

**Desarrollo e Implementación de Plan de Acción para Mejorar el Rendimiento de los
Analistas de Mantenimiento Predictivo de la Empresa Exterran Argentina en 2020-2022**

Ing. Luis A. De La Rosa

Universidad Empresarial SIGLO 21

Maestría en Administración de Empresas

Mgs. Ibrahim Barbery

Neuquén 22 de enero de 2024

Resumen

Este trabajo plantea un caso de estudio ampliado donde se analizan los aspectos que impactan en el rendimiento de los analistas de mantenimiento predictivo de la empresa Exterran Argentina y los resultados obtenidos luego de la elaboración e implementación de un plan de mejora, elaborado a partir de este análisis de estos aspectos.

Los conceptos sobre mantenimiento y en específico los de mantenimiento predictivo, así como las acciones trazadas en el plan de mejora en términos generales son aplicables a cualquier industria de producción continua ya que se enfocan principalmente en la gestión, estos se complementan con recomendaciones y conclusiones que dan una idea de cuando resulta o no conveniente la implementación del mantenimiento predictivo en una determinada industria.

Palabras Clave: Mantenimiento, mantenimiento predictivo (PdM), monitoreo de condición, equipo

Abstract

This work presents an expanded study case where we analyze the aspects that have an impact on the performance of predictive maintenance analysts of the company Exterran Argentina and the results obtained after the development and implementation of an improvement plan, which was prepared from the analysis of these aspects.

The concepts about maintenance and specifically those of predictive maintenance, as well as the actions outlined in the improvement plan in general terms, apply to any continuous production industry since they focus mainly on management, these are complemented with

recommendations and conclusions that they give an idea of when it is convenient or not to implement predictive maintenance in a certain industry.

Keywords: Maintenance, predictive maintenance (PdM), condition monitoring, equipment

Tabla de Contenido

Resumen.....	2
Abstract.....	2
Introducción.....	5
Método.....	20
Resultados.....	28
Discusión.....	68
Referencias.....	74

Introducción

Exterran es una empresa de origen americano producto de la fusión de las empresas Hanover y Universal Compression, dedicada principalmente al negocio de alquiler y venta de equipos motocompresores de gas, los cuales son utilizados para manejar el gas que se extrae de pozos productores de gas o gas asociado a la producción de petróleo.

Exterran cuenta con más de 60 años de experiencia en la industria de Oil & Gas y presencia en más de 30 países, dentro de Latinoamérica se destacan las operaciones en Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, México, Perú y Trinidad y Tobago. Siendo Exterran Argentina la operación que posee la flota de equipos más grande a nivel mundial, donde cuenta con bases en Neuquén, Comodoro Rivadavia, Tartagal y Río Gallegos, a las que se denominan distritos. El distrito Neuquén, está dividido en tres áreas operativas llamadas El Portón, Loma de La lata y Área Centro, y concentra más del 60% de la flota de equipos del país. Dentro de la lista de clientes de Exterran Argentina se encuentran compañías petroleras como Oxy, Pluspetrol, Exxon Mobil, CGC, Tecpetrol, Camuzzi, Chevron, YPF, Pan American Energy, entre otros.

El departamento de Operaciones de Exterran Argentina S.R.L, está integrado por las áreas de Operaciones, Mantenimiento, Proyectos e Ingeniería de Mantenimiento. Esta última brinda soporte a todas las áreas y en muchos casos sirve de puente entre los diferentes sectores que conforman el departamento de Operaciones, así como Administración, Compras y Almacenes, cumpliendo funciones de asesoría técnica, estudio y desarrollo de técnicas que faciliten y/u optimicen tanto el mantenimiento de los equipos e instalaciones como el control de la gestión del mantenimiento, procurando la mejora de los cuatro índices básicos del mantenimiento, como lo son la disponibilidad, la confiabilidad, la vida útil y el coste de explotación de los activos a lo largo de toda su vida. Los dos primeros índices son la base de la

mayoría de los contratos de servicios de la empresa y en función a sus valores mensuales, se realiza la certificación de los servicios y se establecen bonos o penalidades. Los otros dos determinan una parte importante de los costos de servicios y permiten establecer la proyección del presupuesto necesario para la operación.

El área de Ingeniería de Mantenimiento está compuesta por Soporte Técnico, Inspección Basada en Riesgo (RBI), Análisis de Fallas, Gestión de Activos y Mantenimiento Predictivo. Mantenimiento Predictivo, es un área fundamental que requiere de equipos especiales para realizar monitoreos de condición y analistas capacitados para usar estos equipos. A partir de la interpretación y análisis de los datos obtenidos en los monitoreos, se generan reportes que reflejan la condición real de los equipos, lo que permite plantear - o incluso desestimar- acciones específicas de mantenimiento sobre estos y así realizar una programación de ejecución de mantenimiento con un uso más eficiente de los recursos, procurando incrementar las horas de operación del equipo (Disponibilidad) y disminuir los costos asociados al mantenimiento.

Planteamiento y Formulación

Durante los últimos tres años, los analistas de mantenimiento predictivo no han logrado alcanzar la cantidad de monitoreos requeridos por el procedimiento corporativo de Exterran, el cual establece como regla general que se deben monitorear todos los equipos cada tres meses (2.100 horas de marcha), dicha frecuencia puede ser afectada por diferentes factores, tales como proximidad de mantenimientos preventivos de rutina, puesta en marcha de nuevos equipos, entre otros y debe ser definida en conjunto con el Jefe de Operaciones (JO) de cada distrito o área de operación. Así mismo la política corporativa para la aprobación de presupuestos para mantenimientos mayores, establece que para aprobar el presupuesto de ejecución de cada mantenimiento, se requiere que la solicitud de aprobación, denominada solicitud de gasto de

capital (Capital Expenditure Request - CPR), este acompañada de dos monitoreos de condición del equipo, que deben haber sido realizados dentro de un plazo de noventa días antes de la solicitud, de manera que se pueda determinar su condición real y establecer de forma más certera el alcance del mantenimiento, así como los costos asociados al alcance establecido. Una vez aprobado el presupuesto compras y almacenes procede a la adquisición y/o gestión de los repuestos y equipos necesarios para la ejecución del mantenimiento, los cuales deben estar disponibles para la fecha programada de ejecución.

La ausencia de monitores impacta directamente en los costos de mantenimiento, ya que los Jefes de Operaciones terminan estableciendo el alcance de los mantenimientos en base a su experiencia y a las rutinas estándar de mantenimiento (REM) que Exterran Argentina tiene establecidas, sin contar con información exacta sobre la condición de los equipos, afectando los costos de mantenimiento y la disponibilidad de los equipos. Contar con información exacta, permitiría anticipar problemas que pueden resolverse en el mantenimiento rutinario, evitando así paros inesperados de los equipos que afecten la disponibilidad, disminuyendo la certificación y, además, establecer el alcance de los mantenimientos ajustándolos a las necesidades reales de los equipos, evitando incurrir en costos adicionales. Por otra parte, no contar con los reportes de monitoreo, también retrasa la aprobación de los presupuestos de mantenimientos mayores, causando un efecto negativo sobre otros departamentos de la empresa, cuyo accionar está sujeto a las aprobaciones.

Analizar la situación actual y desarrollar e implementar un plan que permita mejorar el rendimiento de los analistas de Exterran Argentina, en un plazo de dos años, es fundamental para lograr alcanzar la cantidad de monitoreos de condición requeridos, de esta manera los procesos que requieren la información que estos proveen, fluirán de una mejor manera.

El plan debe ser desarrollado enfocándose en la estructura y los procesos, para establecer acciones concretas de mejora, que posteriormente y a partir de los cambios generados podrá impulsar innovaciones en la prestación de servicios para clientes tanto internos como externos.

Objetivos

Objetivo General

Determinar e implementar acciones para mejorar el índice de monitoreos de condición de los analistas de mantenimiento predictivo de Exterran Argentina en 2020-2022.

Objetivos Específicos

- Determinar qué factores internos y externos afectan el proceso de monitoreo de condición de equipos.
- Evaluar cuáles procedimientos internos y externos son los que reglamentan la ejecución de las mediciones y como afectan estos la ejecución.
- Establecer acciones de mejora que permitan incrementar el rendimiento de los analistas, mediante el uso de tácticas de innovación.
- Comprobar el impacto de la implementación de las acciones en el rendimiento de los analistas.

Justificación

Mediante el desarrollo e implementación del plan de acción, se espera obtener una mejora en el rendimiento de los analistas, lo cual desde el punto de vista operativo tiene el potencial de producir grandes ahorros en los costos de mantenimiento, contribuir a disminuir las fallas de los equipos incrementando la productividad de los mismos y lograr el cumplimiento del presupuesto de mantenimiento en los tiempos programados, evitando así desviaciones en el flujo de caja ocasionadas por la ejecución de mantenimientos fuera de fecha y causando un impacto positivo

en otros sectores de la empresa, procurando hacer más eficientes procesos internos, como la aprobación de presupuestos para la ejecución de mantenimiento, adquisición de repuestos para mantenimiento, planificación y programación de mantenimientos, entre otros. Además, evitando la contratación del servicio de monitoreo a proveedores externos, lo que ocasionaría mayores costos y dejaría información valiosa sobre el performance de los equipos de la empresa en manos de terceros. El proyecto propuesto es completamente viable desde el punto de vista económico, considerando que, en principio, el plan a desarrollar estará orientado a implementar acciones enfocadas en mejorar la estructura y los procesos.

Por otra parte, si tenemos en cuenta que los equipos utilizados en los monitoreos son muy costosos, requieren de personal muy capacitado y que Exterran es la única empresa que incluye el monitoreo como parte de su servicio de alquiler de equipos, con personal y equipos propios, estamos ante una ventaja competitiva, que ha sido poco explotada hasta ahora, considerando la tendencia creciente de la industria en la incorporación de monitoreos como un componente esencial de su estrategia de mantenimiento. El hecho de lograr consolidar el servicio predictivo mediante el uso más eficiente de los recursos existentes, permitiría no solo mejorar la prestación del servicio para los clientes actuales, proyectando una imagen de empresa que se ajusta a las tendencias más actuales de mantenimiento, sino también, valorar la posibilidad de expandirlo para ofrecerlo como servicio a clientes externos con equipos de compresión propios y clientes no tradicionales, que actualmente no se pueden atender y que representan un mercado cautivo, considerando la poca cantidad de empresas del sector que están en capacidad de brindar este servicio. Esto concedería otra ventaja adicional, dado que el predictivo como servicio para terceros, genera ventas de servicios de mantenimiento y repuestos asociados a la línea de negocios de Aftermarket Services (AMS), creando un círculo virtuoso a nivel de ventas de

repuestos y servicios. Agregando una fortaleza a la organización y posicionándola como proveedor integral de servicios para la compresión.

Otro aporte de este proyecto sería justificar un incremento en la cantidad de recursos del área, pues en base a los análisis previos a la implementación del plan de mejoras y los resultados obtenidos de su implementación, se puede sugerir ampliar la capacidad, mediante la compra de nuevos equipos y/o la contratación de personal adicional, si se confirma su necesidad y los beneficios obtenidos lo justifican.

Limitaciones de la Investigación

En esta investigación no se analizarán los eventos o condiciones detectadas en los monitoreos de condición, ni las respuestas o acciones que da el área de operaciones a los mismos.

El análisis incluye a todos los distritos donde Exterran Argentina tiene operaciones, a todos clientes de cada distrito y a todos los analistas que forman parte del equipo de mantenimiento predictivo, partiendo de los reportes emitidos durante el período comprendido entre 2017 y 2020, así como las condiciones que afectaron el servicio durante este periodo.

Marco Teórico

Concepto de Mantenimiento

En 1975, la Organización de las Naciones Unidas definía a la actividad final de cualquier entidad organizada como $\text{Producción} = \text{Operación} + \text{Mantenimiento}$, donde al segundo factor de este binomio, pueden ser atribuidas las siguientes responsabilidades:

- Reducción del tiempo de paralización de los equipos que afectan la operación.
- Reparación, en tiempo oportuno, de los daños que reducen el potencial de ejecución de los servicios.

- Garantía de funcionamiento de las instalaciones, de manera que los productos o servicios satisfagan criterios establecidos por el control de la calidad y estándares preestablecidos.

(Tavares, 2014)

Partiendo de estas responsabilidades, definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. (García Garrido, 2010)

Para Moubrey (2004), mantenimiento es asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan. Mientras que para Medrano y González (2016), el mantenimiento es toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o empresa a fin de esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y a un costo razonable.

Evolución y Tipos de Mantenimiento

A lo largo de la historia el mantenimiento ha venido acompañando el desarrollo técnico industrial de la humanidad. Transitando un camino de evolución que ha permitido el desarrollo de múltiples modelos y teorías. Para entender el desarrollo del mantenimiento, es útil estudiar su evolución. J. Moubrey (2004) identificó notablemente la existencia de tres generaciones como las etapas del mantenimiento de las últimas décadas.

Primera Generación. Cubre hasta la Segunda Guerra Mundial. La industria no estaba altamente mecanizada, luego la indisponibilidad no importaba y la prioridad de prevención de fallas era baja. Además, la exigencia de esfuerzos mecánicos era muy baja y generalmente con factores de seguridad altos. Lo anterior hacía los equipos confiables,

y las rutinas de mantenimiento estaban generalmente basadas en limpieza y rutinas de lubricación, por lo que no requerían de mano de obra especializada.

Segunda Generación. Después de la Segunda Guerra Mundial, se incrementó el requerimiento de bienes, conjuntamente con una disminución de la mano de obra disponible, lo que motivó la mecanización. A fines de los años 50, existían máquinas de todo tipo y cada vez más complejas que perduran hasta estos días. Como característica de este período, el interés por la disponibilidad aumentó, al igual que el costo de los equipos; se inició el concepto del mantenimiento preventivo con mantenimientos mayores (Overhaul) a intervalos fijos, lo que generó el concepto de plan de mantenimiento.

Tercera Generación. Este período comenzó a mediados de los años 70 basado en las altas expectativas del mercado ante la creciente competencia. En esta época, adquiere gran importancia la disponibilidad, las fallas se hacen más complejas por la complejidad de la tecnología y la optimización de las máquinas. Se optimizan además otros aspectos, como los suministros. El concepto de confiabilidad comienza a ser un concepto clave y aparece la obligatoriedad de mejorar el mantenimiento, acompañado de nuevas técnicas como mantenimiento productivo total (TPM), mantenimiento predictivo o basado en condición (CBM), mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Tavares (2014), establece algunos conceptos importantes respecto a las estrategias o tipos de mantenimiento, como los son:

Mantenimiento Preventivo. Todos los servicios de inspecciones sistemáticas, ajustes, conservación y eliminación de defectos, buscando evitar fallas. El cual se puede dividir en dos clases:

Mantenimiento Preventivo por Tiempo. Servicios preventivos preestablecidos a través de una programación (preventiva sistemática, lubricación, inspección o rutina), definidos en unidades calendario (día, semana) o en unidades no calendario (horas de funcionamiento, kilómetros recorridos etc.).

Mantenimiento Preventivo por Estado o condición. Servicios preventivos ejecutados en función de la condición operativa del equipo (reparación de defectos, análisis predictivos, necesidades de reforma o revisión general etc.).

Mantenimiento Correctivo (Reactivo): Todos los servicios ejecutados en los equipos con falla.

Mantenimiento Predictivo (PdM): Servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, a través del análisis de síntomas o estimativa hecha por evaluación estadística, con el objetivo de predecir el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio o reparación - mantenimiento preventivo por estado o condición.

