



DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS MAESTRÍA EN GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO VERSIÓN 3

Plan de ampliación de servicios de monitoreo de condición como
valor agregado a clientes estratégicos de Hivimar S.A.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Magíster en Gestión de Mantenimiento

Autor: Ing. Juan Andrés Abad Santana

Directora: Dra. Adriana Guamán

Cuenca – Ecuador 2021

Plan de ampliación de servicios de monitoreo de condición como valor agregado a clientes estratégicos de Hivimar S.A.

Abad Santana Juan

Departamento de Posgrados, Universidad del Azuay

Email: juan.andrés.abad@es.uazuay.edu.ec

Resumen –

El mantenimiento basado en la condición de equipos es una de las herramientas más usadas en la actualidad, por lo cual, Hivimar S.A. busca la ampliación de sus servicios como valor agregado para sus clientes estratégicos, fortaleciendo de esta manera, las relaciones comerciales entre las partes. La incorporación sistemática de estos servicios aportarán a los modelos de gestión de mantenimiento predictivo de los departamentos encargados de estas labores, en los principales clientes de Hivimar S.A. A través de la implementación de monitoreo de vibraciones en línea, con los sistemas IMX de SKF, junto con el procesamiento de señales en un Centro de Diagnóstico Remoto, se obtienen como resultados, la optimización de recursos de todo tipo, convirtiéndose en un referente tecnológico y de gestión para el mercado industrial.

Palabras clave: gestión estratégica, valor agregado, sistema de monitoreo de condición, análisis de vibraciones en línea, CBM, IMX.

Abstract

Maintenance based on the condition of the equipment is one of the most used tools today, therefore, Hivimar S.A. seeks to expand its services as an added value for its strategic clients, and build-up commercial relations between parties. The systematic incorporation of these services will contribute to the predictive maintenance management models of the departments in charge of these assignment, in Hivimar's main clients. Through the implementation of online vibration monitoring, with IMX from SKF systems, along with signal processing in a Remote Diagnostic Center, the results are the optimization of resources of all kinds; becoming a technological and management benchmark for the industrial market

Keywords: strategic management, value added, condition monitoring system, vibration analysis on-line, CBM, IMX

Translated by

I. INTRODUCCIÓN

La evolución del mantenimiento y su origen acompañan al hombre desde el inicio de los tiempos, luego con la era de la industrialización, esta tarea se convierte en prioritaria para los sistemas productivos y de mantenimiento. Para la producción en serie, se fusionarían la organización de tareas, gestión administrativa conjuntamente con las cadenas de producción estudiadas por Taylor, Henry Fayol, Henry Ford. La unión de estas nuevas perspectivas en las organizaciones, permitió al mantenimiento adquirir una especialización y autonomía propia, originándose la administración, dirección y control de los sistemas eléctricos y mecánicos [1].

Desde entonces se puede decir que la evolución del mantenimiento se ha visto desarrollada en tres etapas bien definidas a partir de 1930. La primera generación abarca sistemas de producción robustos, de tecnología simple y fácil de reparar, donde no importaban los tiempos de parada que se podían presentar, es

decir la prevención de fallas no era un tema de mayor relevancia. La segunda generación del mantenimiento, llega con la Segunda Guerra Mundial y su necesidad de proveer a la industria de los países en conflicto un sistema de planificación de mantenimiento y sus programas de control, se enfocaron en prevenir fallas técnicas. Como resultado se da paso a programas de mantenimiento preventivo que buscaban maximizar la vida los equipos.

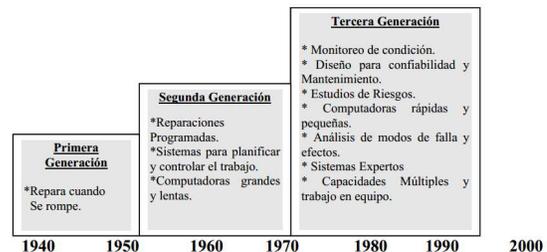


Fig.Nº1 Crecientes expectativas en el mantenimiento.[2]

En la Fig.1 podemos apreciar el origen de a la tercera generación, esta arranca a mediados de los años 70, donde la

inactividad de los equipos afecta directamente a la capacidad productiva en aspectos como la reducción de rendimiento, incremento de costos, entre otros. Estos efectos son más impactantes al adoptar sistemas de exactitud, connotación que, a pesar de la reducción del número de fallas, tienden a inferir con un funcionamiento adecuado de la planta [2], dentro del marco de una creciente demanda por la calidad en los sistemas industriales, la Organización de las Naciones Unidas en 1975 definía a la actividad final de cualquier entidad organizada como Producción = Operación + Mantenimiento, donde el segundo factor de este binomio, se le atribuyen las siguientes responsabilidades[3]:

- Reducción de tiempos de paralización de los equipos
- Reparación de daños que reducen el potencial de ejecución de los productos o servicios
- Garantía de funcionamiento de las operaciones.

En cuanto a los sistemas de mantenimiento a partir de la tercera generación[2], buscan afianzar los sistemas de producción de las empresas, aumentando la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. En la actualidad es conveniente buscar una nueva orientación de la gestión de mantenimiento para alcanzar estándares de clase mundial que conviertan a las compañías en organizaciones más competitivas con miras a expandir operaciones hacia nuevos mercados. Con este antecedente, el monitoreo de condición, se enfoca en el control del estado de operación de distintos componentes, ya sean aspectos eléctricos o mecánicos. En tal sentido, el mantenimiento predictivo se orienta a intervenir los equipos en el momento preciso antes de que se produzcan las fallas, alargando la vida útil de sus componentes y optimizando recursos de toda índole. De este modo, al analizar los fallos, se reduce tiempo y dinero en cada intervención. Un ejemplo de esto se puede citar en los sistemas de transporte BNSF Railway, en EEUU, dado que mediante este método pudieron ubicarse exactamente los fallos en los módulos de fases de los variadores de frecuencia (VDF) en los motores de sus trenes que eran reemplazados en su totalidad. Al tratarse de conjuntos de accionamiento bobinados en paralelos, no existía la certeza de reemplazar el módulo en estado de falla, por consiguiente, sus costos de reparación se incrementaban antes del empleo del análisis estático de motores.[4]. Por otro lado, en Francia alrededor del año 2009 con la expansión de los sistemas de energía eólica, se necesitaba contar con sistemas altamente confiables, con parámetros de medición que puedan variar de acuerdo al estado del equipo o cambios que puedan tener en la operación del generador, de manera que los sistemas de monitoreo de condición de los aerogeneradores han permitido controlar el estado de los principales elementos tales como la caja de transmisión, el rodamiento principal, minimizando las pérdidas por equipos detenidos, costos de mantenimiento y alargando su vida útil [5].

