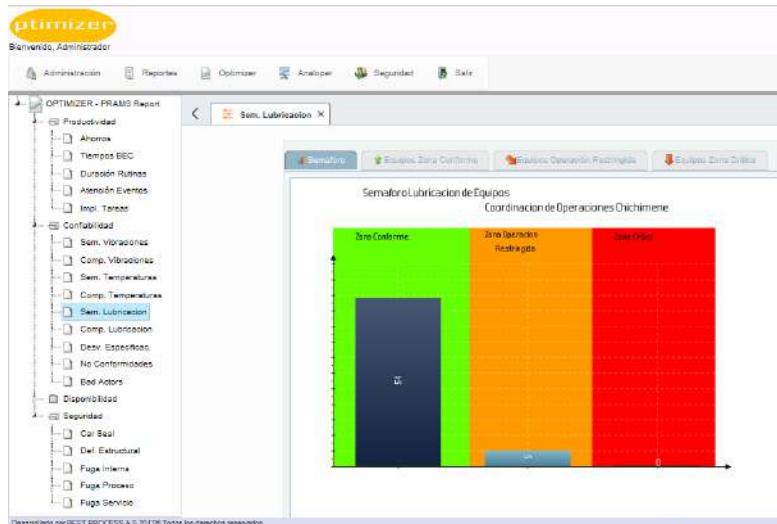


Grafico 9. Matriz monitoreo de lubricación. Fuente: Optimizer. Software Administración y gestión de turnos de trabajo.

Además de la matriz de CBM mostrada arriba, se puede construir la matriz de lubricación, temperaturas, Carl seal report para mejorar la seguridad de los procesos entre muchos otros reportes e información valiosa para el proceso.

4.6 Definir planes de mejora al proceso

Los planes son la base para optimizar el proceso y mejorar el desempeño de las cuadrillas. Estos planes deben contener una descripción clara de lo que se persigue, los recursos requeridos, el tiempo para lograr

su implementación y los beneficios a obtener cuando el plan de mejora esté implementado.

4.7 Cuantificar beneficios obtenidos

La cuantificación de los beneficios es esencial para conectar a la gerencia con el proceso. Muchos procesos de mejora en mantenimiento fracasan porque sus objetivos no guardan relación con las metas financieras de la compañía. Los objetivos deben ser cuantificados y mostrados a la organización para apoyar el proceso de cambio en la organización.

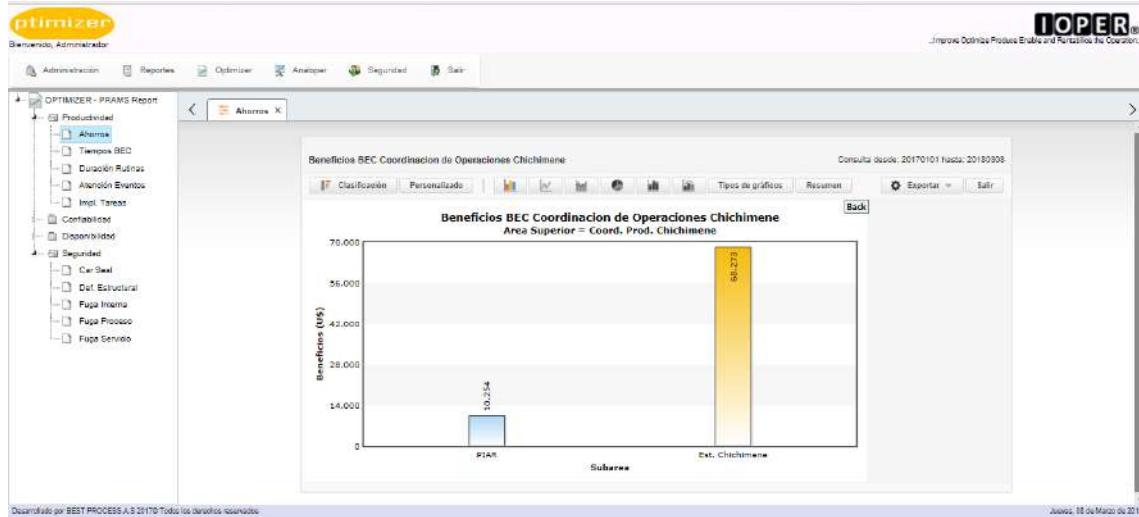


Grafico10. Beneficios alcanzados caso estudio Sector petrolero.

En el grafico se muestra los beneficios alcanzados por área en un caso en el sector petróleo en el cual se alcanzaron ahorros de mas de 75.000 USD. Con la implementación de las cuadrillas de Cuidado Básico de equipos.

Conclusiones y recomendaciones

- Si es posible reducir los costos del monitoreo de especialistas con la aplicación de las cuadrillas de cuidado básico de equipos.
- Las matrices de vibraciones, temperaturas y lubricación pueden ser construidas por personal menos

Bibliografía

- UNE-EN-60300-3-2008. Guía de aplicación recogida de datos de confiabilidad en la explotación.
 UNE-IEC-60300-3-10:2007. Guía de aplicación Mantenibilidad
 UNE- EN-61511-3:2006. Guía sistemas instrumentados de seguridad.

Optimizer. Software para administración y gestión de turnos de trabajo.

ISO 10816-3:2009. Mechanical vibration- Evaluation of machine vibration by measurements on non- rotating parts.

API RP 584. Integrity Operating Window (IWO)

Edison Córdoba Moreno. CMRP.

Gerente de producto en Best Process SAS. Ingeniero de Producción. M.Sc. en Ingeniería de Confiability Y Riesgo de la ULPG (España). Especialista en Gestión del Mejoramiento y Productividad de la Universidad del Rosario (Colombia). Experto en Ingeniería de Confiability de la ULPG (España). Con estudios adicionales a nivel de diploma en Transporte de Hidrocarburos líquidos por tubería, UIS y en Gas Natural, Asociación Colombiana de Gas. Experto en Mantenimiento Centrado en Confiability (RCM), Análisis FMEA/FMECA, Análisis de datos de vida de equipos (LDA), Ensayos acelerados de vida de componentes (QALT) y Análisis de confiabilidad de sistema (SRA). Análisis de causa Raíz –RCA. Experiencia de 25 años en el sector Oil & Gas en las áreas de refinación y petroquímica, producción y transporte de hidrocarburos.

Datos de contacto:

Teléfono: 3143469072

Email: Ecordoba@bestp.co

Cra 26 # 3A 272 T3 AP 902

Puerto Colombia, Atlántico. Colombia