Es importante mencionar que, en el inicio del siglo XXI, la dirección de la mayoría de las empresas ha estado caracterizada por la aplicación de una amplia gama de técnicas de mejora de gestión, como: trabajo en equipo, cambios de costeo, calidad, sistemas de administración de información e incluso conceptos de autoayuda. Todas estas aplicaciones han empleado una gran parte de la capacidad de cambio de las organizaciones.

Mantenimiento Predictivo (PdM)

Arata y Furlanetto (2005) señalan que los planes de mantenimiento deberían ser contruidos seleccionando la mejor oportunidad de tiempo para asegurar la confiabilidad,

disponibilidad y costo efectivo total, sin embargo, esta afirmación está más cercana a una intención y no es simple de implementar.

El mantenimiento predictivo es una herramienta fundamental de mantenimiento, que permite lograr esta implementación, pero requiere de equipos especiales para realizar mediciones específicas y analistas capacitados para su interpretación, para generar reportes de monitoreo de condición de las máquinas/equipos, que permitan planificar la ejecución de los mantenimientos preventivos y estimar su costo, siendo su ejecución eficiente un factor esencial. Según la ISO 5500, Monitoreo significa determinar el estado de un sistema de un proceso o de una actividad. Para determinar el estado podría necesitarse revisar, supervisar u observar con sentido crítico y para los propósitos de la gestión de activos el seguimiento también puede referirse a determinar el estado de un activo. Esto generalmente se menciona como “seguimiento de condición” o “seguimiento de desempeño”. De esta manera se asegura la ejecución de los mantenimientos preventivos de los equipos en el momento exacto, en que estos interfieren en la confiabilidad del sistema. O como indica Tavares (2014) el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle asume valores indeseables. La determinación de ese punto trae como resultado, índices ideales de prevención de fallas, tanto en el aspecto técnico como en el económico, ya que, la intervención en el equipo no es efectuada durante el periodo en que aún está en condiciones de prestar servicio, ni en el periodo en que sus características operativas están comprometidas.

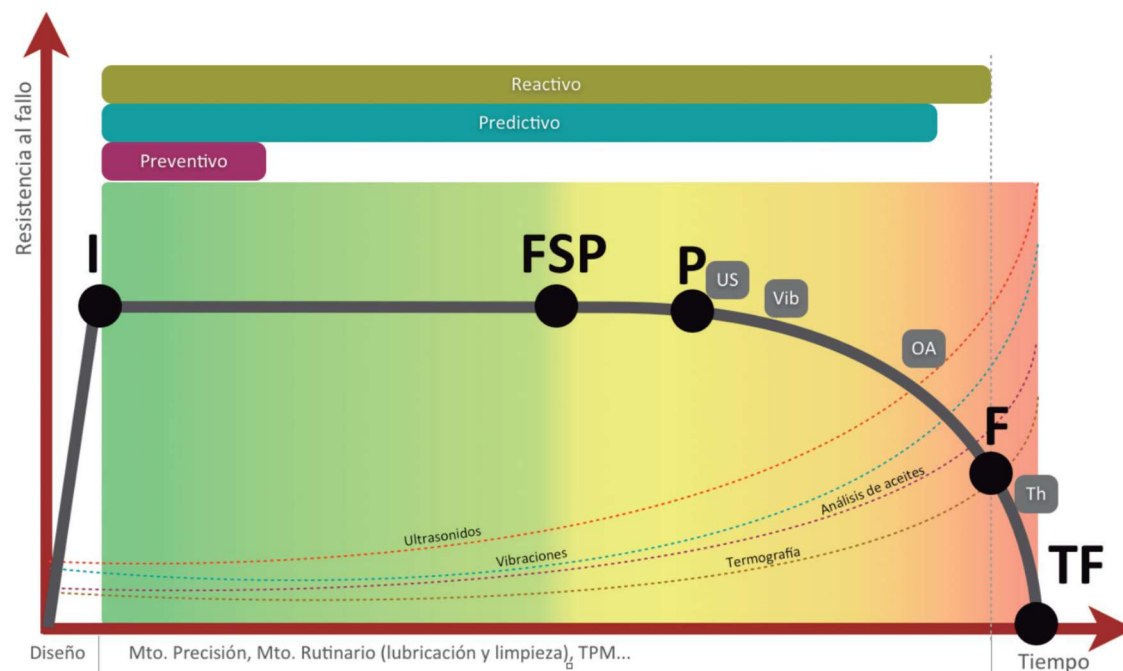
El objetivo principal de este tipo de mantenimiento es optimizar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos sin elevar el costo de mantenimiento. Su implementación evita paros ocasionados por averías, permite alargar los intervalos entre periodos destinados a mantenimiento y minimiza los tiempos de reparación, aumentando la fiabilidad de la planta. (Medrano Márquez & González Ajuech, 2017)

La Curva P-F

La curva PF es una representación gráfica del comportamiento de un equipo, máquina o componente, desde su entrada en servicio hasta el momento que presenta una falla que le impide seguir funcionando. Esta herramienta es de referencia obligada al calcular la frecuencia de inspección en la implementación de un programa RCM o PdM. (EVTECH SOLUCIONES INTEGRALES, 2019)

Figura 1

Curva P-F. (Tomada de EVTECH SOLUCIONES INTEGRALES)



La curva PF representa en el eje “X” al tiempo de vida del equipo, y en el eje “Y” representa la condición del mismo. Desde el punto más cercano al eje Y, en la parte superior izquierda de la ilustración y hasta la aparición del punto “P” (detección de la falla potencial), se puede pensar que el equipo ha estado trabajando en las mejores condiciones posibles. A medida

que el equipo avanza en el tiempo, la condición de este va cayendo desde el punto “P” hasta el punto “F”, el cual representa la falla incapacitante o falla funcional, cuando el equipo deje de cumplir su función. (EVTECH SOLUCIONES INTEGRALES, 2019)

De acuerdo con lo planteado por Ballesteros (2016), la curva P-F refleja perfectamente cuándo, cómo y, sobre todo, por qué debe aplicarse la estrategia predictiva para la optimización de los planes de mantenimiento. En la curva que se muestra en la Figura 1, observamos lo siguiente:

- **I:** Es el momento de la instalación. La etapa previa a I es la fase de diseño, construcción puesta en servicio.
- **FSP:** Es el momento cuando se produce el fallo, pero este punto no es realmente identificable, porque el fallo todavía no es detectable.
- **P:** Es el momento en el que se detecta el fallo mediante alguna técnica predictiva, prueba o inspección.
- **F:** Es el momento en el cual la máquina sufre un fallo funcional. Por ejemplo, si una bomba debe dar un determinado caudal o presión, y por un fallo no alcanza el nivel mínimo requerido para el proceso.
- **TF:** Es el momento donde la máquina alcanza su fallo total, a veces catastrófico.

La curva PF nos habla también en términos monetarios. Podemos ver como la solución al problema va aumentando de costo, a medida que se acerca a la falla funcional o más allá, a la falla total. (EVTECH SOLUCIONES INTEGRALES, 2019)

El Mantenimiento Predictivo como Estrategia

Partiendo de la curva PF observamos cómo las estrategias predictiva y preventiva obtienen más rendimiento del activo que la estrategia preventiva. (Ballesteros Robles, 2016)

La evolución desde una estrategia preventiva (de intervenciones a intervalos fijos) a una estrategia predictiva, más allá de la mejora en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, aporta múltiples beneficios, que son visibles en el mediano y largo plazo, entre los cuales se pueden destacar:

- Reducción del número de horas de exposición a riesgo del personal de mantenimiento, lo cual incide en la reducción de accidentes y en los índices de seguridad, que a su vez impactan en los costos relacionados con primas de seguro, esto como consecuencia de la reducción del índice de intervenciones/año de los equipos.
- Los datos de la monitorización aportan información valiosa para realizar los Análisis Causa Raíz de las fallas, esto permiten establecer patrones de falla y contribuir al fortalecimiento de la plantilla de operaciones, mediante la divulgación de los hallazgos realizados, procurando así la mejora continua y la reducción de fallas en general, especialmente de las fallas catastróficas. Estos datos también conforman elemento claves al momento de soportar reclamos de garantía a proveedores de equipos nuevos, repuestos o servicios.
- Se fomenta una actitud proactiva, ya que los Jefes de Operaciones y supervisores que han estado más abiertos a la implementación de la estrategia predictiva han experimentado de primera mano sus beneficios y son ellos quienes en muchos casos, ante una desviación operativa que puede ser la condición previa a una falla, solicitan el servicio para descartar o confirmar la posibilidad de falla, lo cual refleja además la confianza que tienen en los monitoreos.
- Los analistas que están asignados a áreas específicas y que monitorean frecuentemente un conjunto de equipos, tienen un mejor conocimiento de los mismos y en general

mantienen una comunicación continua con el personal del área, que les permite contar con el apoyo de personal de mantenimiento para corregir desviaciones incluso en el momento que son detectadas, evitando así tiempos de espera que pueden incrementar la probabilidad de ocurrencia de las fallas.

- La implementación de monitoreos en la puesta en marcha de nuevos equipos o equipos que han sido sometidos a mantenimientos mayores disminuye el riesgo de fallas en las etapas iniciales de la entrada en servicio, comúnmente llamada mortalidad infantil, lo que contribuye a dar la imagen de empresa comprometida con la confiabilidad de los equipos que entrega.

Optimización del Mantenimiento

El primer paso que debemos dar cuando se habla de mejoramiento en el ámbito de la mantención es definir sus rangos de aplicación: por actividad de mejoramiento se debe entender no sólo aquella que se refiere a las plantas/equipos, sino también la del ambiente organizacional. En este caso, si bien se puede identificar algunos subprocesos críticos, como la identificación de las causas recurrentes de averías, o el análisis de las modalidades de avería, será interesante analizar cómo cada empresa concibe y estimula el mejoramiento en mantención, en cuáles subprocesos concentra sus esfuerzos, qué métodos emplea, y antes aún, si existe un esfuerzo de mejoramiento claramente definido. (Arata & Furlanetto, 2005)

Una forma de optimización consiste en evaluar constantemente el rendimiento global de la plantilla, identificando:

- Diferencias de productividad entre operarios, determinando las razones de los altos y los bajos rendimientos.
- Momentos de la jornada más y menos productivos.

- Conjunto de actividades improductivas que pueden ser evitadas o disminuidas. (García Garrido, 2010)

Los recursos empleados en mantención consisten en el conjunto de valores profesionales, bienes y servicios necesarios para el desarrollo óptimo de las tareas asignadas a dicha función. Fundamentalmente, se pueden resumir como: recursos humanos; materiales técnicos y medios. Administrar estos recursos significa utilizarlos en forma racional e implementar un proceso de mejoramiento continuo a fin de que su uso sea lo más eficiente y eficaz posible. Para cada una de las tipologías señaladas anteriormente, se trata de obtener aspectos característicos que permitan identificar los criterios y modalidades de gestión eficaz. La gestión de los recursos se debe planificar adecuadamente, y uno de los instrumentos de evaluación también es el presupuesto de mantención, cuyo proceso se inserta en el proceso más general del presupuesto de la empresa. (Arata & Furlanetto, 2005)

En este sentido la definición de objetivos claros para el área de mantenimiento y para las personas que conformar los diferentes equipos, juega un papel primordial, a lo largo de los años se han desarrollado múltiples metodologías que apuntan a mejorar el proceso de establecer estos objetivos, siendo una de las populares la metodología S.M.A.R.T, la cual fue introducida en 1981 por George T. Doran (1981), la cual establece, que los objetivos deberían ser:

- Específicos: apuntar a un área específica de mejora
- Medibles: cuantificar o al menos sugerir un indicador de progreso.
- Asignables: específicos para quién lo realizara.
- Realistas: que indique qué resultados se pueden lograr de manera realista, dados los recursos disponibles.
- Relacionado con el tiempo: específico cuando se pueden lograr los resultados.

Entendiendo que estos criterios no dicen que todos los objetivos deban ser cuantificados en todos los niveles de gestión. En determinadas situaciones no es realista intentar la cuantificación, especialmente en puestos de mando medio, ya que los gerentes y corporaciones en ejercicio pueden perderse el beneficio de objetivos más abstractos y el desarrollo de un plan de acción que es realmente importante. Por lo tanto, una gestión seria debe centrarse en ambos y no sólo en los objetivos. (Doran, 1981)

Otro elemento clave para la optimización es la introducción de la innovación que como plantean Kelley, Pikkell y Quinn (2013), puede estar enfocada en términos prácticos en diez tipos, que se dividen en tres grupos que son: la configuración, la oferta y experiencia, siendo la configuración, que incluye a la estructura y los procesos, centrándose en el funcionamiento más profundo de una empresa y su sistema de negocios, un buen punto de partida para desarrollar tácticas de innovación, que serviría de plataforma para impulsar otro tipo de innovaciones en la oferta o la experiencia de los clientes.

Método

Enfoque de la investigación

La presente investigación presenta un enfoque mixto, cuantitativo y cualitativo.

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta-inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista, 2014)

Lieber y Weisner (2010) señalan que los métodos mixtos “capitalizan” la naturaleza complementaria de las aproximaciones cuantitativa y cualitativa. La primera representa los

fenómenos mediante el uso de números y transformaciones de números, como variables numéricas y constantes, gráficas, funciones, fórmulas y modelos analíticos; mientras que la segunda a través de textos, narrativas, símbolos y elementos visuales. Así, los métodos mixtos caracterizan a los objetos de estudio mediante números y lenguaje e intentan recabar un rango amplio de evidencia para robustecer y expandir nuestro entendimiento de ellos. La triangulación, la expansión o ampliación, la profundización y el incremento de evidencia mediante la utilización de diferentes enfoques metodológicos nos proporcionan mayor seguridad y certeza sobre las conclusiones científicas. Además, si se emplean dos métodos con fortalezas y debilidades propias que llegan a los mismos resultados, aumenta nuestra confianza en que éstos son una representación fiel, genuina y fidedigna de lo que ocurre con el fenómeno considerado (Todd y Lobeck, 2004). La investigación se sustenta en las bondades de cada aproximación y no en sus riesgos potencial.

En resumen, los métodos mixtos utilizan evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases para entender problemas en las ciencias (Creswell, 2013a y Lieber y Weisner, 2010).

Considerando lo expuesto, en esta investigación se recolectan datos cuantitativos históricos y actuales, por un lado, y cualitativos a partir de entrevistas o visitas de campo a las locaciones donde se ejecutan los monitoreos, por otro.

De igual manera se hace una revisión de todos los procedimientos y estándares del sistema de gestión de Exterran Argentina que regulan el proceso de monitoreo.

Además de las fuentes mencionadas, se solicitará información a la corporación sobre el desempeño de los analistas en otros países y qué prácticas están utilizando para optimizar el

proceso de medición, con la finalidad de compararlos con los de Argentina y ver su aplicabilidad dentro del contexto de local.

Diseño de la Investigación

Esta investigación se desarrolló con un diseño tipo estudio de caso, donde se incluyeron elementos descriptivos y explicativos sobre el área de mantenimiento predictivo de la Empresa Exterran Argentina.

Según Mongue (2010), con el estudio de casos se pretende encontrar nuevas evidencias o situaciones de un fenómeno, la diferencia de lo que se está estudiando con su universo, la formulación de nuevas teorías de la realidad social, lo que se busca es encontrar las respuestas a preguntas en un escenario y momento dado, de ahí que no son formulaciones de verdades universales.

Yin (1994), citado Castro Mongue (2010), señala que el estudio de casos es una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real. Una investigación de estudio de casos trata exitosamente con una situación técnicamente distintiva en la cual hay muchas más variables de interés que datos observacionales y, como resultado, se basa en múltiples fuentes de evidencia, con datos que deben converger en un estilo de triangulación; además, se beneficia del desarrollo previo de proposiciones teóricas que guían la recolección y el análisis de datos.