Con los ejemplos expuestos previamente, el mantenimiento predictivo no sólo se enfoca en la optimización de los recursos económicos que si bien son de gran importancia, también al agregar un sistema de monitoreo de condición y al ser un método no invasivo, se convierte en un sistema preferencial de diagnóstico de potenciales fallas en los distintos componentes de motores eléctricos. Este tipo de mantenimiento va de la mano del análisis teórico y el modelado de fallas, facilitando la detección oportuna de frecuencias armónicas u otros problemas del sistema eléctrico, que junto a la integración e interacción de otras técnicas tanto eléctricas como mecánicas aportan datos valiosos para la detección más confiable de las fallas [6]. Como se puede evidenciar, los sistemas de monitoreo, han contribuido no sólo al mantenimiento predictivo, sino a la investigación de las causas de averías, profundizando el conocimiento de los sistemas industriales. De acuerdo a varios autores [7] es importante considerar que los beneficios de la monitorización “on line” de maquinaria puede enumerarse en los siguientes:

- Reducción de pérdidas de producción
- Rentabilidad, eficacia, seguridad y longevidad de las máquinas
- Reducción de costos de mantenimiento
- Reducción de inventarios de repuestos
- Programación más rigurosa de carga de trabajo

Actualmente, los procesos de monitoreo se basan en el tratamiento de la información en tres pasos: (i) adquisición de datos, (ii) procesamiento de datos y (iii) toma de decisiones de mantenimiento, como se observa en la Figura 2 [8]. Este procedimiento, permite a Hivimar junto a sus socios estratégicos la configuración de la adquisición de datos para su posterior procesamiento e interpretación en el CDR. Con esta información, las empresas podrán efectuar la toma de decisiones en función del comportamiento operativo de un equipo con respecto a patrones referidos por normas, datos de fábrica o niveles de ruido, vibración, consumo energético, entre otros factores que son habituales en una maquinaria. De esta manera, los beneficiarios del mantenimiento basado en condición (CBM) incorporarán dos aspectos muy importantes a sus sistemas de gestión de mantenimiento: diagnóstico y pronóstico. Donde el primero se orienta a la detección, identificación y aislamiento del fallo cuando este se haya producido y el pronóstico que busca determinar un tiempo entre cada fallo.[8].

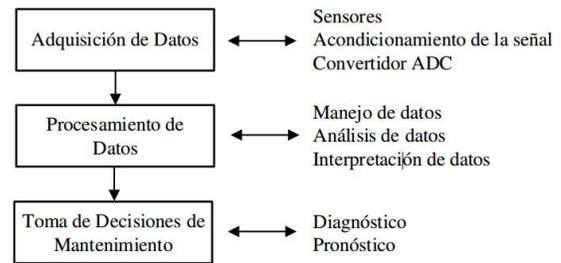


Fig. N°2 Tres pasos para el manejo de monitoreo basado en condición. [8]

Con lo anteriormente expuesto, el presente estudio permitirá trazar un camino hacia la integración de servicios de monitoreo de la condición en sus distintas modalidades, pues estas prestaciones son proporcionadas por Hivimar S.A, que propondrá un plan de ampliación de servicios de monitoreo de la condición como valor agregado, que aportarán a la industria ecuatoriana servicios de calidad, buscando que la asistencia prestada a sus clientes conocidos como “Socios Estratégicos”, puedan tomar decisiones efectivas, eficientes y planificadas a todo nivel de la gestión. De este modo, Hivimar S. A. optará por la creación de áreas que aporten verdadero valor agregado a sus clientes estratégicos en los distintos giros de negocios existentes en el Ecuador, en definitiva, migrar hacia la “Industrialización 4.0”, que es la siguiente etapa a la que los segmentos de la industria a nivel mundial dirigen sus esfuerzos.

II. METODOLOGIA

Para la realización del presente trabajo se generó una propuesta al director de la División Industrial de Hivimar S.A., conjuntamente con, la representación regional Svenska Kullagerfabriken AB (SKF), analizando la tendencia del sector industrial internacional, teniendo en cuenta que el sector industrial nacional tiende a la búsqueda de sistemas de digitalización de la información, también conocida como industrialización 4.0. Para el efecto, SKF ha desarrollado una línea de productos y servicios para lograr un seguimiento a sus productos suministrados ya tradicionalmente en el mercado y al mismo tiempo afianzar la alianza estratégica que mantiene con Hivimar en su calidad de distribuidor industrial

autorizado para Ecuador. Dentro de este orden de ideas, Hivimar busca la incorporación de estos nuevos sistemas de monitoreo en línea, para brindar a sus clientes como servicios, a través de su departamento de Ingeniería, de forma que se creen alianzas en la gestión de mantenimiento, suministro de repuestos y otras áreas estratégicas relacionadas con mantenimiento. A continuación, en Fig.3, se expone la metodología llevada a cabo en el trabajo.

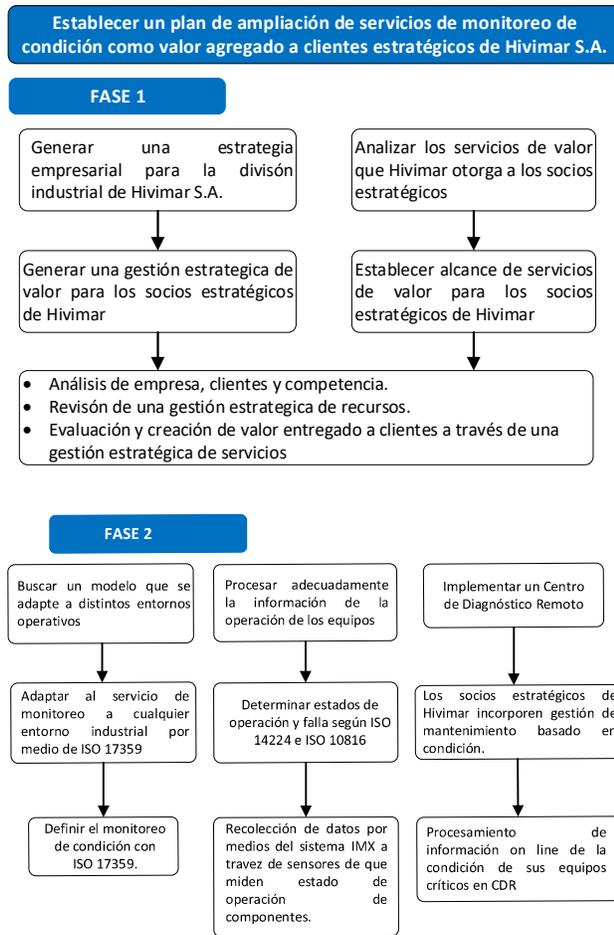


Fig. N°3 Diagrama de metodología del presente trabajo, Fuente: Autor

A. Desarrollo de la Gestión Estratégica:

1) Búsqueda de una estrategia empresarial

Hivimar S.A. busca una estrategia empresarial para la división industrial que le permita, una búsqueda deliberada de un plan de acción que desarrolle la ventaja competitiva de la empresa y la acentúe, de forma que ésta logre crecer y expandir su mercado, reduciendo a la competencia [9]. Esta estrategia empresarial es la manera con la cual Hivimar se vincula al interior de sus socios estratégicos convirtiéndose en un actor más competitivo en el medio industrial ecuatoriano [9]. Este hito se alcanzará por medio del análisis de los clientes, identificando sus verdaderas habilidades, capacidades distintivas o potenciales que podrán incorporar a sus departamentos de mantenimiento.

Con el objeto de vincular los objetivos a largo plazo de la división industrial de Hivimar S.A. y sus actividades diarias se requiere el uso de un “Cuadro de Mando Integral” (CMI), que proporciona a los directivos una exacta comprensión de los objetivos y los métodos que han de utilizar para alcanzarlos [10]. El CMI introduce el uso de las cuatro perspectivas, que se enfatiza

en la consecución financiera de una empresa, incluyendo sus inductores de actuación desde cuatro perspectivas equilibradas [10][11] que permitirán a la empresa dar seguimiento a los resultados financieros y al mismo tiempo que observan la formación de aptitudes y de la adquisición de los bienes intangibles que necesitará una empresa para un crecimiento futuro [10].



Fig. N°4 Cuadro de Mando Integral [10, Figura 1]

Por consiguiente, para la generación del plan estratégico a adoptar, será necesario que las perspectivas estén vinculadas, de manera que ninguna de ellas funcione de forma independiente y se podrá actuar en cualquiera de ellas de ser necesario. En las perspectivas expuestas en la Figura N° 4, se ubican los objetivos que constituyen la estrategia, que puede ser visualizada entre sus relaciones causales que existen entre ellos según se lo indica en [11], tal como se los menciona a continuación:

- La perspectiva del accionista, representa el punto de vista de quien ejerce el derecho de propiedad de la empresa.
- La perspectiva del cliente, representa el punto de vista de quienes reciben los bienes y servicios.
- La perspectiva de los procesos internos, representa el punto de vista de las actividades necesarias para producir los bienes y servicios.
- La perspectiva del aprendizaje y conocimiento, representan el punto de vista para realizar las actividades productivas, las cuales pueden ser: capacidades humanas, infraestructura tecnológica y organización.

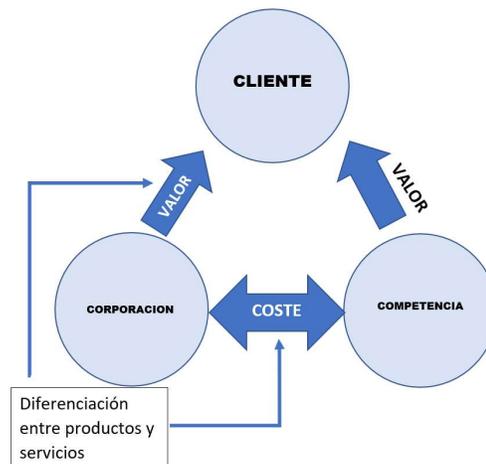


Fig. N°5 Las tres “C” estratégicas. [12]

A estos elementos se debe agregar una estrategia de negocios que evalúe el entorno propio, la competencia y los distintos segmentos en los cuales se tiene una cobertura. Por medio del uso del triángulo estratégico se define la manera en que Hivimar se esfuerza por distinguirse de manera positiva, de sus competidores, empleando sus puntos relativamente fuertes para lograr mejor satisfacción de las necesidades de los clientes [12]. Adicionalmente se explica que una buena gestión estratégica para una unidad de negocios deberá tener en cuenta todos los aspectos funcionales del cliente y de la competencia, de igual forma que la corporación deberá explorar cada posibilidad del uso de sus puntos fuertes, para diferenciarse de sus competidores, que contribuirán a su vez en la creación de valor agregado para los socios estratégicos de Hivimar.

2) Creación de valor para socios estratégicos

Otro de los aspectos a evaluar es el nivel de servicio pre y post venta que brinda Hivimar a sus socios estratégicos en sus distintas líneas comerciales, por tanto se necesita comprender el alcance que puede tener el soporte técnico. Por medio de un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) se determinará la evaluación actual y creación de valor agregado al que pueden acceder los clientes a través de una gestión estratégica de servicios, con la intención de realizar un correcto análisis interno (fortalezas y debilidades) y externo (oportunidades y amenazas)[9]. Este análisis, permitirá establecer el valor que se busca compartir a los clientes como parte de los servicios que entrega Hivimar sumando el servicio de monitoreo continuo para la toma de decisiones mediante el uso del CBM. De esta forma se podrá generar una completa vinculación con el cliente, pues es una poderosa fuente de rentabilidad, distinguiendo cuatro etapas que van en una vinculación ascendente: Diseño dominante, Cliente Enganchado, Competidor bloqueado y Propietario del estándar[9].

B. Ampliación de servicios de monitoreo de condición e implementación del CDR.

1) Implementación de sistemas de monitoreo continuo para entornos industriales

Adentrándonos en los sistemas de gestión de mantenimiento y su evolución a través del tiempo, Hivimar ha buscado la manera de aportar a sus clientes un verdadero valor agregado con el uso de equipos y herramientas para la integración de sistemas de monitoreo de condición, con miras a cubrir todos los sectores industriales, adaptándolo a los requerimientos particulares que tendrá cada cliente en su contexto operacional, con el fin de poder alargar la vida útil de sus componentes [13], mejorando así su planificación de recursos y gestión de mantenimiento en general. Con la norma ISO 17359:2018 [14] se permite la definición de los componentes a considerar en el monitoreo de la condición, relacionados con su performance, criterios de calidad, técnicas empleadas, niveles de alarma hasta llegar al manejo de los resultados. A continuación en Fig. 6 se ilustra el procedimiento de monitoreo de la condición para entornos industriales que será aplicado en Hivimar.

2) Procesamiento eficiente de la información.

Puesto que el manejo de la información del monitoreo de condición de los equipos, es un factor clave para el éxito del servicio a implementar, debido a que su correcta configuración permitirá diferenciar los estados de fallo que pueda tener un equipo al ser monitorizado ya sea de manera continua o intermitente.