Yin (1994), también indica que uno de los principales prejuicios asociados a los estudios de casos es que sus conclusiones no son generalizables estadísticamente. Sin embargo, es claro que los estudios de casos no representan a una muestra de una población o de un universo concreto, por lo que no pueden ser generalizables estadísticamente, sino a proposiciones teóricas, ya que el objetivo del investigador es ampliar y generalizar teorías -generalización analítica- y no

enumerar frecuencias -generalización estadística-. Es así como el propósito de esta herramienta de investigación es comprender la interacción entre las distintas partes de un sistema y de las características importantes de éste, de forma tal que el análisis realizado pueda ser aplicado de manera genérica.

Los estudios de casos pueden incluir planes comerciales, análisis de documentos, entrevistas, cuestionarios, datos financieros, memorandos, encuestas y observaciones de las acciones e interacciones de directivos y de empleados, integrando información con el objetivo de comprender, en la medida de lo posible, el fenómeno que se está sometiendo a estudio (Meredith, 1998; Eisenhardt, 1989), citado por Castro Mongue (2010).

Muestra

La muestra para analizar está compuesta por los seis (06) analistas que forman parte del equipo de mantenimiento predictivo, los cuales conforman la población y están distribuidos en el territorio Argentino en los cuatro (04) distritos operativos.

Marco de Tiempo

Como marco de tiempo para esta investigación se tomó el periodo comprendido entre el 1 de Enero de 2020 y 31 de Diciembre de 2022.

Instrumentos de Recolección de Datos

Para el desarrollo de esta investigación se emplearon dos instrumentos de recolección de datos primarios, la entrevista y la observación. Estos instrumentos procuraban entender la naturaleza del proceso de monitoreo, qué personas participan del proceso y cómo; de qué manera se organiza y ejecuta; el ambiente en el cual se desenvuelven los analistas y que documentos se manejan, para así poder desarrollar teorías y describir situaciones reales, buscando indagar el por

qué, las causas y los efectos. Por otra parte, la recolección de datos secundarios se realizó mediante la revisión de documentos y registros históricos del área de mantenimiento predictivo.

Entrevistas

La entrevista es una técnica que consiste en recoger información mediante un proceso directo de comunicación entre entrevistador(es) y entrevistado(s), en el cual el entrevistado responde a cuestiones, previamente diseñadas en función de las dimensiones que se pretenden estudiar, planteadas por el entrevistador. (Bernal, 2012)

Para nuestra investigación se realizaron entrevistas a los Jefes de Operaciones de los diferentes distritos, los ingenieros de operaciones, los analistas y el Gerente de gestión Operativa.

El modelo de entrevista empleado fue semi-estructurada, la cual es una entrevista con relativo grado de flexibilidad tanto en el formato como en el orden y los términos de realización de esta para las diferentes personas a quienes está dirigida. (Bernal, 2012)

A continuación, se muestra el modelo de entrevista utilizado:

Tabla 1

Cuestionario para entrevista.

CUESTIONARIO PARA ENTREVISTA
PROCESO DE MONITOREO
1.- Que factores considera usted que tienen mayor impacto sobre el proceso de ejecución de los monitoreos de condición en su Distrito/Área operativa? Valore de 0 a 10 cada factor de acuerdo con el nivel de importancia que usted Considere. (Donde 0 indica que “no es importante y 10 que “es muy importante”)
(<input type="checkbox"/>) Planificación

Cantidad de Analista por máquina/área.

Tipo de tecnología utilizada

Gestión de documentos para ingreso a yacimientos

Distancia entre equipos

Distancia entre locaciones.

Otro. Cual _____

2.-Cuál(es) de estos factores cree usted Que se puede mejorar para hacer más eficiente el proceso de monitoreo. ¿cómo lo mejoraría?

3.- El personal de operaciones participa de forma directa o indirecta en la ejecución de los monitoreos? SI _____ NO _____

En caso de que su respuesta sea afirmativa, indique que personal participa:

Supervisores () Mecánicos () Operadores () Instrumentistas () JO ()

¿De qué forma? ¿Qué actividades realiza?

4.- Conoce usted Que procedimientos/estándares posee la empresa sobre el monitoreo de condición? SI _____ NO _____

¿Cuáles?

5.- ¿Conoce usted cuál es el tiempo promedio de ejecución de un monitoreo?

Horas aprox. No Sabe ()

FRECUENCIA

6.- Esta usted de acuerdo con la frecuencia que se está empleando para realizar los monitoreos?

SI _____ NO _____

¿Por qué?

CALIDAD DE MONITOREO

7.- Considera que los analistas cuentan con el nivel de capacitación requerido para realizar los monitoreos de condición? SI _____ NO _____

¿Considera que este factor influye sobre la cantidad de monitoreos realizados?

SI _____ NO _____

¿Por qué?

8.- ¿El formato de reporte de monitoreo resulta fácil de leer y completar en los campos que a usted le corresponde? SI _____ NO _____

¿Por qué?

Observación

La observación es un proceso riguroso que permite conocer, de forma directa, el objeto de estudio para luego describir y analizar situaciones sobre la realidad estudiada. (Bernal, 2012). El tipo de observación empleado en esta investigación fue Observación Participante, en este tipo de observación, el observador es parte de la situación que observa. De acuerdo con Cerda (1998), citado por Bernal (2010), una de las premisas del investigador que opta por tal técnica de obtención de información es que debe estar el mayor tiempo en la situación que se observa, con el propósito de conocer de forma directa todo aquello que a su juicio puede constituirse en información para el estudio.

Bernal (2010), plantea que debido a que hay diferentes alternativas de registro de información, es usual hablar de las siguientes medidas de los datos observados:

- *Frecuencia*: Hace referencia al número de veces que se da una determinada situación o conducta en el objeto de investigación.

- *Orden de aparición:* Se refiere a la secuencia en que se manifiestan las situaciones o conductas del objeto de estudio.
- *Latencia:* Es el tiempo que transcurre entre la aparición de un estímulo y la manifestación de la reacción ante ese estímulo.
- *Duración:* Es el período que dura la manifestación de una determinada conducta o variable objeto del estudio.
- *Intensidad:* Es la fuerza con la que se manifiesta el fenómeno que está observándose.

Revisión de datos históricos y documentos

Para la revisión de datos históricos, se tomó la base de datos del área de mantenimiento predictivo, específicamente de las planillas de reporte mensual de actividad, en el periodo comprendido entre el 1 de Enero de 2017 y 31 de Diciembre de 2019, evaluando el comportamiento de las siguientes variables:

- Cantidad de reportes de monitoreo de condición por distrito.
- Cantidad de reportes de monitoreo por analista.
- Cantidad de equipos a monitorear.
- Cantidad de analistas.
- Dispersión de los equipos a monitorear.
- Nivel de capacitación de los analistas.
- Años de experiencia de los analistas.

Esto con la finalidad de establecer relaciones entre estas variables y con los resultados obtenidos en las entrevistas y la observación.

La revisión de documentos se realizó para comprender como está planteado el proceso de monitoreo, según los procedimientos y estándares de la empresa tanto a nivel local como

corporativo, comprobar la relación entre estos procedimientos y estándares, para ver si son coherentes entre sí y para poder realizar una comparación entre lo descrito en los procedimientos y estándares con lo que realmente ocurre en campo, comprobando luego si estos se cumplen o no, en caso de que no se cumplan, el por qué, cuáles son las causas y que factores que están afectando el cumplimiento.

Participantes

El cuestionario de entrevista fue remitido a los seis Jefes de Operaciones y seis Ingenieros de Operaciones, que están a cargo de las áreas/distritos operativos de Exterran Argentina, vía correo electrónico.

Resultados

Resultados de la Recolección de Datos

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los instrumentos de recolección de datos:

Entrevistas

Se obtuvieron un total de trece cuestionarios completos, distribuidos de la siguiente manera: para los distritos Comodoro y Rio Gallegos, respondieron ambos entrevistados, sumando un total cuatro cuestionarios, en los distrito Noroeste Argentina y área Loma de La Lata, se obtuvo un cuestionario por distrito/área con la respuesta consensuada entre el Jefe de Operaciones y el Ingeniero de Operaciones, sumando dos cuestionarios, el área El Portón, que tiene Jefe, Subjefe e Ingeniero de Operaciones, completo tres cuestionarios.

El área Centro, por ser la de mayor dispersión geográfica de equipos y la única que atiende más cinco clientes, con contratos donde hay equipos que son operados por personal del cliente con soporte de mantenimiento con personal de Exterran (On Call), el Jefe de Operaciones remitió el

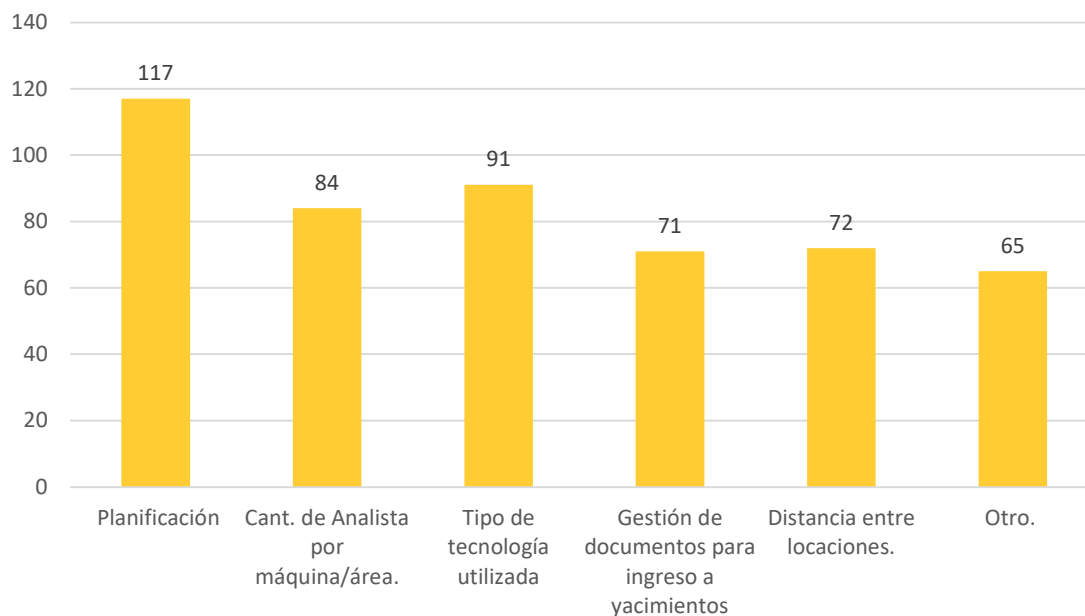
cuestionario a los supervisores que atienden las cuatro subáreas en las cuales se divide el área centro, para tener información más ajustada a la realidad operativa, sumando así cuatro cuestionarios más que completan el total de trece.

Las respuestas obtenidas a cada una de las preguntas fueron las siguientes:

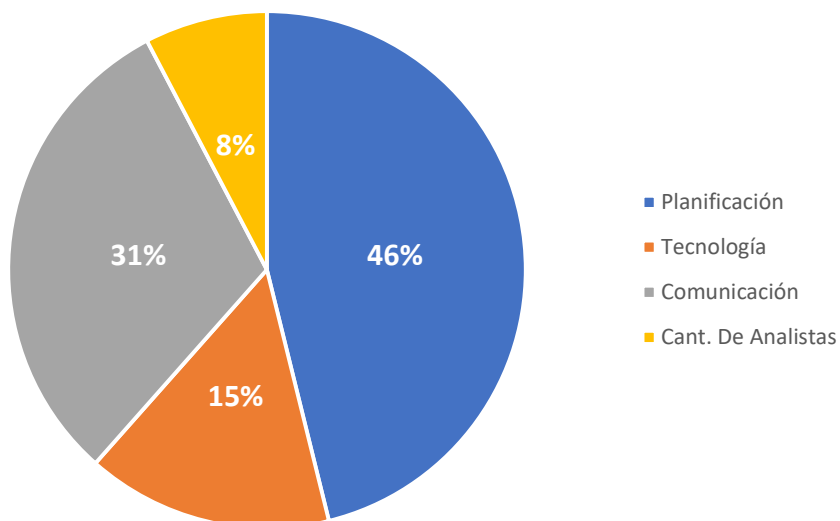
Pregunta N° 1: ¿Qué factores considera usted que tienen mayor impacto sobre el proceso de ejecución de los monitoreos de condición en su Distrito/Área operativa? Valore de 0 a 10 cada factor de acuerdo con el nivel de importancia que usted Considere. (Donde 0 indica que “no es importante” y 10 que “es muy importante”).

Figura 2

Factores con mayor impacto en la ejecución de los monitoreos



Pregunta 2: ¿Cuál(es) de estos factores cree usted que se puede mejorar para hacer más eficiente el proceso de monitoreo? ¿Y cómo lo mejoraría?

Figura 3*Factores clave para obtener una mejora***Tabla 2***Propuestas de mejora de en función de los factores considerados clave para la mejora.*

Factor	Propuesta
Planificación	Elaboración de un plan general
	Enfocar mediciones en unidades críticas
	Asignación de analista por área.
Tecnología	Mantener tecnología actualizada
	Asegurar que los analistas tengan todos los accesorios requeridos para las mediciones
Comunicación	Analizar/Explicar/Debatir resultados en sitio con el personal de operaciones

Factor	Propuesta
	Solicitar a la operación historial de eventos ocurridos desde la última medición
	Soporte y visitas de campo en conjunto con Ingeniería para resolver problemas complejos.

Pregunta 3: ¿El personal de operaciones participa de forma directa o indirecta en la ejecución de los monitoreos? En caso de que su respuesta sea afirmativa, indique que personal participa, de qué forma y qué actividades realiza.

Figura 4

Participación del personal de operaciones en la ejecución de monitoreos

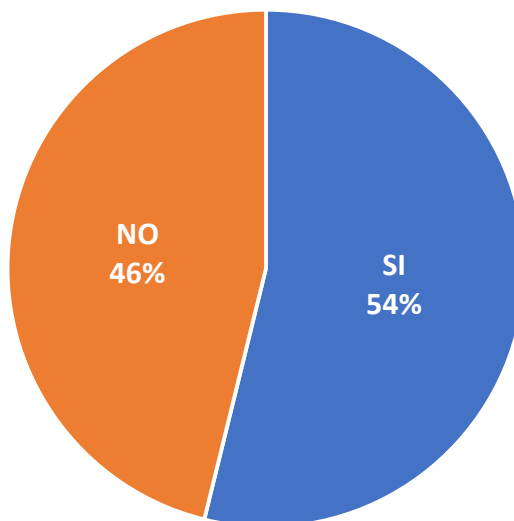
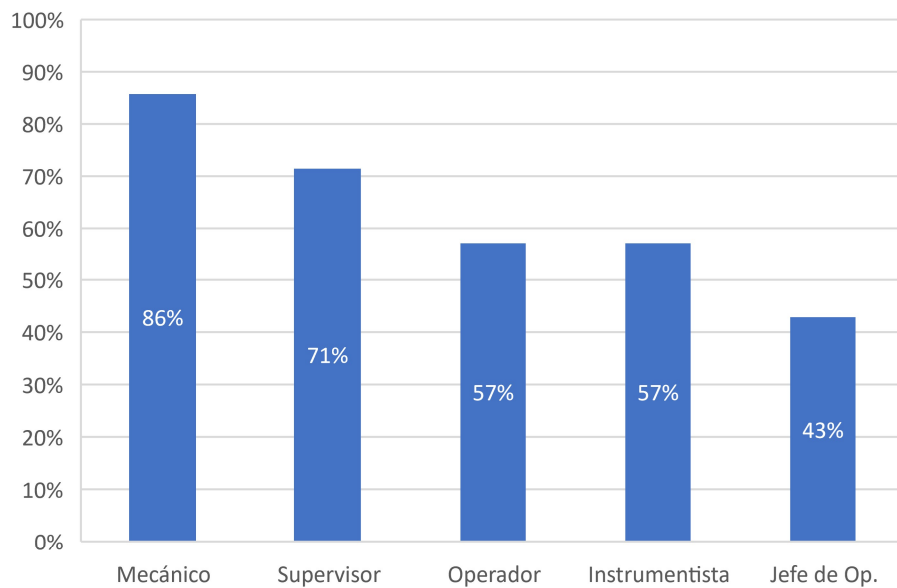


Figura 5

Participación del personal de operaciones en los monitoreos de acuerdo con su función

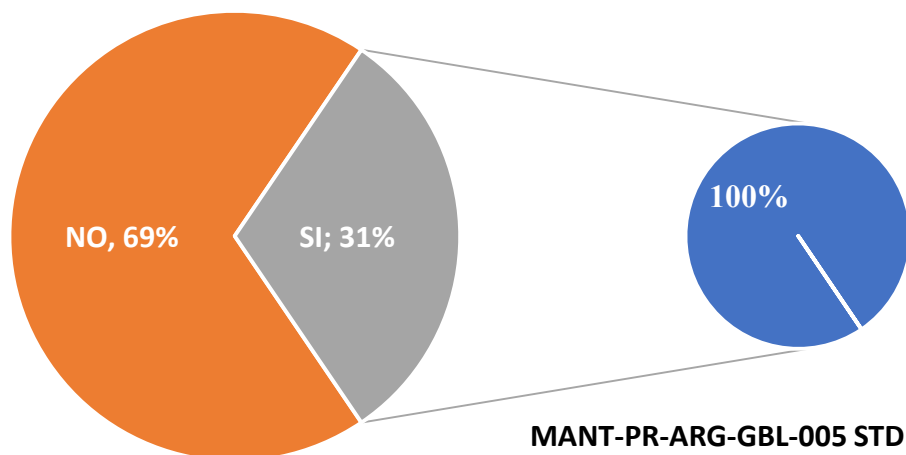


En todos los casos la participación es en forma indirecta. Jefes de Operaciones y Supervisores, en la programación de los servicios y el resto del personal se involucra luego del monitoreo, en la solución de los eventos detectados.

Pregunta N° 4: ¿Conoce usted Que procedimientos/estándares posee la empresa sobre el monitoreo de condición?

Figura 6

Conocimiento de procedimientos/estándares de monitoreo

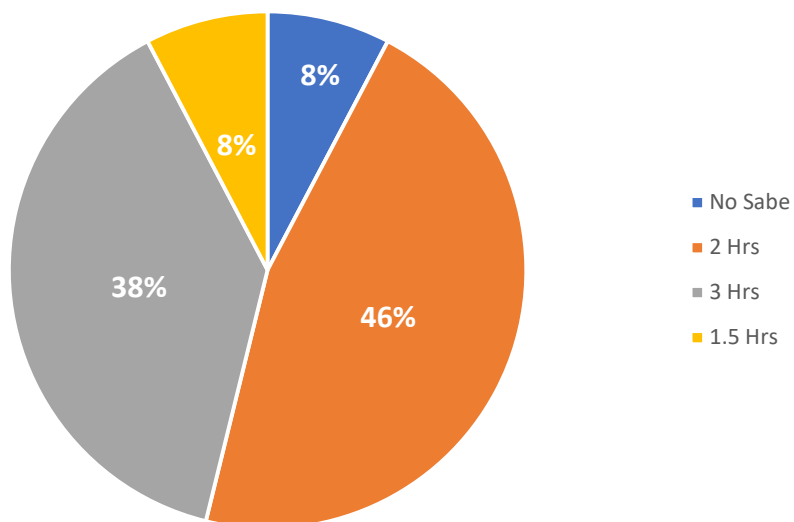


- 69% desconoce los procedimientos de la empresa sobre monitoreo de condición.
- 31% solo conoce el procedimiento emitido por Exterran Argentina.

Pregunta N° 5: Conoce usted ¿Cuál es el tiempo promedio de ejecución de un monitoreo?

Figura 7

Tiempo de ejecución de los monitoreos



Pregunta 6: ¿Está usted de acuerdo con la frecuencia que se está empleando para realizar los monitoreos? ¿Por qué?

Figura 8

Está de acuerdo con la frecuencia de monitoreos

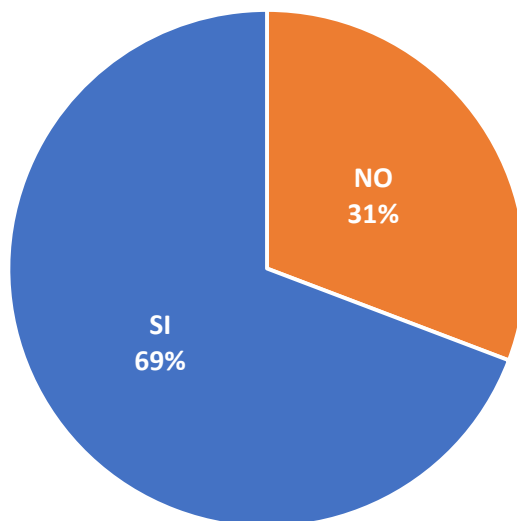


Tabla 3

Respuestas a porque SI y porque No está de acuerdo con la frecuencia de monitoreo.

SI	<p>Creo que es la frecuencia preventiva que nos ha dado resultado, las excepciones se solicitan puntualmente para realizar monitoreos extras.</p> <p>Da tiempo suficiente para ver evolución del equipo en casos donde las posibles fallas no se den tan seguido.</p> <p>No se ha generado una necesidad real de una mayor frecuencia de monitoreo, salvo en casos especiales, como Mantenimientos Mayores.</p> <p>Los hallazgos y recomendaciones realizadas son de importancia al momento.</p>
----	--

Me interesa la calidad y la información a analizar que nos pueda brindar.

Mas monitoreos es mejor, pero la mayoría requieren algún tipo de intervención. El periodo de monitoreo da un margen para esta intervención.

Porque permite al analista organizarse, sino necesitaríamos más personal. Y porque el equipo ya anduvo más de 2100 horas y estará cerca de un mantenimiento.

El monitoreo trimestral esa una frecuencia acorde porque que el personal, además realizan tareas de instrumentación de los equipos y de la planta con lo cual afecta su tiempo disponible.

NO Preferiría tener un monitoreo con frecuencia menor, pero se entiende que debido a la cantidad de unidades y de técnicos disponibles no se pueda mejorar. Debido a la gran baja de equipos, es posible que con los dos técnicos podamos pasar a 3 o 4 mediciones anuales por equipo.

Deberíamos tratar de alcanzar una medición cada 3 meses, cosa que en algunos equipos a veces no logramos. Si estoy de acuerdo en realizar los monitoreos antes de mantenimientos preventivos de 4200 y 8400hs.

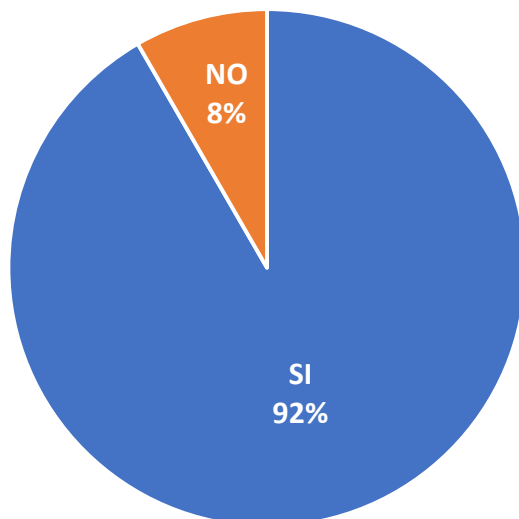
Debería ser con mayor frecuencia dado a que se están dilatando los mantenimientos mayores.

Deberían ser trimestrales, o bien antes de cada mantenimiento preventivo, especialmente en las operaciones On Call.

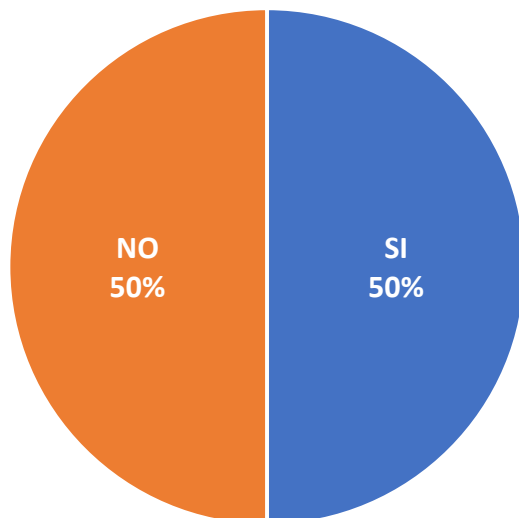
Pregunta 7: ¿Considera que los analistas cuentan con el nivel de capacitación requerido para realizar los monitoreos de condición? SI / NO ¿Considera que este factor influye sobre la cantidad de monitoreos realizados SI / NO

Figura 9

Considera que los analistas están capacitados para realizar los monitoreos

**Figura 10**

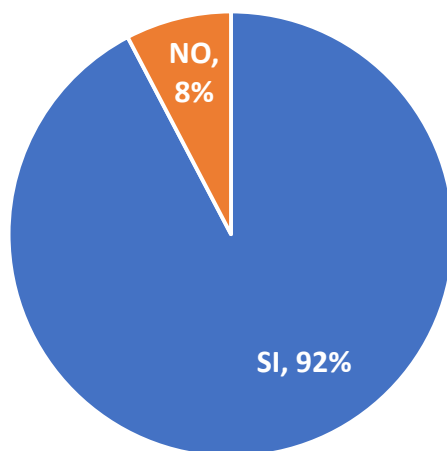
Considera que el nivel capacitación analistas influye en la cantidad de monitoreos realizados



Pregunta N° 8: El formato de reporte de monitoreo resulta fácil de leer y completar en los campos que usted le corresponden? SI / NO

Figura 11

¿El reporte de monitoreo resulta fácil de leer y de completar los campos que a usted le corresponden?



Análisis de Observaciones

En total se realizaron cuatro observaciones, durante las cuales se acompañó a los analistas del área de Neuquén, desde su salida de la base operativa, hasta su retorno a la misma. En dos monitoreos a cada uno y en dos locaciones distintas.

Observando cómo se desarrollaba todo el proceso, prestando especial atención a:

- Actividades que realiza el analista previo a la ejecución del monitoreo.
- Ejecución de actividades propias del monitoreo de condición. (Medición de valores sobre el equipo).
- Actividades que realiza el analista luego de la ejecución del monitoreo.

El objetivo principal de estas observaciones era determinar las condiciones que afectan el proceso incrementando el tiempo de ejecución.

A partir de las mismas, se determinó que:

- Tomando en cuenta las restricciones de velocidad que el analista debe cumplir cuando circula con vehículos de la empresa de acuerdo con la Ley, la normativa de la empresa y las normativas de los clientes. El tiempo de viaje de los analistas para ir y retornar de las locaciones, varía entre 3 y 11 horas dependiendo de la ubicación de la locación.
- Las actividades previas a la ejecución del monitoreo que consisten en firma de permisos y análisis de riesgos, considerando que son actividades programadas y rutinarias, toma como máximo 30 min.
- Los analistas ya tienen preelaboradas la rutinas y puntos de medición de cada equipo, haciendo que los monitoreos se ejecuten de forma más eficiente, en un plazo de 2 horas por equipo.
- Una vez finalizado el monitoreo, los analistas informan brevemente al personal de planta si se requiere de alguna acción inmediata sobre el equipo y aquellos hallazgos relevantes, en caso de que se requiera paro del equipo para una reparación u otra acción inmediata, el analista permanece en la locación hasta que se completa la reparación o acción, si la misma no supera las 3 horas de ejecución y verifica el impacto de esta sobre el equipo, en caso contrario, programa una nueva visita. Si no se requiere ninguna reparación o acción inmediata, el analista realiza el cierre del permiso de trabajo y se retira de la locación, esto toma 30 minutos aproximadamente.

Conversando con los analistas respecto a esta fase de cierre, indicaron que en muchos casos, a pesar de que los monitoreos fueron programados, no hay ningún personal operativo

de Exterran en las locaciones, por lo que no siempre se pueden ejecutar acciones inmediatas y la información de eventos detectados no puede ser discutida de forma directa con el personal que está en el día a día de la operación (Operadores, mecánicos e instrumentistas), a los cuales finalmente les llega la información a través, del reporte de monitoreo, una vez que el analista lo envía.

Considerando los tiempos planteados, un analista puede realizar un monitoreo por movilización y en el mejor de los casos dos monitoreos por cada movilización, siempre y cuando no se requieran reparación o acciones inmediatas sobre los equipos y se encuentren dos equipos dentro de una misma locación.

Es importante destacar que aquellas locaciones donde los tiempos de viaje son mayores a cinco (05) horas, se cuenta con campamentos para alojar al personal operativo y cuando los analistas van a realizar monitoreos en estas locaciones, se alojan en estos campamentos, para evitar el riesgo de viajar y no exceder el máximo diario de horas laborales. Lo que permite aprovechar mejor las movilizaciones, cuando hay más de un equipo en la locación a medir.

Luego de observar cómo se ejecuta el proceso de medición, se determinó que, al ser actividades rutinarias, que se efectúan sobre equipos ya conocidos y de forma programada, el proceso fluye de forma muy eficiente. Sin embargo, se pudo apreciar que salvo aquellos casos donde se requiere acción inmediata, los tiempos de viaje son el factor con mayor impacto sobre el tiempo total de ejecución y por ende en el rendimiento de los analistas.

Otro punto importante para considerar es el tiempo que requiere el analista, para completar y enviar el reporte de monitoreo, lo que implica analizar las mediciones realizadas y compararlas con mediciones previas, analizar otros datos complementarios a las mediciones, redactar el reporte

informando las desviaciones encontradas y las acciones de mejora recomendadas para cada una de estas desviaciones. Este proceso toma un tiempo promedio de dos horas por monitoreo.

Análisis de Datos Históricos

Los datos históricos que se muestran a continuación fueron obtenidos de la planilla de reporte mensual de actividad, la cual es completada mensualmente por el analista de soporte a la operación, el cual depende directamente del departamento de operaciones y se encarga de compilar la información de los reportes de monitoreo y elaborar los KPI, que se envían al corporativo de la empresa.

Tabla 4

Cantidad de reportes de monitoreo por distrito

Distrito	AÑO		
	2017	2018	2019
CMDR	155	116	111
NOA	57	83	91
NQN	321	226	314
RG	170	154	144
Total	703	579	660

Tabla 5

Cantidad de analistas

Distrito	AÑO		
	2017	2018	2019
CMDR	1	1	1
NOA	1	1	1
NQN	2	2	2
RG	1	1	1

A pesar de que el distrito Noroeste Argentina cuenta con dos analistas, a los efectos prácticos consideramos que hay uno, esto se debe a que ambos analistas se encuentran en áreas separadas en donde cumplen doble función siendo analistas e instrumentistas al mismo tiempo.

Tabla 6

Cantidad de reportes de monitoreo por analista.