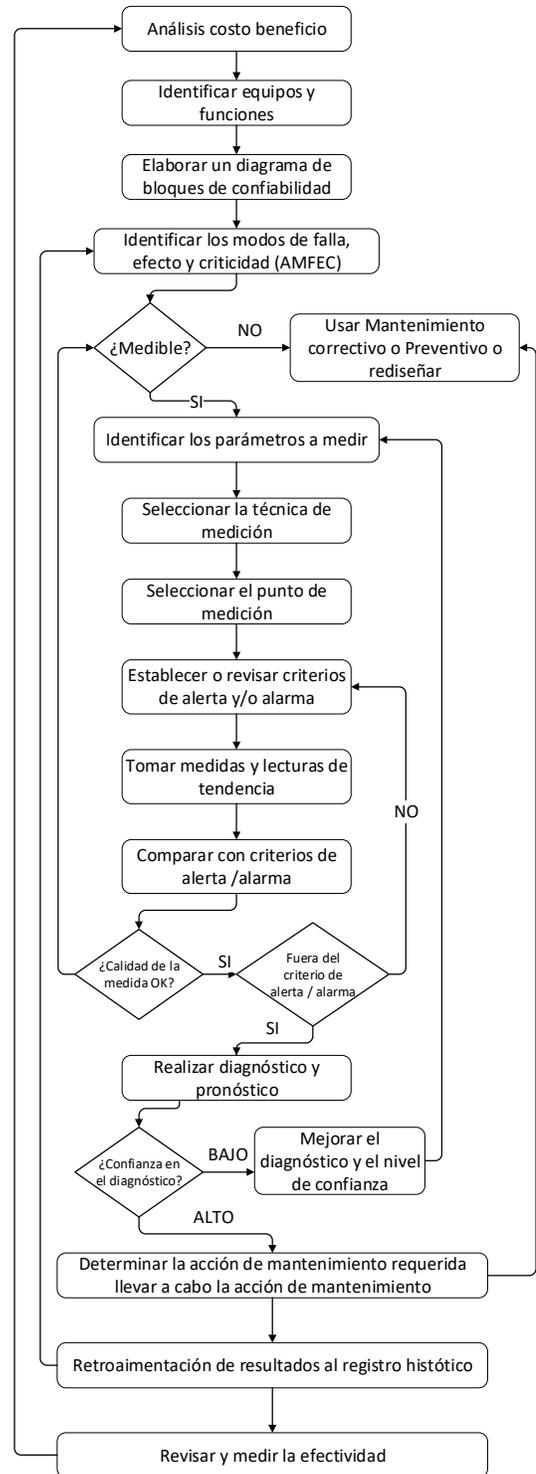


Fig. N°6 Diagrama de flujo del procedimiento de monitoreo de condición.[14]

La Norma ISO 14224:2016 [15] está asociada a la recolección e intercambio de información de confiabilidad y mantenimiento para equipos de la industria del gas natural y petróleo, por lo tanto es necesario catalogar los estados de operación y falla de cada equipo que se busque monitorizar. Los equipos seleccionados para ser monitorizados deberán ser sometidos análisis de criticidad,

categorizándolos en tres aspectos de acuerdo a los siguientes niveles de importancia[16].

- Equipos Críticos: Son aquellos equipos cuya parada afecta significativamente a los resultados de la empresa.
- Equipos Importantes: Son aquellos equipos cuya parada, avería afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles, finalmente
- Equipos Prescindibles: Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados.

De igual manera se debe considerar que un fallo influencia en cuatro aspectos[16]: Producción, Calidad, Mantenimiento y Seguridad, dentro de ese marco los niveles de criticidad de un equipo podrán tener mayor o menor repercusión con la presencia de un potencial fallo. Con estos criterios, un catálogo de falla del equipo deberá contener amplia información como lo detalla [15] en la sección de términos, definiciones y abreviaturas; aunque expertos en la gestión de activos sugieren que el catálogo de fallos deberá contener como mínimo dentro de su estructura los siguientes elementos como es descrito en [17]:

- Elementos Mantenibles: Corresponde a los componentes del equipo, que potencialmente sufrirá la avería.
- Modo de Falla: Corresponde a la falla observada por el personal.
- Causas de Falla: Corresponde al evento “inicial” que originó la avería del equipo.
- Actividad Recomendada: Corresponde a las actividades de mantenimiento recomendadas para recuperar la función del equipo.
- Actividad Ejecutada: Corresponde a las actividades ejecutadas finalmente para recuperar la función del equipo.

Dentro de este orden de parámetros que exige [14], se procederá a la instalación de acuerdo a las recomendaciones para el manejo de vibraciones en la Norma ISO 10816-3:2009[18] e ISO 10816-4:2009 [19] configuración de los sistemas de monitoreo continuo (Figura N° 8 y 9) SKF IMX-8[20], que es un sistema completo de detección de fallas tempranas, que permite recolección de información por medios de sensores, para transmitir o almacenar datos online en dispositivos independientes vía Bluetooth, o por medio de un sistema Modbus al CDR y/o la nube de SKF (Figura N°7), para diagnosticar los elementos monitorizados de los equipos críticos de los socios estratégicos de Hivimar S.A.



Fig. N°7 Sistema Multilog Online SKF IMX8 [20]

3) Monitoreo de condición en línea por medio del CDR.

Para el procesamiento de la información recopilada por medio de los sensores del sistema SKF IMX [20] se procede de acuerdo al modelo ilustrado en la Figura N°11, donde la generación de señales se realiza cuando el equipo se encuentra en operación, proporcionando información en tiempo real, que puede ser observada en dispositivos independientes, o en las oficinas de control de producción o mantenimiento, así como en el Centro de

Diagnóstico Remoto (Figura N°12), hasta la nube de SKF[13], entregando información para la planificación de intervenciones de mantenimiento si este fuese necesaria. De modo que los socios estratégicos de Hivimar S.A. puedan saber el estado real de sus equipos críticos para la realización de estrategias de mantenimiento basado en la condición, sustentados con la información entregada por el CDR que se encarga de procesar la información de manera continua, separando las señales que se encuentre fuera de la parametrización realizada con apoyo de la norma ISO para recolección e intercambio de información [15] y el análisis de modos de fallo, efectos y criticidad (AMFEC o FMECA por sus siglas en inglés) al establecer el monitoreo de condición de acuerdo con [14].

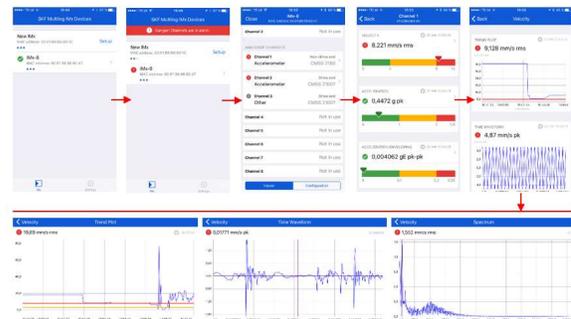


Fig. N°8 Transmisión de datos de Sistema Multilog Online SKF IMX8 [20]



Fig. N°9 Equipos recolectores de datos SKF IMX8. Fuente: Hivimar.



Fig. N°10 Verificación de transmisión de datos. Fuente: Hivimar.



Fig. N°11 Esquema de transmisión y procesamiento de información [13].



Fig. N°12 Procesamiento de datos en CDR. Fuente: Hivimar.

El procesamiento de la información del CDR será procesada a través de los lineamientos citados en [18] [19]; a fin de integrar los criterios de medición e interpretación de los datos de acuerdo a la naturaleza de cada uno de los equipos seleccionados para el monitoreo de condición, donde se establecerán los criterios de severidad que regirán al monitoreo continuo de condición de los equipos seleccionados (Figura N°13)

CRITERIOS DE SEVERIDAD

ISO 10816-3 SEVERIDAD VELOCIDAD DE LA VIBRACION		MÁQUINAS GRUPO 2 Y 4	MÁQUINAS GRUPO 1 Y 3
Pico	RMS	15 Kw < P ≤ 300KW	
ln/s	mm/s	Grupo 1: 300 KW < P < 50 MW Grupo 3: P > 15KW	
0.61	11.0		
0.39	7.1		
0.25	4.5		
0.19	3.5		
0.16	2.8		
0.13	2.3		
0.08	1.4		
0.04	0.7		
0.00	0.0		
Base:		Rígida	Flexible
Grupo 1:		Máquinas Grandes P > 300 kW; Máquinas eléctricas con ejes de altura H ≥ 315 mm	
Grupo 2:		Máquinas Medianas 15 kW < P ≤ 300 kW; Máquinas eléctricas con ejes de altura 160 mm ≤ H < 315 mm	
Grupo 3:		Bombas con transmisiones (drive) separadas (con flujo radial, semi-radial y axial) y P > 15 kW	
Grupo 4:		Bombas con transmisiones (drive) integrales (con flujo radial, semi-radial y axial) y P > 15 kW	

Fig. N°13. Criterios de severidad. Fuente: Hivimar.

III. RESULTADOS:

A. Resultados de la Gestión Estratégica

1) Estrategia empresarial

Al generar una ventaja competitiva, la división industrial de Hivimar expanda su presencia en su mercado, se vincularon los objetivos de la empresa a las actividades diarias, para la ampliación de servicios complementarios para clientes estratégicos de la empresa, usando la herramienta del Cuadro de Mando Integral que permite incorporar los siguientes enfoques a la División Industrial de Hivimar S.A., desde las cuatro perspectivas anteriormente citadas en [11].

TABLA I
OBJETIVOS DEL CMI

Enfoque	Objetivos de CMI
Perspectiva Financiera	Aumento de ventas Aumento de utilidades Reducción de costos Mejora de rotación de inventarios
Perspectiva del Cliente	Aumento de transacciones comerciales Fidelización del cliente Satisfacción del cliente en productos y servicios personalizados. Reconocimiento de marca Captación de nuevos clientes estratégicos
Perspectiva de Aprendizaje	Liderazgo en producto Excelencia operativa Venta de nuevos productos Velocidad de respuesta a clientes
Perspectiva de Procesos internos	Mejora en Talento del Capital Humano Inversiones Tecnológicas más eficientes Mejora del clima organizacional

2) El triángulo estratégico, las "3C"

En el análisis funcional en la aplicación de las "3C" estratégicas, como parte de la generación de un plan estratégico de la compañía, que integrarán el entorno de la competencia al análisis

de las estrategias a tomar por parte de la división industrial de Hivimar, brindando los siguientes aportes al presente estudio.

- Estrategia Basada en los clientes:

Hivimar basa esta estrategia en dos líneas de interés:

- Segmentación por objetivos
- Segmentación por cobertura de cliente.

Para lo cual ha clasificado sus clientes de acuerdo al segmento de mercado, para luego seleccionar los segmentos específicos a los que pueden ser aplicado el servicio de monitoreo continuo, de acuerdo a los (i) facturación anual (ii) potencial de producción que manejan estos entornos industriales (iii) proyectos especiales. En la Tabla 2, se observan los segmentos de interés de acuerdo a las características citadas, partiendo de un universo de clientes de la División Industrial

TABLA II
SEGMENTACIÓN DE CLIENTES POTENCIALMENTE ESTRATÉGICOS

Segmento Industrial	Número de clientes
Alimentos / Bebidas	137
Minería / Construcción	30
Pulpa & Papel	21
Servicios Públicos	10
Universo total de clientes Industriales de Hivimar S.A.	1078

- Estrategia basada en la corporación:

Hivimar S.A. posee puntos muy fuertes como presencia en mercado, amplia trayectoria, búsqueda de eficiencia de costos, constante control de stock; por lo tanto, busca la consolidación de la compañía basados en la diversidad de productos del segmento de repuestos y equipos industriales, control de costos, servicios de valor agregado y prevención de errores.

- Estrategia basada en competidores:

Al tener varias líneas de negocio en el sector industrial, con una cartera multimarca, Hivimar S.A. sustenta esta estrategia en pilares como:

- Diferenciación competitiva.
- Análisis de filtraciones.
- Explotación de ventajas tangibles.
- Capitalización de diferencias de estructuras de utilidades y costos.

3) Creación de valor para socios estratégicos

Entre los resultados de los análisis realizados para la creación de valor para los socios estratégicos, además de la calidad de sus productos, con una rápida capacidad de respuesta; aspectos que le permiten generar una ventaja competitiva con respecto a empresas similares del entorno de negocio.

Como parte de los servicios formalizados con sus socios estratégicos, la incorporación del monitoreo continuo permitirá a Hivimar S.A. y sus socios estratégicos, implantar una poderosa herramienta que integrará a las distintas áreas de ambas partes con

un pensamiento sistemático, donde cada área será influyente en la otra y el comportamiento de los distintos elementos del sistema y sus efectos entre la interdependencia departamental[21], los resultados que recolectan los gestores de mantenimiento y el departamento de ingeniería de Hivimar, servirán para la toma de decisiones en la planificación de recursos humanos, cadena de producción o en la cadena de suministro y logística de los socios estratégicos que conforman este suprasistema[22].

Los resultados de esta interacción entre los distintos sistemas, se manifiestan en forma de resultados tangibles a los socios estratégicos, cuando se presentan eventos que el sistema de monitoreo de condición en línea anticipa un fallo, evitando que el socio estratégico sufra de pérdidas de producción o altos costos en intervención de sus equipos. A continuación, se detalla un caso de un grupo de equipos monitorizados por el sistema propuesto en una fábrica de cerámica plana, donde el sistema de monitoreo de condición en línea forma parte de un grupo de servicios de valor agregado.

En la Figura 14 se puede observar los criterios de alerta del sistema basados en [18] [19], analizados a través de un periodo de tiempo establecido con el fin de marcar los cambios ocurridos en los componentes del sistema. La Figura 15 indica los eventos monitorizados fuera de los límites de tolerancia del elemento monitorizado. Basados en este evento, se planifica una intervención cuyos resultados comparativos con respecto a actividades similares previas a la implementación del sistema de monitoreo se incluyen en la Tabla 3.

TABLA III
RESULTADOS DE INTERVENCIÓN

	Intervenciones sin sistema de monitoreo	Intervenciones con sistema de monitoreo
Tiempo de reparación	15 – 20 días (420 horas promedio)	10 horas
Pérdida de producción	\$1260000	\$30000
Costo de reparación (solo considerado horas de personal de mantenimiento)	\$252000	\$6000

Finalmente, las mejoras que alcanzadas benefician a ambas partes del sistema, de tal manera que la incorporación del servicio de monitoreo en línea, se traducirán en mejores condiciones comerciales gracias a gestión estratégica de los recursos de la compañía tales como:

- Liderazgo de segmento de mercado
- Ampliación de presencia en el mercado
- Mejora de rentabilidad de la empresa
- Fidelización de cliente
- Reconocimiento de marca
- Mejora en el capital humano de la empresa

ÁREA	EQUIPO	ELEMENTO	TAG/ID	VAL.	PRIORIDAD	RECOMENDACION	ESTADO
MOLINOS	CBM50CR N°1	MOTOR		E2	P2	AJUSTAR PERNOS DEL MOTOR VERIFICAR LA ALINEACIÓN DE LOS DOS EJES LUBRICAR RODAMIENTOS	ALERTA
		REDUCTOR		E3	P3	SEGUIR TENDENCIA	SIN NOVEDAD
		CHUMACERAS		E2	P0	SOLTURA MECANICA VERIFICAR LOS AJUSTES INTERNOS Y AJUSTAR PERNOS	ALERTA
		APOYO 1		E3	P3	SEGUIR TENDENCIA	SIN NOVEDAD
		APOYO 2		E3	P3	SEGUIR TENDENCIA	SIN NOVEDAD
	CBM50CR N°2	MOTOR		E1	P1	PLANIFICAR CAMBIO DE RODAMIENTOS DEL MOTOR COINCIDENCIA FRECUENCIA DE ELEMENTOS RODANTES	PELIGRO
		REDUCTOR		E3	P3	Realizar mediciones periódicas	SIN NOVEDAD
		CHUMACERAS		E3	P3	Realizar mediciones periódicas	SIN NOVEDAD
		APOYO 1		E3	P3	Realizar mediciones periódicas	SIN NOVEDAD
		APOYO 2		E3	P3	Realizar mediciones periódicas	SIN NOVEDAD

Fig. N°14. Extracto de informe de monitoreo. Fuente: Hivimar.

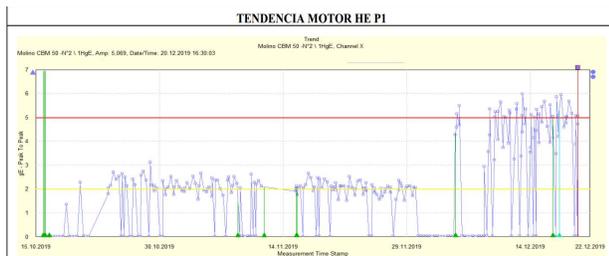


Fig. N°15. Extracto de informe de monitoreo. Fuente: Hivimar.

B. Ampliación de servicios de monitoreo de condición e implementación del CDR.

1) Implementación de sistemas de monitoreo continuo para entornos industriales

El monitoreo de condición brindó una herramienta confiable, para el diagnóstico y pronóstico de fallos, entregando el estado real de la maquinaria previo a su modo de falla, permitió la programación de la intervención, basados en las señales de operación del sistema. Su diagnóstico incluye tareas como detección, aislamiento y la identificación de la falla, para relacionarlos con sus indicadores de condición.[23]

A partir de este punto, los beneficios proyectados dependen del diseño óptimo de las políticas de CBM incluyendo frecuencias de inspección, calidad de inspecciones / mantenimiento y optimización de criterios, en relación con las implicaciones que se deriven de los modelos de deterioro del sistema, que podrán ser moderadas o de

una degeneración constante del sistema tal como se recomienda en [24].

De estas evidencias se detallan los beneficios de la incorporación de sistemas de monitoreo de condición que comienzan a obtener los socios estratégicos de Hivimar S.A, tal como lo cita [25]:

- Reducción de tiempos de paradas.
- Permitir el seguimiento de un defecto a través del tiempo.
- Optimización de recursos.
- Realizar la verificación de la condición y monitores de estado en tiempo real de la maquinaria.
- Manejar y analizar un registro de información histórica vital a la hora de la toma de decisiones técnicas en los equipos.
- Define los límites de tendencia relativos a los tiempos de falla o de aparición de condiciones no estándar.
- Posibilita la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Facilitar la confección de formas internas de funcionamiento, o compra de nuevos equipos.
- Posibilita el análisis de las averías.
- Aplica el análisis estadístico del sistema.

Sobre la base de los puntos expuestos se engloba la finalidad que percibe el monitoreo de condición para alcanzarlos, obteniendo información de condición de la maquinaria, de manera que pueda ser operada o mantenida con seguridad y economía.[26]

Para establecer el modelo de implementación de sistemas monitoreo continuo, con el fin de complementar la gestión de mantenimiento basado en condición de los clientes de Hivimar, aplicable a distintos entornos industriales, nos basamos en la Norma ISO 17359 – 2018 [14], para lograrlo se debe realizar el análisis detallado en diagrama de flujo en virtud de los siguientes puntos:

- Análisis de costos
- Identificación de equipos y sus funciones.
- Auditar la confiabilidad y criticidad.
- Seleccionar el método de monitoreo.
- Adquisición de datos y su análisis.
- Determinar acciones de mantenimiento.
- Revisiones.
- Entrenamiento.

Por otra parte, el uso de la normativa ya vigente permite adaptar el sistema para equipos de alta criticidad, analizados por el sistema AMFEC, que nos permiten conseguir los beneficios que se enumeran con mucha claridad en [27] y descritas a continuación.

- Mejora en el estado de los activos
- Mayor disponibilidad de equipos.
- Aumento de fiabilidad de equipos.
- Reducción de tiempos de mantenimiento.
- Eliminar mantenimiento preventivo en intervalos fijos.
- Optimizar el mantenimiento predictivo, para elevar la eficacia y eficiencia del sistema.
- Reducción de costos energéticos

Para integrar un equipo a estas herramientas de mantenimiento predictivo, el componente fue analizado a través del diagrama indicado en Fig. N°16, de acuerdo a los parámetros que nos entregaron [14][15][18][19].

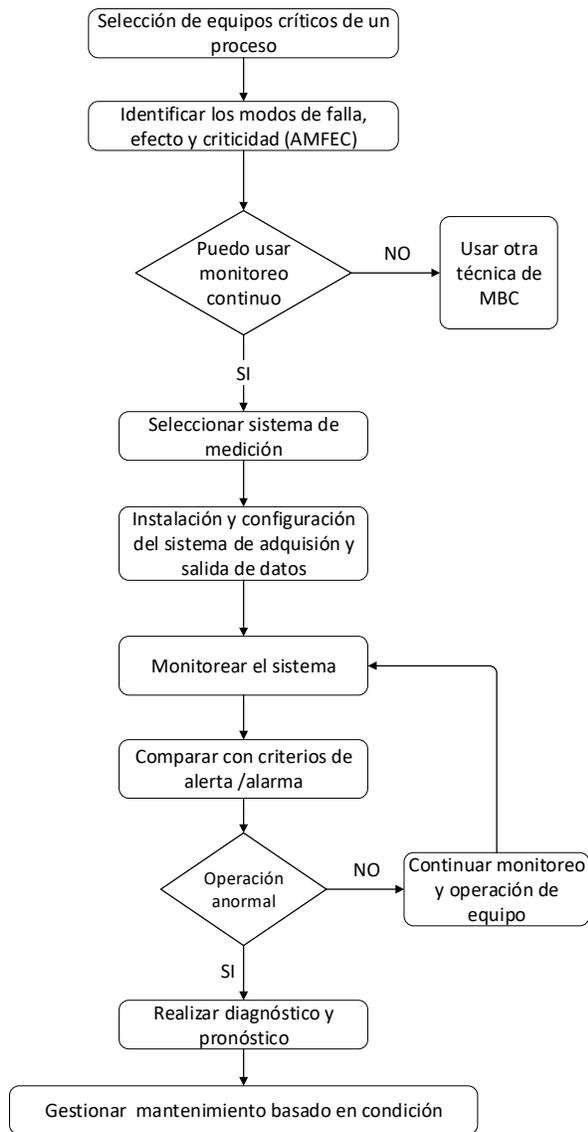


Fig. N°16. Diagrama de monitoreo continuo. Fuente: Hivimar.

Este diagrama permite adaptar cualquier equipo crítico de una planta industrial, y describe la operación del sistema de monitoreo continua, para equipos que su operación no sea crítica, se plantean alternativas fuera de línea para el análisis de operación, que podrán se integradas al CDR[13].

2) Procesamiento de la Información de equipos críticos.

Para alcanzar un manejo eficiente de la información, la identificación de los modos falla se basó en la norma ISO-14224, en la definición de la función principal y falla de cada equipo, seguido de la evaluación de la severidad, ocurrencia y detectabilidad correspondiente a cada falla funcional, se registró de una manera organizada y estructurada, categorizando la misma por equipos, falla y mantenimiento [15][28].

La categorización de la información debe manejarse ordenadamente y estructuradamente [15], con la siguiente parametrización, los usuarios pueden aplicarlo a cualquier equipo basados en la Tabla 4, iniciando una gestión organizada del mantenimiento.

TABLA IV
CATEGORIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Origen de datos y parámetros de clasificación		Ejemplos:
Datos de equipos	Datos de identificación	<ul style="list-style-type: none"> Localización de un equipo Clasificación Datos de la instalación Datos de la unidad de equipo
	Datos del diseño	<ul style="list-style-type: none"> Datos del fabricante Características del diseño
	Datos de la Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> Operación Ambiente
Datos de la falla	Datos de identificación	<ul style="list-style-type: none"> Registro de la falla Localización del equipo.
	Datos de la falla	<ul style="list-style-type: none"> Datos de la falla. Componentes mantenibles que fallaron. Clase de Severidad. Modo que presenta la falla. Causas de la falla. Método de la observación.
Datos del Mantenimiento	Datos de identificación	<ul style="list-style-type: none"> Registro de mantenimiento del equipo Localización del equipo Registro de la falla.
	Datos de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Datos de mantenimiento. Categoría de mantenimiento. Actividades de mantenimiento. Componentes que recibieron mantenimiento. Horas-Hombre de mantenimiento por cada disciplina. Tiempos activos de mantenimiento. Tiempos detenidos

Al procesar el conjunto de señales emitidas por los sistemas SKF IMX[20], se encontró las siguientes anomalías (i) aumento en la velocidad de vibración en el motor,(ii) desalineamiento del sistema de transmisión de potencia, tal como se evidencia en la Fig. 17 y19, estas señales fueron analizadas en el Centro de Diagnóstico Remoto (CDR), el cual se informó al cliente, junto a las recomendaciones necesarias para la intervención del equipo.

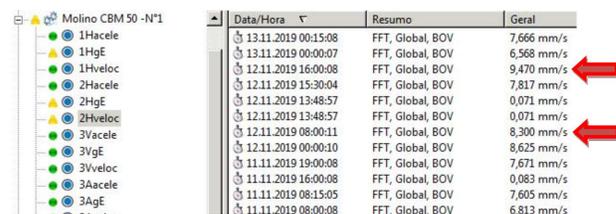


Fig. N°17. Análisis de espectros desde el CDR. Fuente: Hivimar.

3) Monitoreo por medio del CDR.

Lo expuesto en todos los puntos anteriores encaminó al trabajo desde el Centro de Diagnóstico Remoto (CDR), de acuerdo con las directrices que brindan los sistemas de monitoreo continuo IMX de SKF [20], se procesaron las señales de operación, y se planificó la intervención del equipo.

Se adaptó el monitoreo continuo a los equipos del cliente, según sus particularidades del entorno operativo y niveles de servicio de acuerdo a [18] [19], asumiendo un modelo propio de mantenimiento basado en condición que podrá incorporar las características descritas en [20].

Fig. 18 observamos un extracto del monitoreo y análisis de resultados generados desde el CDR, se planificó la intervención para restablecer condiciones óptimas de operación, de acuerdo a las recomendaciones realizadas por parte del Departamento de Ingeniería de Hivimar S.A. que podemos observarlas en la Fig. 19.



Fig. N°18. Análisis de tendencia desde el CDR. Fuente: Hivimar.

	INFORME DE ANÁLISIS DE VIBRACIONES
	Planta: <input type="text"/>
MOLINO <input type="text"/>	
Se informa que se incrementó el nivel de velocidad de vibración en el punto 2 del motor, manifestación de desalineación en el conjunto motor reductor.	
Se recomienda corregir la alineación del conjunto dejando los valores de la tolerancia lo más cercano a cero, en las correcciones de la desalineación angular y paralela de cada vista.	

Fig. N°19. Informe y recomendaciones del CDR. Fuente: Hivimar.

El departamento de mantenimiento planificó la intervención de acuerdo al informe emitido desde el CDR, la alerta temprana permitió la gestión de recursos inmediata, que en circunstancias anteriores no hubiese sido posible minimizar las pérdidas de la empresa. En la intervención se pudo evidenciar el estado de los elementos del sistema de transmisión de potencia observados en Fig. 20, producto de oportuno diagnóstico y una efectiva gestión de mantenimiento, fueron minimizadas las pérdidas por lucro cesante y daños mayores en maquinaria.



Fig. N°20. Estado de sistema de transmisión previo y posterior a la intervención. Fuente: Hivimar.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Con el fin de establecer el plan de ampliación de servicios de monitoreo de condición y los beneficios que se podrán incorporar a los socios estratégicos de Hivimar, con el fin de fortalecer la relación comercial entre ambas partes, se puede concluir los siguientes aspectos.

- La integración de una gestión estratégica por medio de los servicios de monitoreo se fundamenta en la potencialidad de cada uno de los segmentos de mercado al cual la empresa piensa enfocar, así como de una tendencia global hacia la digitalización de procesos e información. Teniendo claramente la situación actual de la empresa y definido los objetivos trazados, avanzando hacia ellos desde la gestión diaria con cada uno de los clientes.

- El valor agregado generado por medio de los servicios para los socios estratégicos, elevará la gestión de Hivimar, integrándose de manera sistemática con sus socios estratégicos, fortaleciendo las relaciones comerciales de manera mutua.

- La estandarización brindada por la norma ISO 17359 otorga valiosos lineamientos a los departamentos de mantenimiento de los clientes de Hivimar, permitiendo adaptar el servicio de monitoreo de condición a equipos fundamentales de su sistema, acoplándolo a cualquier entorno operativo de acuerdo a normativas internacionales.

- El procesamiento eficiente de datos, y la correcta aplicación de la información obtenida en monitoreo, permitirán una toma de decisiones oportunas y eficientes, aumentando confiabilidad de equipos, reducción de tiempos de paradas, evitando mantenimientos prematuros, alargando la vida útil de los activos de una empresa.

- El procesamiento de señales de operación y alertas por medio del CDR permitirá a los socios estratégicos de Hivimar, la toma de decisiones en tiempo real para la gestión eficiente de sus activos, además de describir el comportamiento a través del tiempo con el objeto de la creación de una base de datos del comportamiento operativo de los mismos.

V. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. CARDENAL, "BREVE HISTORIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL", 21 FEB, 2018. <https://alfonsocardenal.wordpress.com/2018/02/21/historia-del-mantenimiento/>.
- [2] J. Moubray, "Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Edición en Español", p. 446, 2004.
- [3] L. Tavares, "Administración Moderna de Mantenimiento", *Novo Polo Publ.*, pp. 119–132, 2010, [En línea]. Disponible en: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36832965/Libro-administracion-moderna-de-mantenimiento.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1498626147&Signature=%2FdQQQAPigrDqbmh97oJb5PtITKA%3D&response-content-disposition=inline%3B filename%3DL>.
- [4] SKF GROUP, "BNSF Railway relies upon surge tests on locomotive motors to avert future motor failures", *PUB C. 14100 EN*, p. 2, 2013.
- [5] Z. Daneshi-Far, G. A. Capolino, y H. Heno, "Review of failures and condition monitoring in wind turbine generators", *19th Int. Conf. Electr. Mach. ICEM 2010*, 2010, doi: 10.1109/ICELMACH.2010.5608150.
- [6] S. Nandi, H. A. Toliyat, y X. Li, "Condition monitoring

- and fault diagnosis of electrical motors - A review”, *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 20, núm. 4, pp. 719–729, 2005, doi: 10.1109/TEC.2005.847955.
- [7] L. Amendola, “Sistemas expertos monitoreo de condiciones en máquinas rotativas”, *Dep. Proy. Ing.*, núm. Universidad Politécnica de Valencia, pp. 1–4.
- [8] D. Goyal, B. S. P. S. S. Dhimi, y K. Lachhwani, “Optimization of condition-based maintenance using soft computing”, *Neural Comput. Appl.*, 2016, doi: 10.1007/s00521-016-2377-6.
- [9] J. A. MALDONADO, “La Estrategia Empresarial”, *Alta Dir.*, vol. 22, núm. 126, pp. 69–80, 1986.
- [10] R. Kaplan y D. Norton, “Cuadro de Mando Integral (The Balanced Scorecard)”, vol. Segunda Ed, p. 305, 2002.
- [11] C. Rodríguez, J. Fuente-Pila, y J. Torrubiano, “Cuadro de Mando Integral y Gestión del Conocimiento en las Empresas Agroalimentarias”, *Forum Calid.*, vol. 171, núm. August, pp. 61–65, 2006.
- [12] O. Kenichi, “La Mente Del Estratega”. Madrid, España, 2004.
- [13] O. Valiente, “Soluciones en Digitalización Orientada a la Gestion de Activos”, *Soc. URUGUAYA MANTENIMIENTO, GESTIÓN Act. Y CONFIABILIDAD*, 2018.
- [14] ISO, “ISO 17359:2018”, 2006.
- [15] ISO, “ISO14224 (E) OREDA - Industrias del Petróleo y del gas natural – Recolección e intercambio de información de confiabilidad y mantenimiento para equipo.”, 1999. doi: 10.5860/choice.41-2927.14.
- [16] S. Garrido, “Organización y gestión integral de mantenimiento”, E. D. de Santos, Ed. 2003, pp. 7–130.
- [17] R. J. MEDINA, “ISO 14224, GUIA EN LA ELABORACION DE UN CATALOGO DE FALLAS PARA LA INDUSTRIA DEL GAS Y PETROLEO | LinkedIn”. <https://www.linkedin.com/pulse/iso-14224-guia-en-la-elaboracion-de-un-catalogo-para-y-medina-cmrp/> (consultado jul. 05, 2020).
- [18] “ISO - ISO 10816-3:2009 - Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ”. <https://www.iso.org/standard/50528.html> (consultado jul. 06, 2020).
- [19] “ISO - ISO 10816-4:2009/Amd 1:2017 - Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 4: Gas turbine sets with fluid-film bearings — Amendment 1”. <https://www.iso.org/standard/71201.html> (consultado jul. 06, 2020).
- [20] S. Skf y M. Online, “condición más pequeños que le ofrecen más flexibilidad . Sistemas SKF Multilog Online IMx-8 e IMx-16Plus”.
- [21] R. Ackoff, *El Paradigma de Ackoff: Una administración sistémica*, 1ra. Edici. MEXICO DF, 2002.
- [22] P. Checkland, “Soft Systems Methodology”, en *Soft Systems Methodology*, vol. 1, núm., 2013.
- [23] G. Vachtsevanos, F. Lewis, M. Roemer, A. Hess, y B. Wu, *Intelligent Fault Diagnosis and Prognosis for Engineering Systems*. 2007.
- [24] S. Alaswad y Y. Xiang, “A review on condition-based maintenance optimization models for stochastically deteriorating system”, *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 157, pp. 54–63, 2017, doi: 10.1016/j.ress.2016.08.009.
- [25] L. A. Mora, *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*, Primera. México DF, 2009.
- [26] L. Amendola, “Diagnóstico de Fallos por Monitoreo de Condición”, 2020. <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/diagnostico-de-fallos-por-monitoreo-de-condicion>.
- [27] R. Peinado, “Modelo de certificación de sistemas de monitorizado de la condición según la norma ISO 17359-2011”, pp. 8–13, 2011.
- [28] N. Internacional, “Recolección e intercambio de datos de ISO Copyright por International Organization For Standardization”, vol. 1999, pp. 1–71, 2000.

AGRADECIMIENTOS:

Agradecer a Dios y a la vida por permitirme el gusto del constante aprendizaje.

A Mara y Andrea, por todo el sacrificio de las horas de formación, a mis padres y hermanos que son un soporte constante en cada uno de mis proyectos.

Un agradeciendo especial a Hivimar S.A., en especial a los Directivos de la División Industrial, al Departamento de Ingeniería por permitirme potenciar el gran trabajo que realizan, para seguir siendo los “Líderes del Movimiento”.

..... Si quieres que algo se muera, déjalo quieto.

Jorge Drexler