Distrito	AÑO		
	2017	2018	2019
CMDR	155	116	111
NOA	57	83	91
NQN	161	113	157
RG	170	154	144

Tabla 7

Cantidad de equipos a monitorear

Distrito	AÑO		
	2017	2018	2019
CMDR	43	35	33
NOA	26	26	25
NQN	208	191	183
RG	43	46	44

Las variaciones en la cantidad de equipos, bajas o altas en los diferentes distritos, están sujetas a cambios requeridos por los clientes por temas operacionales y/o contractuales, como ejemplos citar, la disminución del gas disponible para manejar, por baja producción en un determinado yacimiento o la no renovación de un determinado contrato disminuyen la cantidad de equipos instalados, mientras que la firma de contratos con nuevos clientes o un incremento de producción por nuevos pozos en un determinados yacimiento sumarian equipos.

Tabla 8

Densidad de los equipos a monitorear por distrito

Distrito	Densidad (Equipos/Km ²)
CMDR	6.8×10^{-4}
NOA	4.1×10^{-3}
NQN	2.3×10^{-3}
RG	2.2×10^{-3}

Tabla 9*Nivel de capacitación de los analistas*

	Vibraciones	Análisis termográfico	Análisis dinámico de Motores	Análisis dinámico de Compresores	Tribología	Motores	Compresores
Analista CMDR	3	2	2	2	3	1	2
Analista NOA	2	1	1	2	1	1	1
Analista 1 NQN	2	1	1	1	1	1	1
Analista 2 NQN	2	1	1	1	1	1	1
Analista RG	3	2	2	2	2	1	1

El nivel de capacitación se estableció tomando en cuenta las capacitaciones recibidas por los analistas en siete áreas claves, valorándolas de 0 a 3, donde (0) indica que no recibió ninguna capacitación, (1) que recibió capacitación básica, (2) que recibió capacitación a nivel intermedio y (3) que recibió capacitación a nivel avanzado.

Tabla 10*Años de experiencia de los analistas vs Nivel de capacitación*

Distrito	Experiencia		Nivel de capacitación (Valor promedio de las competencias evaluadas)
	Como analistas	En la industria	
Analista CMDR	13	23	2,1

Distrito	Experiencia		Nivel de capacitación (Valor promedio de las competencias evaluadas)
	Como analistas	En la industria	
Analista NOA	17	17	1,3
Analista 1 NQN	2	14	1,1
Analista 2 NQN	2	2	1,1
Analista RG	13	17	1,9

Figura 12

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2019



Figura 13

Monitoreos por analista vs monitoreos por máquina 2017-2019



Si analizamos de forma conjunta los datos históricos. Podemos observar en términos generales que la cantidad de analistas se ha mantenido constante en todas las áreas durante los últimos tres años y que la cantidad de analistas respecto a la cantidad promedio de equipos, varía significativamente entre un distrito y otro, lo cual tomando en cuenta los tiempos de viaje y análisis para la elaboración de reportes, indica que los analistas del distrito Neuquén están sobrecargados de trabajo, pues de acuerdo a lo planteado en el análisis de observaciones, cada analista puede realizar un monitoreo por día, considerando que trabaja de lunes a viernes, tomando de lunes a jueves para realizar monitoreos y el día viernes para realizar los reportes, cada analista puede realizar cuatro (4) monitoreos semanales; si esto lo multiplicamos por la cantidad de semanas laborables del año, las cuales estimamos en cuarenta y cuatro (44), restando los días que corresponden a vacaciones, días feriados, compensatorios por convenio y ausencias por otros motivos, tenemos que un analista puede realizar ciento setenta y seis monitoreos (176) por año.

El distrito Neuquén tiene en promedio noventa y cinco equipos por analista, los cuales deberían ser analizadas cuatro veces por año, por tanto, cada analista debería realizar trescientos ochenta monitoreos (380) al año, lo cual es físicamente imposible, incluso si tomamos el mejor de

los casos donde una analista puede realizar dos monitoreos por movilización, en cuyo caso tendríamos un máximo de trescientos cincuenta y dos (352) monitoreos por año, por analista.

Con estos valores también podemos señalar que el resto de los analistas, de los distritos Comodoro, Noroeste Argentino y Rio Gallegos, estarían en condiciones de poder realizar cuatro monitoreos por máquina por año tal como lo plantea el requerimiento corporativo.

Por otra parte, al analizar la evolución de los monitoreos, tomando en cuenta la cantidad de máquinas distrito por distrito, podemos observar lo siguiente:

Distrito Noroeste Argentino (NOA)

Figura 14

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2019 – Distrito NOA

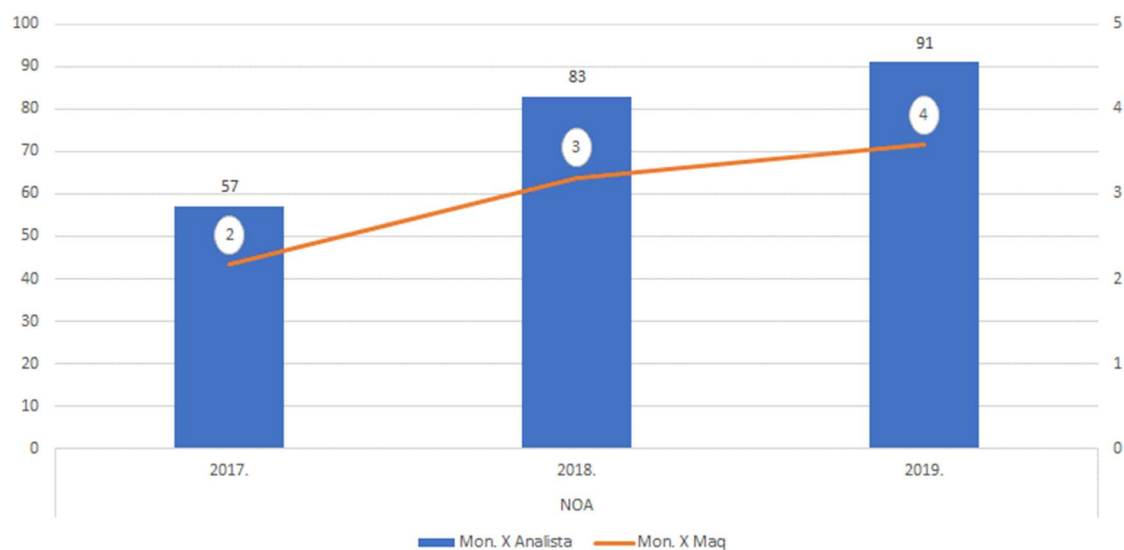
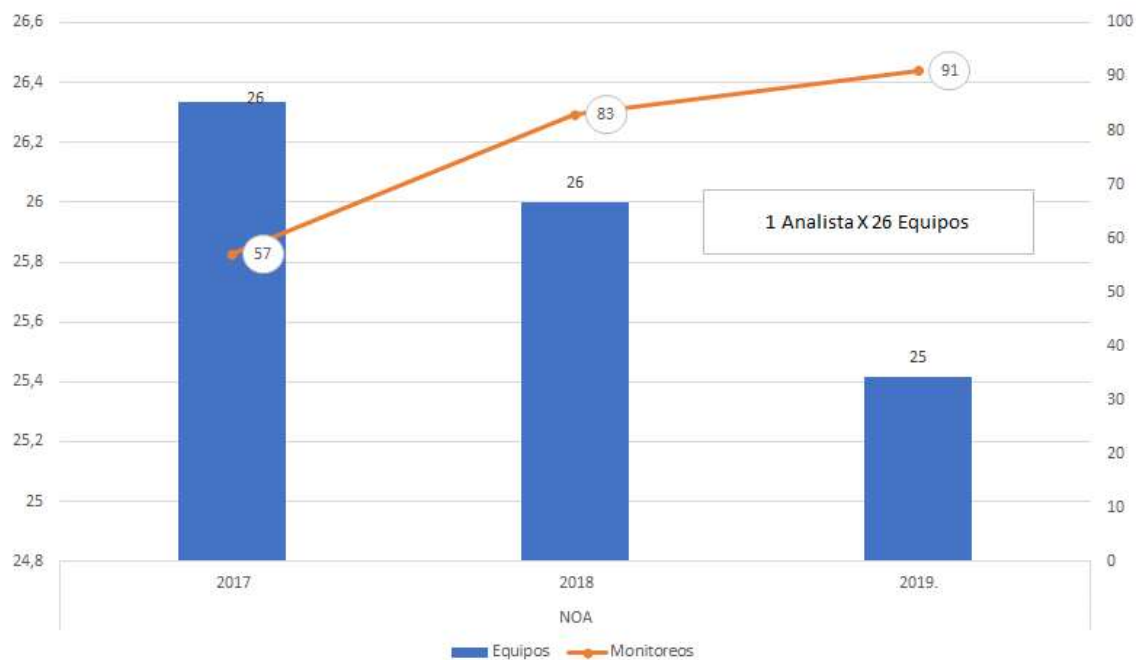


Figura 15

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2019 – Distrito NOA



La cantidad de equipos se ha mantenido constante, con una variación de apenas un equipo (4%), lo cual no produce mayor impacto en las mediciones, considerando los tiempos de ejecución que se analizaron en el análisis de observaciones. Además, se aprecia que la cantidad de monitoreos se ha incrementado progresivamente hasta alcanzar 91 monitoreos en 2019 un 59.6% más que en 2017.

Distrito Rio Gallegos (RG):

Figura 16

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2019 – Distrito RG

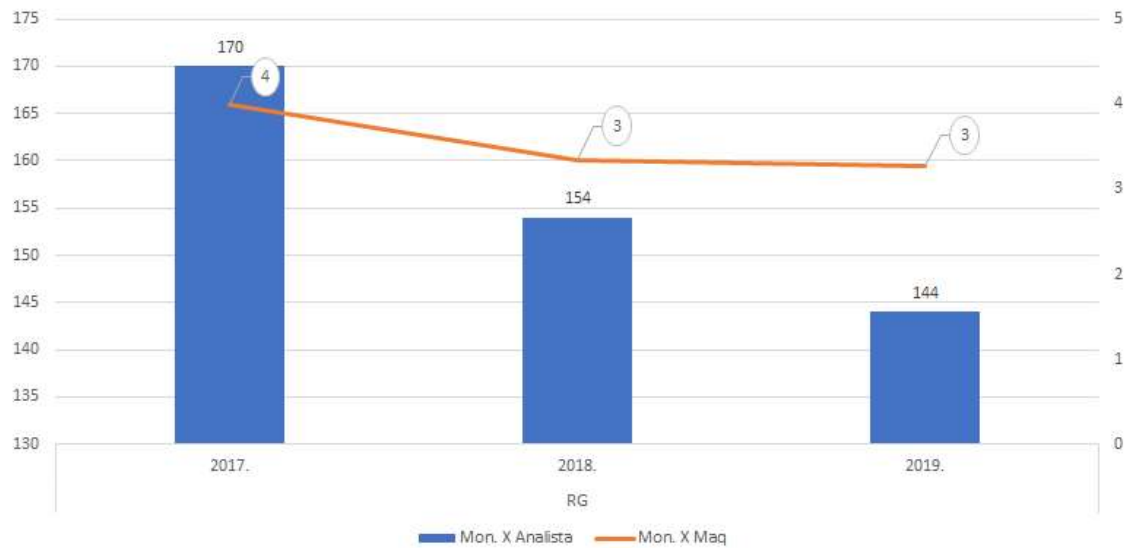
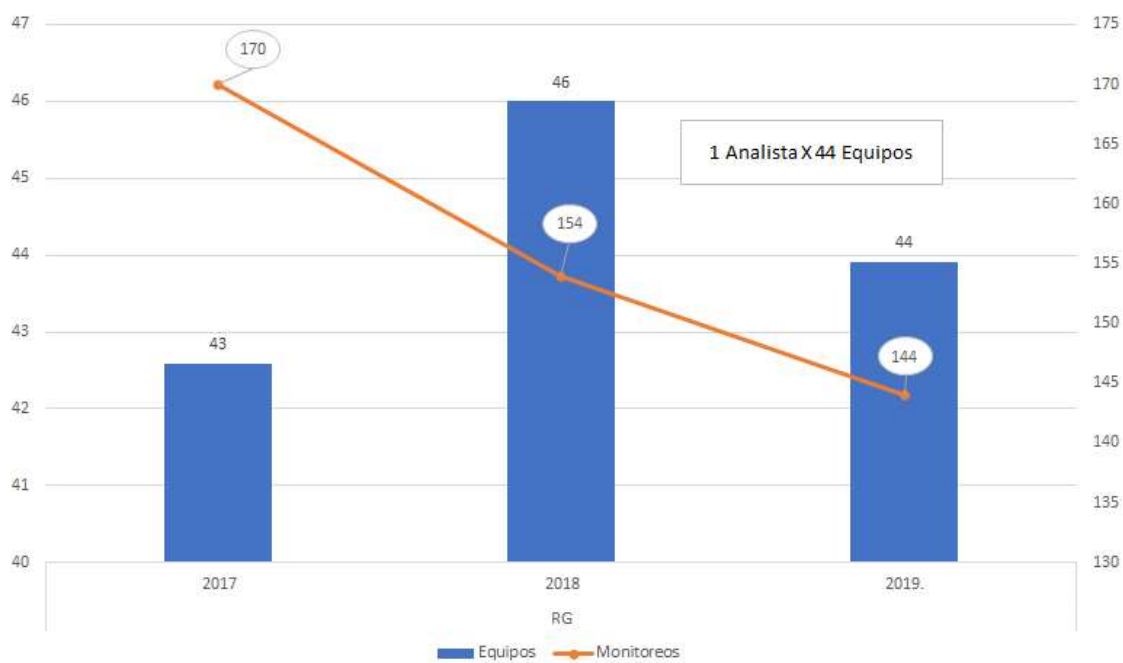


Figura 17

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2019 – Distrito RG



La cantidad de equipos se ha mantenido constante, con una variación de dos a tres equipos (6.8%), lo cual no produce mayor impacto en las mediciones, considerando los tiempos de ejecución que se analizaron en el análisis de observaciones. En este caso se observa una disminución progresiva en la cantidad de mediciones llegando en 2019 a un 15.3% menos, respecto a 2017.

Distrito Neuquén (NQN):

Figura 18

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2019 – Distrito NQN

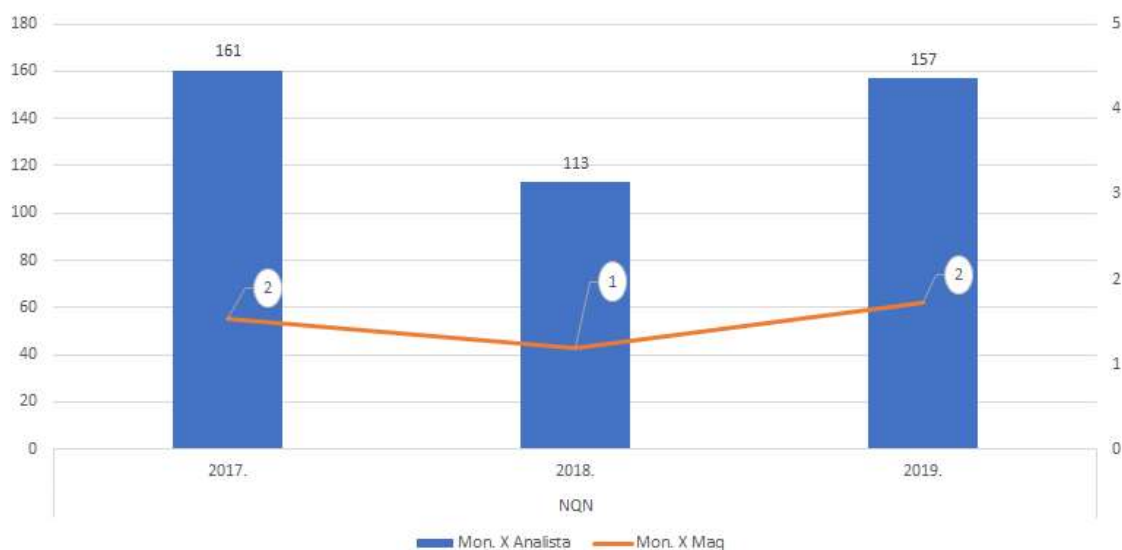
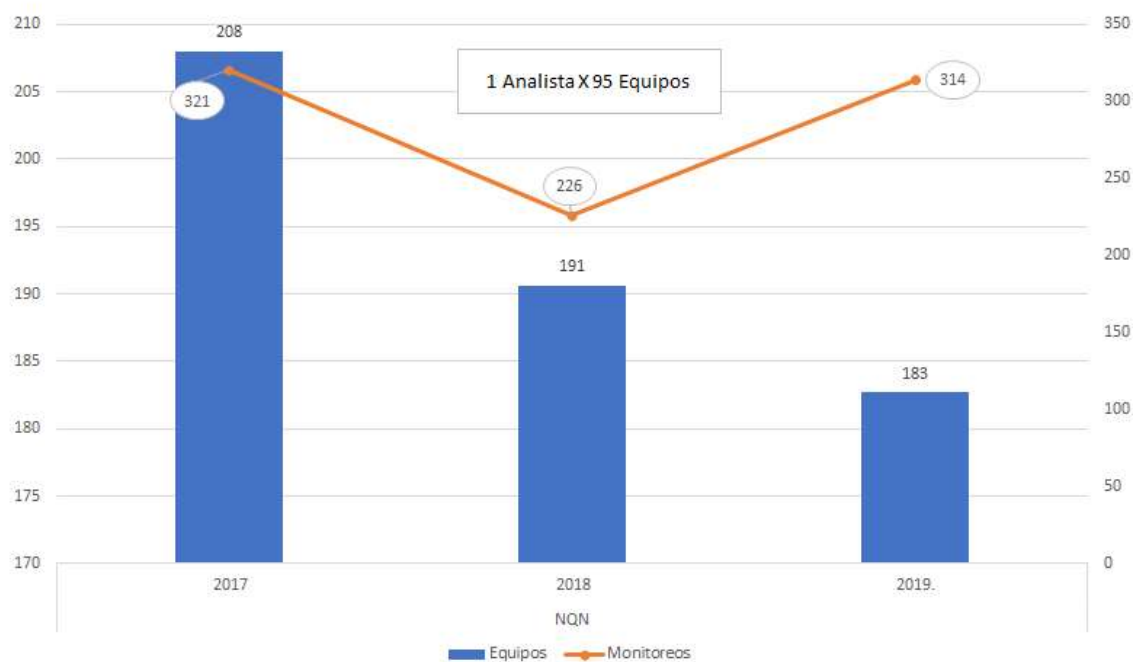


Figura 19

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2019 – Distrito NQN



La cantidad de equipos ha disminuido de forma progresiva, con una variación de veinticinco equipos, lo cual representa el 12% de la flota instalada en el distrito. En este caso se observa una disminución de los monitoreos de 8.2% en 2018, con una mejora en 2019, que llevo las mediciones un 2.2% por debajo de 2017. Lo cual, de acuerdo con lo planteado en el análisis de observaciones, se debe a que durante 2018 las bajas de equipo se produjeron principalmente en las áreas Loma La Lata y Neuquén Centro, áreas cuyas locaciones operativas son las más cercanas a la base de Neuquén, mientras que en 2019 las bajas de equipo se produjeron principalmente en el área El Portón, el área operativa con las locaciones más alejadas de la base Neuquén.

Distrito Comodoro (CMDR):

Figura 20

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2019 – Distrito CMDR

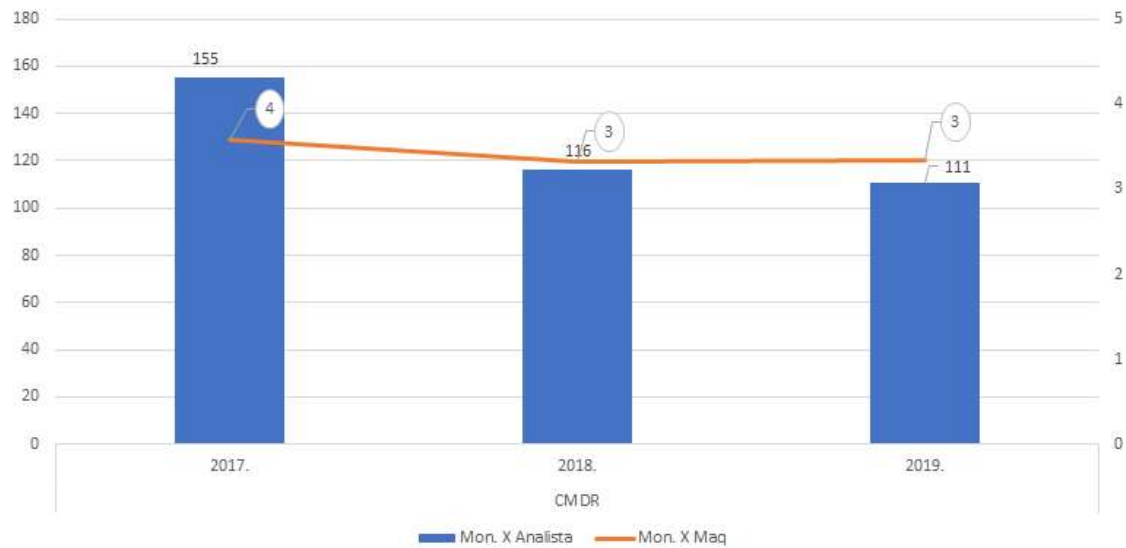
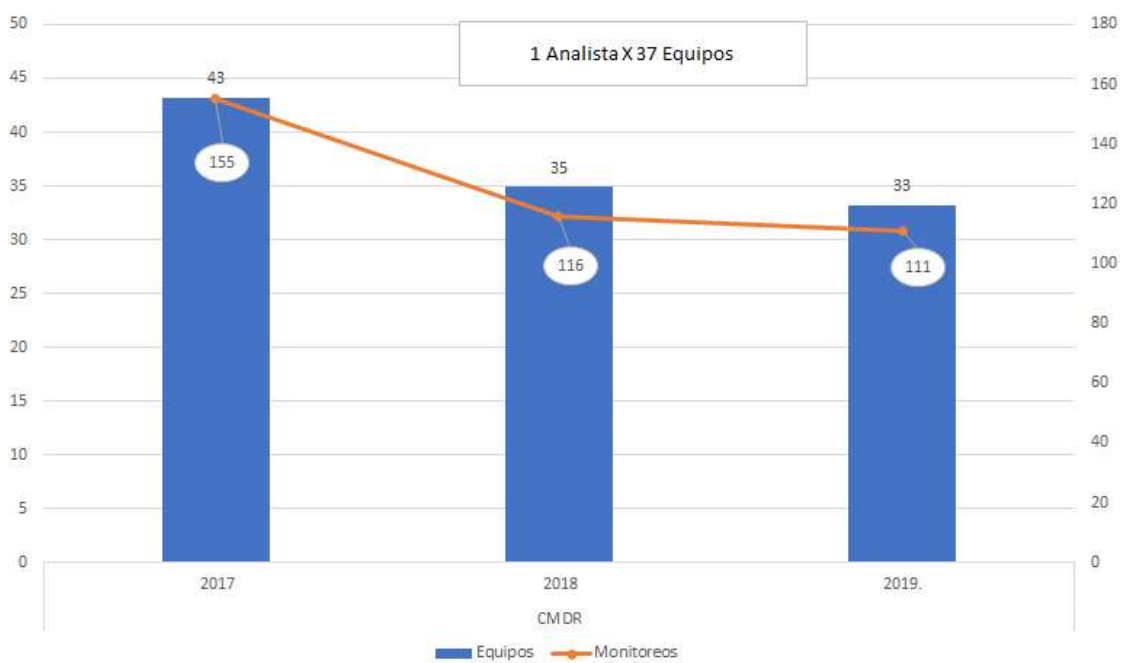


Figura 21

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2019 – Distrito CMDR



La cantidad de equipos ha disminuido de forma progresiva, con una variación de diez equipos, lo cual representa el 23% de la flota instalada en el distrito. En este caso se también se observa una disminución progresiva de los monitores llegando en 2019 hasta un 38.4% menos, respecto a 2017.

Análisis de Documentos

Durante la revisión de documentos se identificaron tres procedimientos que tiene relación directa con el mantenimiento predictivo y dictan las pautas para realizar los monitoreos de condición, estos procedimientos son:

- 4.05.09. REV0 “Compressor Package PdM Analysis Standard” de fecha 07 de Diciembre de 2018.
- 4.5.09A. REV 1 “Reciprocating Machinery Analysis” de fecha 12 de Septiembre de 2019.
- MANT-PR-ARG-GBL-005. REV1 “Estándar de Monitoreo de Condición” de fecha 5 de Mayo de 2016.

Los dos primeros fueron emitidos a nivel corporativo por la casa matriz en Houston y el tercero por Exterran Argentina. Al analizar estos documentos en base a cinco puntos clave, que surgen de las encuestas realizadas y el análisis de los datos históricos, como lo son frecuencia de monitoreo, metodología de planificación/programación, asignación de responsabilidades de los involucrados, cantidad de analistas por equipos a monitorear y planteamiento de métricas / KPI para seguimiento continuo, se detectó lo siguiente:

Tabla 11

Resultado de aspectos analizados en la revisión de documentos.

ASPECTO ANALIZADO	CODIGO DE DOCUMENTO		
	4.05.09. REV0	4.05.09A REV1	MANT-PR-ARG-GBL-005. REV1
Frecuencia de monitoreo	No se establece	Cada 3 meses – 4 veces/Año (2.100 horas)	Cada 6 meses – 2 veces/Año (4.200 horas). En caso de que no se pueda realizar de esta manera por razones de cantidad de equipos, la frecuencia se verá afectada y se tendrán en cuenta los siguientes factores: <ul style="list-style-type: none"> • Proximidad a reparaciones mayores. • Criticidad de equipos • Condición (estado mecánico) del equipo. • Necesidad de dar seguimiento a casos especiales.

ASPECTO ANALIZADO	CODIGO DE DOCUMENTO		
	4.05.09. REV0	4.05.09A REV1	MANT-PR-ARG-GBL-005. REV1
			<ul style="list-style-type: none"> • Categoría de la inspección.
Metodología de planificación/programación	No se establece	No se establece de forma específica.	Se establece de forma específica que la planificación/programación se realizara en función de las horas de operación y la frecuencia establecida de monitoreo, tomando en cuenta los factores que la puedan afectar.
Planillas para el control y registro de la planificación/programación	No se establece	No se establece de forma específica.	Se estable una planilla para la planificación y se indica que la misma debe ser enviada a los analistas entre los días 20 y 25 de cada mes.
Asignación de responsabilidad de los involucrados	No asigna de forma directa ninguna responsabilidad a	No asigna de forma directa ninguna responsabilidad a los	No asigna de forma expresa responsabilidades de planificación y

ASPECTO ANALIZADO	CODIGO DE DOCUMENTO		
	4.05.09. REV0	4.05.09A REV1	MANT-PR-ARG-GBL-005. REV1
	los involucrados en el proceso.	involucrados en el proceso.	programación a ninguno de los involucrados en el proceso. Solo señala que el cronograma debe ser enviado a los analistas del distrito y/o responsable de armar dicha planificación.
Cantidad de analistas por equipos a medir	No se establece	No se establece	No se establece
Métricas / KPI para seguimiento continuo	No se establecen	No se establecen	Se establecen los siguientes KPI: <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de reportes emitidos por mes. • Cantidad de recomendaciones realizadas. (Eventos detectados). • Cantidad de respuestas recibidas.
Planillas para el control y registro de monitoreos	No se establecen	No se establecen	Se establece el formato de reporte de monitoreo.

ASPECTO ANALIZADO	CODIGO DE DOCUMENTO		
	4.05.09. REV0	4.05.09A REV1	MANT-PR-ARG-GBL-005. REV1
			<p>Se establece que los monitoreos deben ser registrados en el software de gestión de la empresa, mediante una orden de trabajo.</p> <p>Se establece un reporte mensual de actividad que debe ser emitido como máximo dentro de los 10 primeros días de cada mes y enviado a los analistas, jefes de operaciones, gerente de mantenimiento, gerente de gestión operativa y gerente de operaciones.</p>

Plan de Mejora

Acciones de Mejora

En función de los resultados obtenidos de los diferentes instrumentos utilizados, se plantearon las siguientes acciones:

- Considerar para la planificación y programación únicamente el procedimiento local MANT-PR-ARG-GBL-005. REV1., de conformidad con los resultados de la encuesta y de las observaciones, esto implicara realizar la planificación y programación, tomando como base la frecuencia y los factores que impactan la frecuencia allí establecidos, que tal como se apreció en el análisis de documentos es de dos monitoreos por año por equipo, una frecuencia menor a la establecida en el procedimiento corporativo.

Para ejecutar esto, será necesario comunicar el desvío en la diferencia de frecuencias, al departamento de calidad quien es el responsable de la gestión de documentos y solicitar aprobación, tanto a la gerencia operativa de Argentina como al corporativo. Planteando una revisión del procedimiento local en un plazo de veinticuatro (24) meses, con la finalidad de crear un periodo de ajuste (24 meses), durante el cual se puedan obtener los recursos para cumplir con el requerimiento corporativo.

- Establecer formalmente en el procedimiento local MANT-PR-ARG-GBL-005. REV1., la planilla de registro de monitoreos, para el seguimiento detallado de todos los monitoreos realizados por todos los analistas de la empresa, ya que, aunque existe y se tomó como base para la obtención de los datos planteados en este estudio, no se muestra el formato estándar de la misma, ni su código dentro del sistema de gestión.
- Establecer el procedimiento local MANT-PR-ARG-GBL-005. REV1., responsabilidades para la planificación y programación, seguimiento y control de los monitoreos. Designando

a un ingeniero de mantenimiento como responsable de la planificación anual, seguimiento y control continuo de los monitoreos, y a los ingenieros de operaciones de cada área, como responsables de la programación mensual, asignándoles de forma específica la responsabilidad de completar la planificación y programación, dentro de los plazos de elaboración y comunicación/divulgación, establecidos en el procedimiento.

- La planilla de reporte mensual de actividad deberá ser actualizada de forma continua por un ingeniero de mantenimiento, es decir, una vez recibido un reporte de monitoreo, este deberá ser cargado en la planilla en un plazo máximo de 72 horas luego de su recepción.
- Establecer un canal de comunicación formal que permitan acceso rápido a la información para:
 - Mantener informados a los analistas y responsables operativos, sobre la planificación y programación de los monitoreos, así como el detalle de los monitoreos realizados.
 - Cargar y compartir todos los reportes asociados al proceso e intercambiar información entre los analistas y los responsables operativos, sobre el estado de los equipos antes y después de la ejecución de los monitoreos.

Para lograr esto, se creará con el apoyo del departamento de informática (IT), un sitio en la intranet de la empresa (SharePoint) para almacenar la planificación y programación, así como los reportes de monitoreo emitidos por los analistas, de manera que todos los involucrados puedan tener acceso rápido para realizar consultas y llevar el seguimiento de lo ejecutado. Otorgando permisos de lectura y/o escritura, según el perfil de los usuarios y asegurando que se realicen al menos dos capacitaciones al año sobre el uso del SharePoint,

- Establecer objetivos de cantidad de monitoreos para cada analista, que se ajusten a la situación real de cada analista, bajo la metodología S.M.A.R.T, ya que como se puede observar en el análisis de documentos, no se tienen establecidas métricas específicas, que permitan hacer seguimiento continuo del performance de los analistas.

Tomando en cuenta esto y la información obtenida en las observaciones, se establecerán para un periodo de año, durante los próximos dos años, los siguientes objetivos por analista y por áreas específica:

- Para los analistas del distrito Neuquén 176 monitoreos por analista por año. Este valor se obtiene considerando 4 monitoreos por semana, por un estimado de 44 semanas laborables, tal como se planteó en el análisis de datos históricos.
- Para los analistas de Comodoro, NOA y Rio Gallegos, tal como se indica en el procedimiento 2 monitoreos por equipo, por año.

La diferencia entre los objetivos de los diferentes grupos de analistas se debe a la cantidad de máquinas que hay en cada distrito, lo que hace imposible a los analistas de Neuquén puedan cubrir toda la flota, tal como se planteó en el análisis de datos históricos. De esta forma el objetivo de mediciones de los analistas de Neuquén es alcanzable.

- Asegurar la divulgación del procedimiento a todos los involucrados en su ejecución, mediante la publicación de un boletín del sector ingeniería de mantenimiento, indicando que el mismo es de cumplimiento mandatorio.
- Programar y realizar campañas de monitoreo específicas, para las locaciones más alejadas, con la finalidad de optimizar los tiempos de viaje de los analistas, a fin de lograr medir la mayor cantidad de equipos en cada movilización.

- Evaluar la posibilidad de programar la movilización del analista del distrito Comodoro a Neuquén, cada 3 meses, para realizar una campaña de monitoreo en el área El Portón que es que la implica mayor tiempo de viaje para los analistas del distrito Neuquén.
- Solicitar la incorporación de un nuevo analista y la adquisición de un nuevo equipo de monitoreo para el distrito Neuquén, pues como se observó en el análisis de datos históricos la cantidad actual de analistas no es suficiente para cubrir toda la flota instalada en el distrito. La obtención de ambos recursos requiere de un proceso de aprobación interno, además, el nuevo analista debe cumplir con un periodo de capacitación para que esté en condiciones de realizar monitoreos, de allí la propuesta de establecer 24 meses como periodo de ajuste, en previo a la emisión de un nuevo procedimiento.
- Establecer un presupuesto anual que permita la adquisición de accesorios para tener en stock para el reemplazo de aquellos que sufran deterioro por uso y adquisición inmediata de accesorios faltantes, para aquellos analistas cuyos equipos no cuentan con todos los accesorios de medición. Evitando así que los analistas tengan tiempo muertos debido a la falla o deterioro de en algún accesorio necesario para la medición.
- Evaluar resultados de la implementación luego de dos años.

Cronograma de Ejecución

Tabla 12

Cronograma de ejecución

ACCIONES	2020											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Actualizar procedimiento	■											
Establecer canales formales de comunicación.						■						
Divulgación del procedimiento a todos los involucrados en su ejecución.										■		
Establecer objetivos SMART.												■
Evaluar movilización de analistas entre distritos.				■								
Gestionar la incorporación de nuevos recursos				■								

Resultados de la Implementación del Plan de Acción

Debido a la pandemia de 2020 y tomando en cuenta que durante en ese año se desarrolló y comenzó la implementación del plan, los datos de 2020 no se consideraron dentro del análisis de resultados.

Figura 22

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2022



Figura 23

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2022



Distrito Noreste Argentino (NOA)

En 2021 hubo un descenso de 35.2% en los monitoreos, respecto a 2019, atribuible a la restricción de acceso que mantuvo la provincia de Formosa, donde se ubican ocho de los veinticinco equipos instalados en el distrito, es decir, el 32% de la flota instalada. Sin embargo, para 2022, una vez que se levantó la restricción, se logró mantener el nivel de monitoreos, el cual ahora cumple, tanto con el requerimiento de frecuencia mediciones del procedimiento local como los del corporativo.

Figura 24

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2022 – Distrito NOA

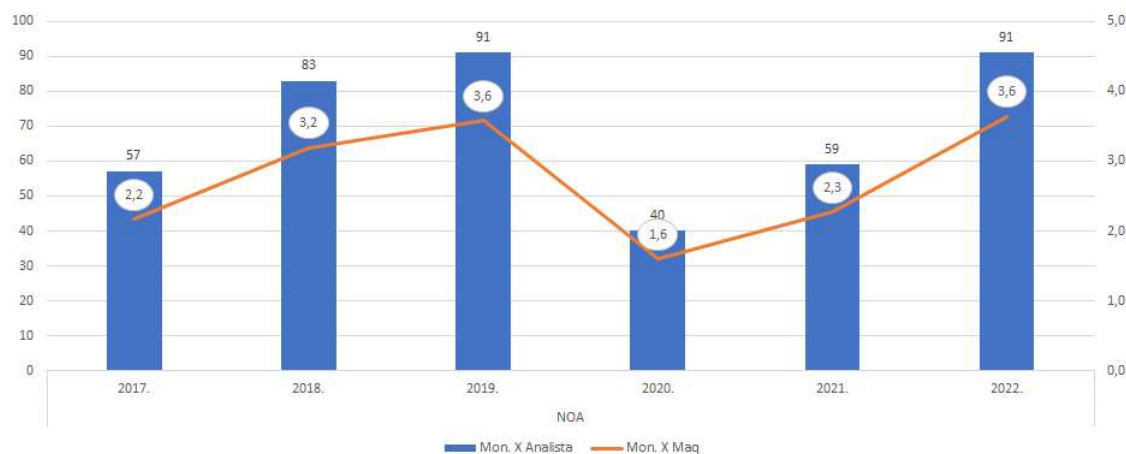
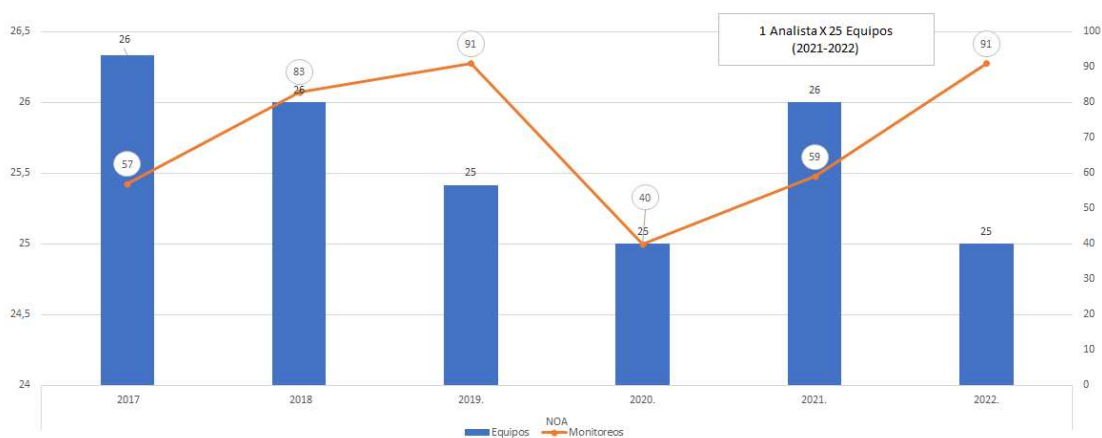


Figura 25

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2022 – Distrito NOA



Distrito Neuquén (NQN)

En 2021 se mejoró en un 12,8% la cantidad de monitoreos, respecto a 2019 y en 2022 un 3.1% respecto a 2021. Es importante destacar que de 2019 a 2021 hubo una disminución de 62 equipos, lo que representó una baja de 27.7% en la flota instalada, esta situación contribuyó a mejorar el índice de monitoreos por equipo, permitiendo cumplir con el requerimiento de frecuencia de mediciones del procedimiento local y acercarse al requerido en el corporativo.

Figura 26

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2022 – Distrito Neuquén

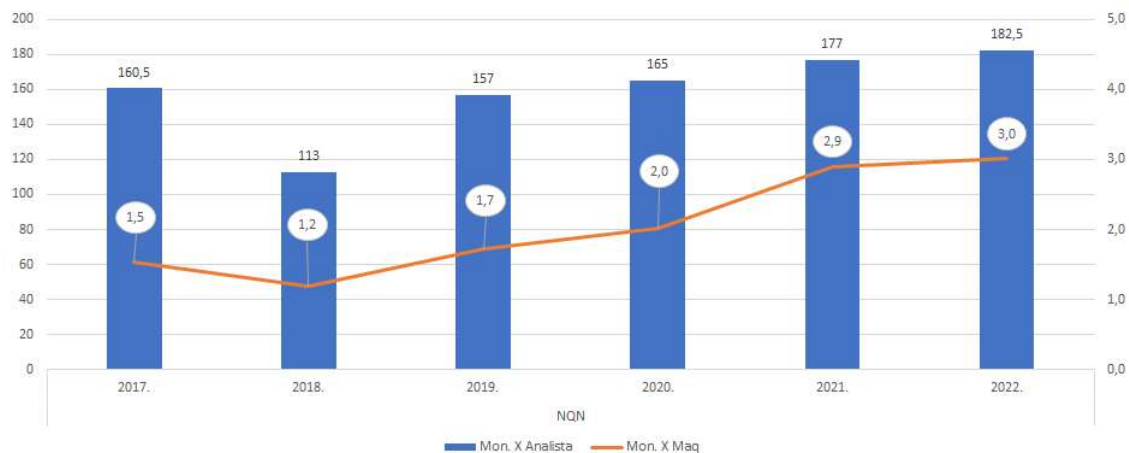
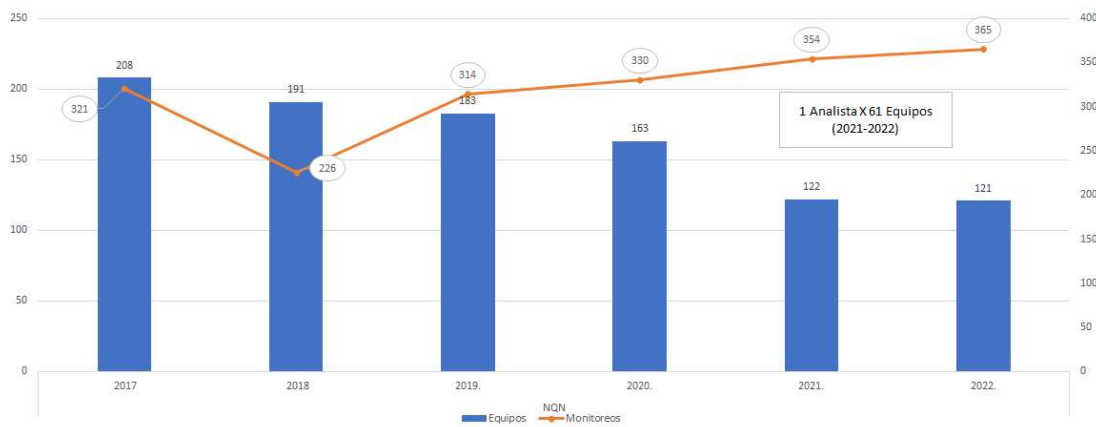


Figura 27

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2022 – Distrito Neuquén



Por otro lado, no fue posible mejorar aún más el nivel de monitoreos en el distrito, movilizándose temporalmente al analista de Comodoro a Neuquén, debido a restricciones que establecen los gremios y convenios de las respectivas áreas.

Distrito Comodoro (CRV)

No se logró mejorar el rendimiento del analista, aunque se logró cumplir con el requerimiento de frecuencia de mediciones del procedimiento local. Al igual que el distrito Neuquén, Comodoro sufrió una baja muy significativa en la flota instalada entre 2019 y 2022, la cual disminuyó de 111 equipos a solo 39, es decir, el distrito perdió el 64.8% de su flota.

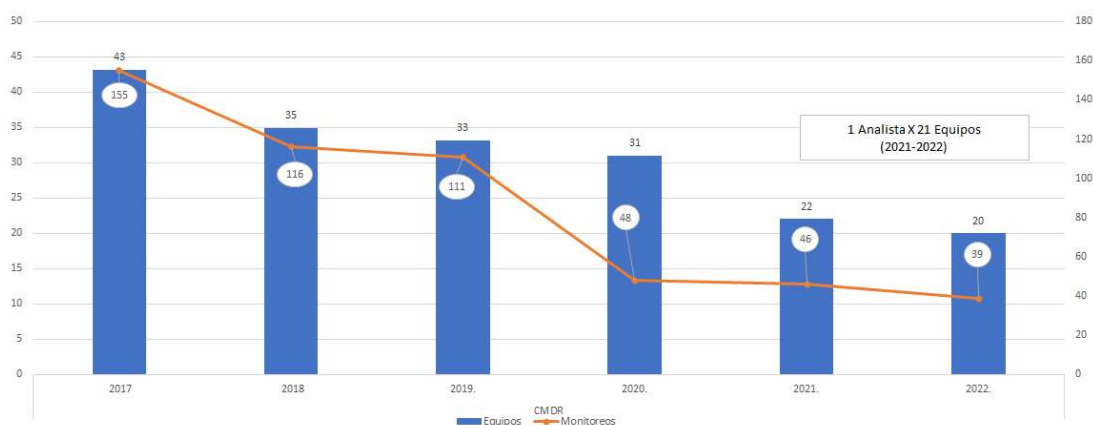
Figura 28

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2022 – Distrito Comodoro



Figura 29

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2022 – Distrito Comodoro

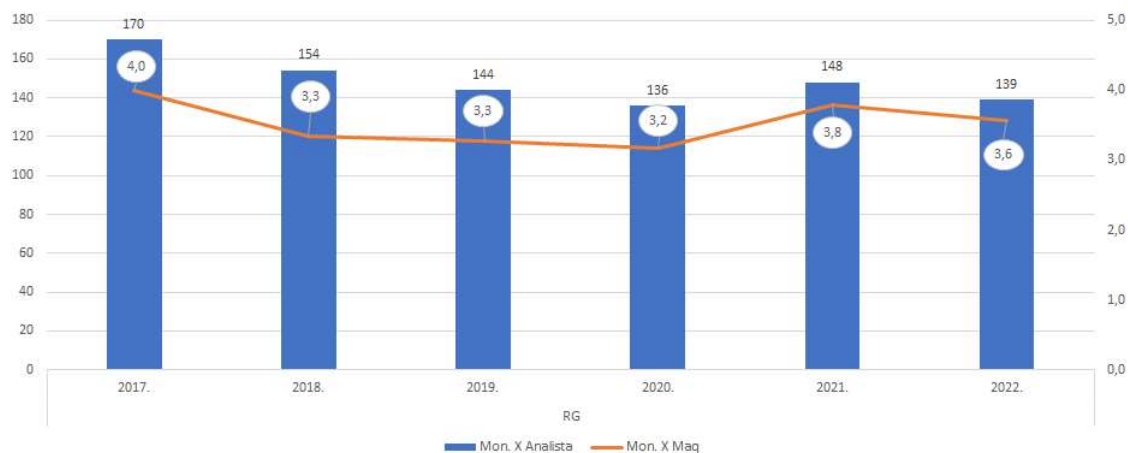


Distrito Rio Gallegos (RG)

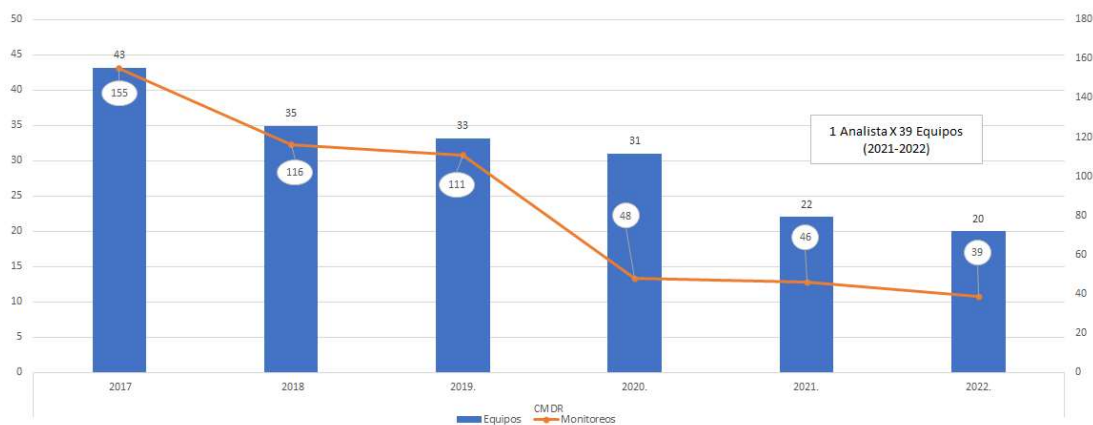
En 2021 se mejoró en un 2,8% la cantidad de monitoreos, respecto a 2019 y en 2022 una disminución de 6.1% respecto a 2021. En este distrito también hubo una disminución equipos entre 2019 y 2022, de 44 equipos se pasó a 39, lo que representó una baja de 11.4% de la flota instalada, esta situación contribuyó a mejorar el índice de monitoreos por equipo, permitiendo cumplir con el requerimiento de frecuencia de mediciones del procedimiento local y acercarse al requerido en el corporativo.

Figura 30

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2022 – Distrito Rio Gallegos

**Figura 31**

Monitoreos por analista vs monitoreos por equipo 2017-2022 – Distrito Rio Gallegos



Discusión

Aunque la empresa cuenta con un sistema de gestión integral (SGI), con múltiples documentos para establecer lineamientos sobre las actividades que desarrolla y específicamente sobre mantenimiento predictivo, estos documentos no se encontraban alineados entre sí, no

establecían responsabilidades claras, no habían sido difundidos al personal involucrado en las actividades de mantenimiento predictivo de forma correcta y aunque tenían revisiones recientes, en las mismas no se había tomado en cuenta la opinión del personal de operaciones, quienes son el cliente interno que recibe el servicio.

De hecho, durante el planteamiento de problema de este estudio se tomó como punto de partida el requerimiento establecido en el procedimiento corporativo y según la encuesta, solo el 31% de los encuestados sabía que existían procedimientos referidos al área de predictivo y de ese 31%, ninguno conocía el procedimiento corporativo. De manera que la frecuencia de monitoreo que tenían como referencia correspondía o bien a su conocimiento del procedimiento local o a su experiencia. Esta situación reflejaba un claro problema de comunicación tanto del departamento de calidad como de ingeniería de mantenimiento.

La falta de asignación de responsabilidades en todos los documentos no permitía saber exactamente quien estaba a cargo de cada actividad y como debía realizarla. Si bien, se estaba realizando el seguimiento de los monitoreos por dos medios diferentes, uno mediante el software de gestión de la empresa (ERP), orientado principalmente a un seguimiento administrativo y otro mediante una planilla de registro. Ninguno de los dos medios era de fácil acceso a los involucrados en proceso de monitoreo, ya que, por un lado, el acceso a la información contenida en el software es limitada, no solo por su enfoque administrativo, sino por aspectos de seguridad de información y por la baja calidad de conectividad a internet en las locaciones y por el otro, la planilla de registro de actividades estaba siendo completada y divulgada de forma parcial vía mail, a través de los indicadores mencionados en el procedimiento MANT-PR-ARG-GBL-005. REV1., una vez al mes, por un analista que no pertenecía a ingeniería de mantenimiento, departamento encargado de los predictivos, lo que dificultaba el seguimiento continuo.

La incorporación formal de la planilla de seguimiento de monitoreos, su actualización continua y el hecho de dejarla disponible para consulta, permitió no solo hacer un seguimiento y control del performance de los analistas, para asegurar el cumplimiento de lo requerido en los procedimientos de la empresa, sino que permitió poner a disposición de todo el personal involucrado, el resumen de toda la información referida a los monitoreos, que dentro del marco del SharePoint dejó al alcance de todos, toda la información disponible, mejorando sustancialmente la comunicación y la toma de decisiones vinculadas a esa información, respecto a esto podemos señalar que durante 2022 gracias a la evaluación continua realizada con los monitoreos, se suspendió la ejecución de un mantenimiento mayor, dado que el equipo se encontraba en condiciones para operar durante al menos un año más, lo que representó una disminución del 10% de presupuesto asociado a Mantenimientos Mayores.

Otro elemento para resaltar es que los analistas no tenían objetivos específicos, medibles, ajustados a la realidad de su distrito/área para hacerlos alcanzables, ni dentro de un marco temporal, que permitiera hacer seguimiento y control de estos. Lo que dificultaba su proceso de evaluación y control de los servicios que estaban ejecutando.

Cuando analizamos los resultados de la implementación del plan pudimos observar que el distrito Neuquén, fue donde se alcanzó una mejora significativa en el desempeño de los analistas, esta mejora fue impulsada principalmente por la definición clara de objetivos, responsabilidades y la incorporación de herramientas de difusión y acceso a la información, que hicieron que el proceso de planificación y programación de actividades fluyera de una forma más eficiente, aunque aún no se logró cumplir con el requerimiento corporativo, quedó demostrado que se debió a la falta de recursos. En este sentido para este distrito, se logró que, apoyados en los datos presentados en este estudio, se justificará la aprobación de contratación del nuevo analista y la adquisición del nuevo

equipo de monitoreo, el cual llegó al país durante el mes de diciembre 2022, con lo cual se estima que en el futuro se puedan cumplir con los requerimientos corporativos e incluso.

En el distrito NOA, se mantuvo el nivel de desempeño, tal como venía y en el distrito Rio Gallegos, el impacto en el desempeño fue poco apreciable, en ambos casos se logró cumplir con los requerimientos tanto locales como corporativos.

En el distrito Comodoro desmejoró el desempeño, llegando apenas a cumplir con el requerimiento de procedimiento local, en este distrito en particular el analista continúa cumpliendo funciones de soporte a la operación y al área de capacitación que ocupan al menos un tercio de su jornada laboral. Para este caso particular se propuso pasar a este analista al área de capacitaciones a tiempo completo y reemplazarlo por un nuevo analista, el cual cumpliría un período de capacitación al igual que el analista que se incorporará en el distrito Neuquén. Aunque el distrito Comodoro ha sufrido una disminución significativa de su flota instalada, la idea de incorporar a este analista, sumado al de Neuquén, apunta principalmente a ampliar la prestación de servicios de monitoreo a terceros, si bien ya se intentó movilizar al analista de Comodoro a Neuquén para mejorar el índice de mediciones y no se pudo concretar por temas gremiales, para el caso de la prestación de servicios a terceros, al ser casos puntuales, no existen problemas gremiales, ya que el analista se moviliza sin impactar la plantilla de trabajadores asociados a la locación donde va a realizar el monitoreo.

Por otro lado, este estudio también sirvió para elevar al corporativo la necesidad de revisión de procedimientos, la implementación de KPI y las necesidades de presupuesto para asegurar la continuidad operativa del servicio de monitoreo de predictivo. Estos planteamientos llevaron a que se extendiera el uso de la planilla de seguimiento de monitoreos, el planteamiento de objetivos y

los KPI a nivel corporativo, creando incluso un panel de control que consolida toda la gestión de predictivo de la empresa.

En Exterran Argentina, el mantenimiento predictivo es una herramienta clave en la reducción de costos de mantenimiento, esto se debe a que la flota activa supera los doscientos equipos, con una antigüedad mayor a 25 años y en condiciones operativas muy variadas, que dependen de los clientes, sin embargo, en empresas con flotas reducidas, con equipos nuevos y condiciones operativas controladas, no es una alternativa que se justifique dado que el costo promedio inicial de los equipos utilizados para monitoreo de condición, utilizados por cada analista, es de 200.000 USD, con un costo anual de mantenimiento de 12.000 USD, estos valores sumados al costo anual del personal, que depende del convenio que apliquen de acuerdo a la industria en la que se desempeña la empresa y considerando además, que los equipos tienen una vida útil máxima de 10 años, hacen que el retorno de la inversión (ROI) sea negativo, mientras que para empresas como Exterran, el ROI es positivo, ya que la utilización del equipo es mucho mayor, entendiendo que el retorno de la inversión se obtiene tanto por un ahorro en costos de mantenimiento por la detección temprana de fallas en múltiples máquinas, como por el ingreso de fondos por el incremento de la disponibilidad de los equipos.

De acuerdo con los valores históricos de Exterran, el costo promedio de una falla catastrófica en un motocompresor es de 50.000 USD, mientras que fallas menores tienen un costo de 2.000 USD, sin incluir los valores asociados a las pérdidas de producción y penalidades aplicables, valores que varían según el volumen de gas manejado por el motocompresor y las cláusulas específicas del contrato de servicio. Durante el periodo durante el cual se realizó este estudio el ahorro promedio anual estimado fue de 316.000 USD, considerando todos los distritos.

Partiendo de los montos de inversión requeridos, se negoció un acuerdo marco corporativo con el proveedor de los equipos de monitoreo que permitió obtener una reducción de 20% en los precios para la actualización de equipos y 60% para calibraciones, compra de accesorios y piezas de recambio, que son condiciones muy difíciles de obtener si la empresa no tiene un volumen de equipos de monitoreo que le permitan negociar por volumen.

En paralelo a este acuerdo, se creó un SharePoint corporativo, donde se comparte información técnica referida a las técnicas de monitoreo y casos de estudio de todos los países donde la empresa presta servicios de predictivo.

Por otra parte, concluido el periodo de revisión del procedimiento, se recomendó mantener los objetivos de medición planteados en este estudio, considerando que la adquisición del nuevo equipo tomo todo el periodo de estudio y que a cierre de 2022 no se había contratado al nuevo analista.

Otra recomendación orientada tanto a la innovación a la prestación del servicio de predictivo como a la experiencia de los clientes internos y externos fue la implementación de nuevos softwares para planificación, programación y gestión de los datos obtenidos en los monitoreos de condición, que permitan vincular la información cargada en el software de gestión y aprovechar que Exterran posee una herramienta de monitoreo de variables de los equipos en tiempo real.

En este sentido se propuso la adquisición de un software de gestión de mantenimiento (CMMS) y un software para la gestión variables de monitoreo remoto, con capacidad de comunicarse a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API) con el sistema de gestión (ERP) instalado actualmente, que como se planteó anteriormente tiene un enfoque más administrativo que operativo, esto permitirá optimizar aún más el proceso de planificación y

programación, tener la información operativa en tiempo real y evitar el uso de planillas de Excel que dificultan la trazabilidad de los procesos, consolidando la información administrativa y operativa requerida para la gestión de mantenimiento correlacionada de forma automática en una base de datos, facilitando así su análisis.

Estas últimas herramientas orientadas principalmente a fortalecer la gestión de mantenimiento y al monitoreo remoto de variables de los equipos, son la alternativa ideal para empresas con una flota pequeña y que operan en condiciones controladas, donde no se justifica la inversión en equipos de monitoreo predictivo y el monitoreo predictivo para ser una herramienta complementaria, que puede ser subcontratada a empresas especializadas.

En un sentido amplio cuando nos referimos a flota de equipos, el mantenimiento predictivo es aplicables a cualquier industria de producción continua donde las paradas de equipos representan importantes pérdidas de producción y el monitoreo de condición se vuelve clave para disminuir esas pérdidas, pero se debe analizar muy bien la inversión en tecnología predictiva a aplicar (Equipos para el monitoreo de condición), considerar la utilización real de la mismas y los recursos humanos disponibles, para asegurar que sea efectiva. Otras industrias y equipos de producción pueden ser monitoreados con equipos con menor costo y que se adaptan a la necesidad específica, incluso algunos fabricantes recomiendan qué monitorear y cómo hacerlo, incorporando muchas veces dentro del propio equipo algunos elementos de monitoreo que permiten transmitir datos en tiempo real, de manera que, este también es otro factor a considerar incluso durante el proceso de compra de equipos.

Referencias

Arata, A., & Furlanetto, L. (2005). *Manual de gestión de activos y mantenimiento*. Santiago de Chile, Chile: RIL Editores.

- Ballesteros Robles, F. (15 de Marzo de 2016). *www.industriaquimica.es*. Obtenido de <https://www.industriaquimica.es/articulos/20160315/errores-tipicos-interpretacion-curva-p-f#.XxOm1ChKjIU>
- Bernal, C. A. (2012). *Metodología de la investigación (3era Edición)*. Cd. de México. México: Pearson Educación.
- Castro Mongue, E. (Julio-Diciembre de 2010). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración*, 1(2), 31-54.
- De Oslo, M. (2005). *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. Luxemburgo: OECD.
- Doerr, J. (2019). *Mide lo que importa*. Buenos Aires, Argentina: Penguin Random House Grupo Editorial.
- Doran, G. T. (1981). "There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives". *Management Review*, 70(11), 35-36.
- EVTECH SOLUCIONES INTEGRALES. (25 de Junio de 2019). *www.evtech.cl*. Obtenido de <https://evtech.cl/la-curva-pf-mantenimiento-centrado-en-fiabilidad-rcm/>
- Exterran. (Mayo de 2016). MANT-PR-ARG-GBL-005 Estandar de Monitoreo de Condición Rev. 1. Argentina.
- Exterran. (12 de Julio de 2018). 4.5.03 Major Maintenance Policy. Rev 1. Corporativo.
- Exterran. (07 de Diciembre de 2018). 4.5.09 Compressor Package Pdm Analysis Standard Rev. 0. Corporativo.

- Exterran. (12 de Septiembre de 2019). 4.5.09A Reciprocating Machinery Analysis. Rev 1. Corporativo.
- García Garrido, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid. España: Ediciones Diaz de Santos, S.A.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigación. (6ta Edición)*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- ISO. (2014). *ISO 5500. Asset management — Overview, principles and terminology (First Edition)*. Ginebra, Suiza: International Standar Organization.
- ISO. (2016). *ISO 14224. Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenace data for equipment. (Third Edition)*. Ginebra, Suiza: International Standar Organization.
- Keeley, L., Walters, H., Pikkell, R., & Quinn, B. (2013). *Ten types of innovation: The discipline of buiding breakthroughs*. Hoboken, New Jersey: US: Jhon Wiley & Sons.
- Medrano Márquez, J. A., & González Ajuech, V. L. (2017). *Mantenimiento Técnicas y Aplicaciones Industriales*. Cidudad de México; México: Grupo Editorial Patria.
- Mora Gutiérrez, L. A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Ciudad de México, México: Alfaomega Grupo Editorial, S.A.
- Moubray, J. (2004). *RCM II. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Leicestershire, UK: Aladon LTD.
- Sawhney, M., Wolcott, R. C., & Arroniz, I. (2006). The 12 differents ways for companies to innovate. *MIT Sloan Management Review*, 47.

Tavares, L. A. (2014). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicaciones.