UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

APLICACIÓN DEL SISTEMA MEMS PARA LA MEJORA DE LA SEGURIDAD EN EL RENDIMIENTO DE NEUMÁTICOS DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO EN LA UNIDAD MINERA TOQUEPALA

INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

BACH. DIEGO ALBERTO CONDE PORTILLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2020

RESUMEN

En el presente informe se da a conocer las actividades realizadas como supervisor de seguridad en la empresa Neuma Perú, empresa que ejerce el servicio de enllante y mantenimiento de neumáticos *Off The Road* (OTR) en la Mina de Toquepala perteneciente a la corporación minera Southern Copper Corporation. Durante las labores de enllante en la flota de camiones y equipos de carguío, se usa constantemente herramientas neumáticas que pueden ocasionar lesiones incapacitantes, atrapamientos de manos o parte de ella, así también las lesiones lumbares por el mismo peso de las herramientas y la ergonomía al ajustar o desajustar las tuercas para el retiro e instalación de los neumáticos, en esta maniobra es inevitable el reemplazo de máquinas como el manipulador y el montacargas que permanentemente se encuentran en movimiento por todo el área de trabajo, teniendo como consecuencias posibles fatalidades por aplastamiento o atropello en caso de no estar familiarizado con los peligros; como principal y representado un trabajo de alto riesgo se encuentra la manipulación de neumáticos gigantes con riesgo de explosión, que es la liberación repentina de todo el aire con la posibilidad que los componentes salgan expulsados de forma violenta, que no solo puede afectar a los trabajadores de Neuma Perú sino también a los operadores de los equipos, motivo por el cual se aplica un sinfín de protocolos para minimizar el daño al proceso como a la persona. Es aquí donde la seguridad toma lugar para aplicar controles con la activa participación de los trabajadores promoviendo una cultura de prevención de riesgos laborales con la finalidad de evitar accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, siendo un apoyo la implementación de un sistema de monitoreo TPMS (Tire Pressure Monitoring System) que sirve para realizar la medición de la presión y temperatura de los neumáticos, al contar con esta herramienta permite mejorar el cuidado y desempeño de los mismos, por estas razones Neuma Perú trabaja con este aliado estratégico, MEMS (Michelin Earthmover Management System) que constantemente se encuentra en mejoramiento y actualización, la versión 3 es la que se usa en las mayorías de minas, la versión 4 se viene implementado en Las Bambas, Toquepala y Quellaveco, donde permite conocer las presiones y temperatura de los neumáticos en tiempo real evitando la exposición del trabajador a la línea fuego, además de ser un aliado para mejorar el rendimiento de los neumáticos OTR mediante el monitoreo constante de estos dos parámetros muy importantes para el buen desempeño de los neumáticos.

Palabras clave: Gestión de neumáticos, enllante, mantenimiento, rendimiento de neumático, sistema MEMS, TPMS.

ABSTRACT

This report discloses the activities carried out as a safety supervisor at the company Neuma Peru, a company that performs the service of running and maintenance of *Off The Road* (OTR) tires at the Toquepala Mine belonging to the Southern Copper Corporation mining. During work on the fleet of trucks and loading equipment, pneumatic tools are constantly used which can cause disabling injuries, entrapment of hands or part of it, as well as lumbar injuries due to the same weight of the tools and ergonomics when adjusting or loosening the nuts for the removal and installation of the tires, in this maneuver it is inevitable the replacement of machines such as the manipulator and the assemblies that are permanently in motion throughout the work area, having as a consequence possible crush fatalities or run over if you are not familiar with the dangers; the main danger and proven high-risk work is the handling of giant tires with a risk of explosion, which is the repentant release of all air with the possibility that the components can be expelled violently, which can not only affect Neuma Peru workers also use equipment operators, which is why a host of protocols are applied to minimize harm to the process and to the person. It is here where safety takes place to apply controls with the active participation of workers, promoting a culture of prevention of occupational risks in order to avoid work accidents and occupational diseases, one of them being the implementation of technology through the MEMS (Management Earthmoving Michelin System) which is constantly being improved and updated, version 3 is the one used in most mines, version 4 has been implemented in Las Bambas, Toquepala and Quellaveco, system where It allows to know the pressures and temperature of the tires in real time avoiding the exposure of the worker to the fire line, in addition to being an ally to improve the performance of OTR tires by constantly monitoring these two parameters very important for the good performance of the tires.

Keywords: management of tire, truck shop, maintenance, pneumatic performance, MEMS system, Tire Pressure Monitoring System (TPMS).

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Trayectoria del autor 1

1.2. Descripción de la empresa 2

1.3. Organigrama de la empresa 3

1.4. Áreas y funciones desempeñadas 4

1.4.1. Área: Seguridad y Salud Ocupacional 4

1.4.2. Área: Planeamiento 6

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA 7

2.1. Introducción 7

2.2. Aspectos generales de mina Toquepala 10

2.2.1. Ubicación 10

2.2.2. Geología Regional: 11

2.2.3. Geología y mineralización 11

2.2.4. Geomorfología, topografía y paisaje 11

2.2.5. Equipos de producción 12

2.3. Gestión de neumáticos 13

2.4. Problemática de los neumáticos. 21

2.5. TPMS MEMS – Michelin 23

III. PRODUCTOS/ RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO 35

3.1. Generalidades de los resultados 35

3.2. Inflado seguro 35

3.3. Inspección de neumáticos seguro 36

3.4. Monitoreo a distancia 36

IV. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS RECOMENDACIONES 40

4.1. Monitoreo de neumáticos por cada equipo de la flota camiones 40

4.2. Seguridad para trabajadores 40

4.3. Maximiza el tiempo de disponibilidad de los equipos 40

V. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 42

VI. ANEXOS. 45

ANEXO 1. Separación térmica producto de excesiva velocidad. 45

ANEXO 2. Daño por corte y consecuencia en el neumático. 46

ANEXO 3. Pantalla de servidor sistema MEMS. 47
ANEXO 4. Pantalla desde una PDA o celular con sistema MEMS activado. 48
ANEXO 5. Monitoreo de presión y temperatura. 49
ANEXO 6. Gráfica de temperatura. 50
ANEXO 7. Gráfica de presión. 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de la empresa Neuma Perú....4
Figura 2 Componentes de un aro para el montaje de un neumático....8
Figura 3 Línea de fuego durante el inflado de un neumático....9
Figura 4 Jaula de seguridad para inflado de neumático OTR....9
Figura 5 Ubicación de mina Toquepala....10
Figura 6 Neumático, componente de unión entre equipos y suelo....13
Figura 7 Construcción de un neumático convencional....14
Figura 8 Construcción de un neumático radial....15
Figura 9 Lectura de posicionamiento de neumáticos....16
Figura 10 Rotación de neumáticos en un camión de acarreo....17
Figura 11 Desgaste de hombros, exteriores se desgastena con mayor aceleración....18
Figura 12 Emparejamiento de neumáticos....19
Figura 13 Neumático con corte en banda de rodamiento....20
Figura 14 Neumático con desgaste final....20
Figura 15 Presión de inflado y las superficies de contacto....22
Figura 16 Transceptor del MEMS y sus conectores....23
Figura 17 Módulo 3GPS que se incluye en el transceptor....24
Figura 18 Antenas activas distribuidas en el eje delantero (A) y eje posterior (B)....25
Figura 19 Antenas 3 en 1 instalada....25
Figura 20 Transceptor instalado con conectores de los módulos y antenas....26
Figura 21 Instalación antena 3G/GPS/WiFi en la baranda delante de cabina....27
Figura 22 Distribución de módulos ennun equipo de acarreo....28
Figura 23 Enrutador para conexión de cable de red (Ethernet)....29
Figura 24 Posición final de un sensor MEMS en un neumático....30
Figura 25 Posición final de un sensor en un neumático Firestone....31
Figura 26 Monitoreo de presión y temperatura de neumáticos CAT-67....32
Figura 27 Detalle de alarma ámbar. Sistema MEMS en un dispositivo móvil....33
Figura 28 Detalle de alarma roja. Sistema MEMS en un dispositivo móvil....34
Figura 29 Inflado seguro a distancia con control PDA....35
Figura 30 Inspección de neumáticos seguro en campo....36
Figura 31 Servidor MEMS en pantalla principal emite aviso de alarma CAT 60....37
Figura 32 Visualización del equipo CAT 60. Alarma roja de presion en posición 1....37
Figura 33 Equipo CAT 60 encontrado en campo. Vista general del equipo (A) y vista del neumatico sin presión de aire (B)....38
Figura 34 Neumático con corte interior (A) y exteriormente (B)....39
Figura 35 Neumático sin presión de aire parqueado en zona segura....39
Figura 36 Equipo Kom-95 inoperativo en campo. Vista general del equipo (A) y vista del neumatico posicion 6 sin presion de aire (B)....40
Figura 37 Medición de presiones con celular PDA (Screenshoot)....41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Flota de camiones en UM Toquepala 12
Tabla 2 Flota de cargadores en UM Toquepala 12
Tabla 3 Diferencia entre neumático convencional y radial.....15

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria del autor

En abril del año 2014, año siguiente en el que egresé de la carrera profesional de Ingeniería de Minas, realicé mis prácticas profesionales en la empresa minera Southern Peru Cooper Corporation en el yacimiento de cobre de nombre Cuajone, situado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua. El área a desempeñar las prácticas fue Operaciones Mina, área en el que conocí las flotas de los equipos que se encargan de transportar el material, proceso de acarreo de mineral y desmonte, la importancia de minimizar los tiempos de demora y seguidamente fui parte del área de Mejora Continua, desempeñándome en apoyo de implementar diferentes tecnologías para mejorar las actividades diarias, el periodo de prácticas profesionales comprendieron desde el mes de abril a junio, etapa fundamental para conocer los diferentes trabajos en los que me vería involucrado y posteriormente tuvo impacto en el desarrollo de mis conocimientos de la actividad minera.

En octubre del mismo año ingrese a laborar en la empresa Neuma Perú, en la unidad minera de Toquepala, situado en la región de Tacna con el puesto de Planner de neumáticos OTR, siendo mi primer empleo conocí el rubro de neumáticos que utilizan los equipos de producción realizando principalmente actividades como programación de equipos para mantenimiento de neumáticos, programación de rotaciones, inversiones, cambios por desgaste final, retiros por prevención y registro de datos. En el año 2016, aun permaneciendo en la misma empresa, logre obtener el grado académico de Bachiller y cambie de funciones, siendo en esta ocasión el área de seguridad salud y medio ambiente a desempeñar hasta el año 2019. En la actualidad gracias a la experiencia y conocimientos se me promueve como Jefe de Taller Enllante en el proyecto Quellaveco situado en el distrito de Torata, perteneciente a la provincia de Mariscal Nieto, región de Moquegua, teniendo como funciones supervisar en taller y campo labores de enllante, retiro e instalación, montaje y desmontaje, liderar los distintos procesos y cumplimientos de PETS, elaboración de informes de reportes de neumáticos flota volquetes y auxiliar para la gerencia e implementar el sistema MEMS en la flota de camiones CAT 794AC y cargador frontal CAT 994K.

1.2. Descripción de la empresa

El 18 de Octubre de 1988 se funda en la ciudad de Lima, la empresa Neuma Perú Contratistas Generales S.A.C. bajo la dirección del Ingeniero Luis Quijada Saavedra, quien con la colaboración y asociación de sus hermanos Walter Quijada, Rory Quijada y Monica Quijada emprenden esta increíble aventura. Desde la fundación hasta la actualidad ha adquirido la experiencia necesaria para lograr el desarrollo y diversificar sus operaciones para cubrir con las expectativas de un mercado creciente. No solo bastaba con la venta de neumáticos sino que fue necesario poder brindar el respaldo del servicio postventa que necesita el cliente. Neuma Perú, hoy en día es una empresa dedicada a la importación, distribución y comercialización de neumáticos relacionado a la actividad minera, de construcción y transporte público en la línea Michelin, empresa líder en el mercado mundial.

Una de sus principales actividades es la gestión de neumáticos como talleres de enllante in situ, actualmente desempeña este ejercicio en la mina de Las Bambas, Cuajone, Pucamarca, Toromocho, Quellaveco y Toquepala, esta última con vasta experiencia desarrollando actividades desde el año 1999 como montaje, desmontaje, instalación, retiro, seguimiento, control y reparaciones de neumáticos OTR. Los equipos que ingresan al taller, como camiones, cargadores frontales, motoniveladoras, tractor sobre ruedas, son atendidos con personal debidamente entrenados para las labores de alto riesgo, como manipulación de herramientas neumáticas, operación de equipos medianos como lo son el manipulador y montacargas, estas actividades son parte del cumplimiento de labores para la atención óptima en el taller.

La reparación de neumáticos es una actividad que previene la pérdida por corte, aumentar su rendimiento y rentabilidad. Existen talleres exclusivamente para la reparación, tal es el caso en la mina de Toquepala donde se tiene una amplia y moderna zona implementada para llevar a cabo sin inconvenientes, con esta condición se evita trasladar los neumáticos hacia la ciudad de Arequipa donde reside el principal taller fuera de las minas, con ello también se logra la rápida disponibilidad en caso de ocurrir cualquier evento no deseado como son los impactos.

Misión

Contribuir al progreso de nuestros clientes, brindándoles la más alta calidad y excelencia en la venta de neumáticos y el uso de tecnología de vanguardia en la prestación de nuestros servicios.

Visión

Consolidarnos como la mejor empresa de venta y reparación de neumáticos así como un aliado estratégico para el desarrollo del máximo costo/beneficio de nuestros clientes.

Objetivo

Eliminar, minimizar y controlar las pérdidas producidas por algún proceso, condición o acción, incrementando de esta manera la calidad en los servicios prestados, la productividad de la empresa y el desarrollo de nuevos proyectos a través del mejoramiento continuo y aplicativos tecnológicos.

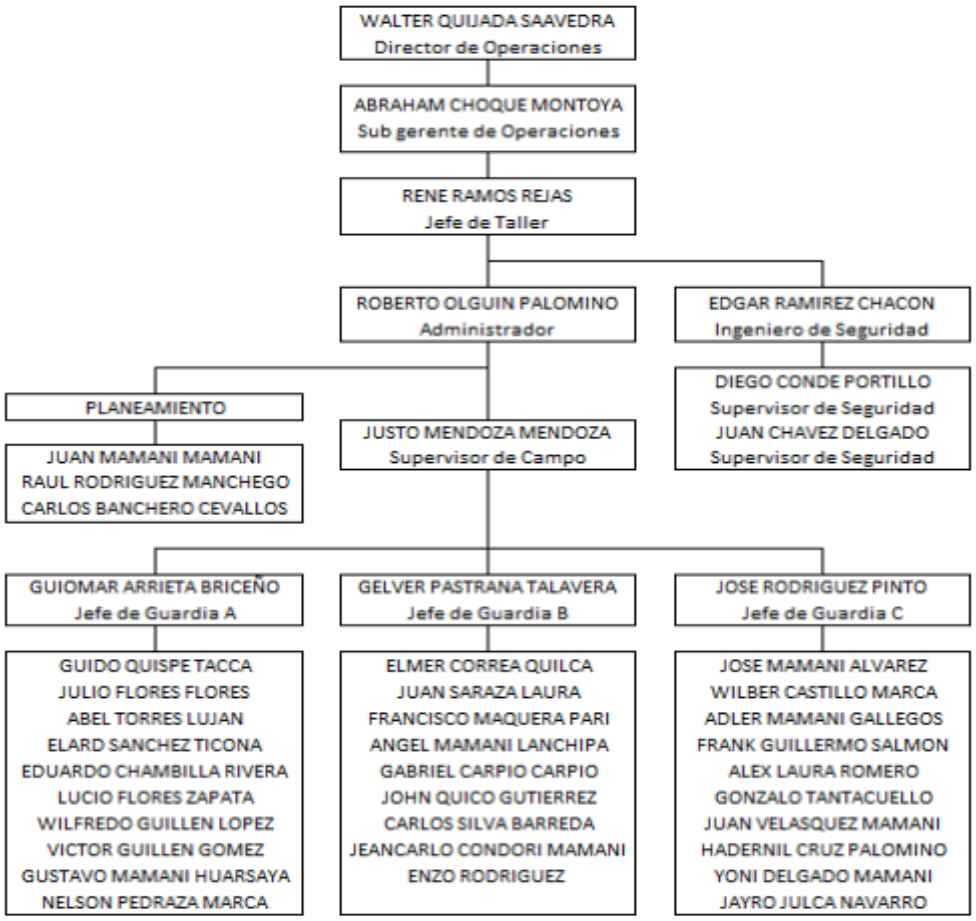
1.3. Organigrama de la empresa

Mediante una herramienta grafica se representa la forma en la que Neuma Perú se encuentra organizada en el taller de enllante Toquepala (Figura 1), de esta manera se conoce la jerarquía que cada trabajador la compone para poder llevar a cabo los trabajos que día a día se realizan. En Toquepala se rige bajo un sistema de trabajo de 10 x 5, se labora en dos turnos (diurno y nocturno), consta de tres guardias de 10 trabajadores cada una liderado por un jefe de guardia y dos maestros. El director como el subgerente de operaciones ejercen sus funciones desde la sede principal Lima y Arequipa respectivamente. El jefe de taller es quien dirige in situ las operaciones a llevarse a cabo diariamente, representando allí la máxima autoridad. A la vez, se cuenta con un administrador quien durante la ausencia de la jefatura cumple con sus funciones y las que involucran a la toma de decisiones, orientar y hacer uso eficaz de los recursos, asimismo realizar gestiones con los supervisores de SPPC.

Seguridad y salud ocupacional con el área de planeamiento complementan para cumplir con las estrategias de lograr un óptimo trabajo.

Figura 1

Organigrama de la empresa Neuma Perú



Fuente: Elaboración propia

1.4. Áreas y funciones desempeñadas

1.4.1. Área: Seguridad y Salud Ocupacional

La seguridad en el trabajo involucra la disciplina del trabajador y la gestión de actividades por parte de la empresa, cuyo objetivo es aplicar medidas de prevención de riesgos con la única finalidad de preservar la salud de los trabajadores. Es obligatorio que las empresas cumplan con las normas establecidas que cada día son más estrictas, existen modelos de gestión que se pueden implementar de forma independiente o conjunta, pero los requisitos y/o cumplimientos se encuentran alineados entre sí. Las principales actividades se describen a continuación.

- Supervisión de trabajos del personal en taller Neuma, talleres SPCC, grifos y en trabajos eventuales en campo (con jefes de guardia, mecánicos y reparadores).

- Mantenimiento del Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente, apoyar en el cumplimiento de las metas trazadas mes a mes según el Plan Anual de Seguridad.

- Velar por el bienestar general de los trabajadores, generando informes técnicos donde se proponga alternativas de solución a la problemática o eliminar condiciones que ponen en riesgo la salud del trabajador.

- Reportar actos y condiciones sub estándar, generar índices y estadísticas de estos reportes con la finalidad de tomar acciones para su reducción.

- Inspeccionar las instalaciones del taller y gestionar el levantamiento correspondiente de las observaciones obtenidas.

- Elaboración y presentación de reportes y estadísticas seguridad, salud y medio ambiente a la jefatura y el cliente.

- Realizar la investigación de incidentes y/o accidentes.

- Velar por los cumplimientos de normas y procedimientos de seguridad durante las operaciones.

- Velar por el cumplimiento de las políticas de la empresa.

- Supervisar el correcto uso y llenado de los formatos de seguridad, según mina.

- Cumplir normas y procedimientos de seguridad y medio ambiente establecidos, mediante el uso y la aplicación de las mejoras prácticas de seguridad y medio ambiente durante el desarrollo de las operaciones.

- Asumir las funciones y responsabilidades del jefe de taller y/o administrador cuando estos se encuentren ausentes por cualquier motivo.

1.4.2. Área: Planeamiento

La data proveniente del inspector de neumáticos en los grifos, inspección en el taller, taller de Volquetes (SPCC) como remanente, presiones, cortes, y las descripciones del estado de aros y componentes son proyectados a una base de datos para conocer con anticipación cuales son los neumáticos que requieren mantenimiento como rotación, inversión, cambio por desgaste final, emparejamiento, etc., actividades que ayudaran a lograr un buen rendimiento horario.

- Manejo de sistemas operativos utilizados para la elaboración y presentación de informes a la mina.

- Uso de software SAP para la compra, reserva de materiales y componentes para los equipos según la necesidad en el taller.

- Apoyo al jefe de taller enllante en las labores operacionales y de planeamiento para la efectividad de las actividades del taller.

- Presentar los informes establecidos o los que se soliciten por mina.

- Realizar inspección de vías y rutas de acarreo para conocer el estado actual de las vías e identificar los actos y condiciones que penalizan el rendimiento de los neumáticos.

- Planificación de trabajos respecto a rotaciones, inversiones, cambios por daños o desgaste final y emparejamientos.

- Control y seguimiento al sistema MEMS con la finalidad de monitorear constantemente las presiones y temperatura de los neumáticos logrando obtener mejores rendimientos.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1. Introducción

La minería representa una actividad económica en el sector primario, refiriéndonos en términos de extracción de minerales, el ciclo productivo o proceso de minado para la conversión del mineral a un producto comerciable es el siguiente:

- ✓ Explotación, se refiere a la extracción de mineral mediante explosivos.
- ✓ Carguío y transporte, representa el movimiento del mineral hasta los distintos puntos de acopio, planta de proceso, botaderos, etc.
- ✓ Procesamiento, es la reducción del tamaño mediante procesos físicos para liberar las partes metálicas desde la roca.
- ✓ Fundición, separación de los metales contenidos en los concentrados.
- ✓ Refinación, purificación de los metales producto de la fundición.

Para un efectivo transporte de mineral en un camión de gran capacidad de carga es necesario exigir una gran performance a los neumáticos que utiliza, estos mejoran continuamente en su composición, mejoran en mayor resistencia al desgaste, abrasión, resistencia a la temperatura, etc., sin embargo, no se asegura que serán aprovechados al máximo hasta llegar al desgaste de la goma aprovechable, cada neumático posee un rendimiento horario según fabricante, para tal objetivo depende en gran porcentaje la buena operación del operador y otra parte las condiciones de las pendientes, peralte y ondulaciones (condiciones de carreteras o vías) por donde los neumáticos ruedan. Estos son inflados con aire a una presión que puede alcanzar los 140 PSI en una jornada, es decir la medición en caliente, término que se refiere cuando el neumático se encuentra trabajando, el trabajo genera el aumento de la temperatura interna del neumático al igual que la presión de aire medida en PSI, importante dato que solo puede ser medido con un TPMS.

Para el armado de neumáticos, el trabajador debe ser entrenado y capacitado constantemente al igual para interactuar con las herramientas que ayudaran a realizar un correcto montaje. Los componentes del aro (convencional) y neumático son dos pestañas, una corbata, un anillo seguro tal como se aprecia en la Figura 2; también se usan aros denominados Smart Wheel, traducidos al español aros inteligente, denominado así por estar creado para un cambio más rápido de los neumáticos y

además elimina el proceso de re-torques (tiempo para verificar ajuste de tuercas); durante el montaje se tiene interacción entre hombre y máquina, teniendo el riesgo de aplastamiento de no contar con buena comunicación o estar distraído en alguna maniobra. Las manos están frecuentemente a exposición de lesiones incapacitantes producto del atrapamiento entre herramienta y estructura de la rueda, pudiendo causar lesiones como amputaciones de dedos.

Figura 2

Componentes de un aro para el montaje de un neumático.



Fuente: Elaboración propia

El mayor riesgo se encuentra en el procedimiento del inflado del neumático, teniendo como consecuencia la fatalidad, por ello se considera un trabajo de alto riesgo. Esto puede ser ocasionado por varias razones, usar un componente que no pertenece al mismo fabricante, usar un componente defectuoso, mal procedimiento de montaje, etc., la violencia de la liberación de energía puede ser hasta catastrófica, por este motivo durante el inflado en un neumático ya instalado, retirarse de la línea de fuego es un acto de prevención, la línea de fuego se representa en la Figura 3, que comprende la zona de trayectoria de los componentes en una situación de explosión o reventón, el trabajador deberá situarse en el sentido de la banda de rodamiento para minimizar el riesgo. La tecnología ha creado una jaula de seguridad diseñada para neumáticos gigantes como neumáticos de equipos auxiliares que son más pequeños, pero el peligro y las consecuencias son las mismas, mediante esta

estructura de metal como se observa en la Figura 4, se puede prevenir la violenta expulsión de componentes y prevenir un accidente, ya que concretamente no se puede conocer ni tampoco suponer la trayectoria de estos.

Figura 3

Línea de fuego durante el inflado de un neumático.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Jaula de seguridad para inflado de neumático OTR



Fuente: Martin Industries

De acuerdo a la experiencia adquirida, el presente informe desarrollará la gestión de neumáticos en la Unidad Minera de Toquepala (Tacna) y la implementación de un TPMS para el control en tiempo real de la presión y temperatura de los neumáticos que contribuye a la seguridad y mejora el rendimiento.

2.2. Aspectos generales de mina Toquepala

2.2.1. Ubicación

La mina de Toquepala es un yacimiento minero a tajo abierto que está ubicado en el sur del Perú, distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, provincia de Tacna (Figura 5). La explotación se lleva a cabo por Southern Peru Copper Corporation, la producción minera es principalmente de cobre y en pocas cantidades de molibdeno y otros minerales. Las distancias promedio para llegar al yacimiento minero de Toquepala desde Moquegua es 76 Km hasta llegar a Camiara vía terrestre en auto por la carretera Panamericana, desde este punto hasta el campamento de Toquepala es de 72 Km de carretera asfaltada; desde la capital de Lima, tiene una distancia aproximada de 1035 Km bajo las mismas condiciones.

Figura 5

Ubicación de mina Toquepala



Fuente: Iglesias (2016)

2.2.2. Geología Regional:

Toquepala se encuentra ubicado en la región que pertenece a la franja sísmica circum-pacífica de los Andes Sur Occidentales del Perú, se caracteriza por haber soportado una intensa actividad volcánica, cuyos remanentes son una serie de conos volcánicos, luego de intrusiones posteriores del batolito andino, de composición acida a intermedia que han afectado a las rocas encajonantes.

2.2.3. Geología y mineralización

Geología local, la evaluación geológica local para la zona de estudio, ha permitido caracterizar las siguientes formaciones.

Sector Toquepala

- Grupo Toquepala
  - Volcánico Paralaque
  - Volcánico Quellaveco
- Depósitos Cuaternarios.
- Rocas intrusivas

Geología estructural, se encuentra ubicado sobre el flanco andino, cerca de la cadena de conos volcánicos. Localmente se tiene reconocida la Falla de Micalaco, que es una zona de grandes fallas orientadas al NE-SE de aprox. 300 m de ancho que atraviesa la mina Toquepala. Esta zona de fallas es paralela a la falla Incapuquio que se encuentra a unos 6 Km al SO atravesando la zona alta de los volcánicos Quellaveco y las dioritas y granodioritas.

2.2.4. Geomorfología, topografía y paisaje

Sector Toquepala, ubicado en la vertiente Occidental Andina en altitudes que van de 2,100 a casi 4,000 msnm. La morfología corresponde a las montañas andinas áridas Sur Occidentales del país, donde la aridez climática, aunque menos acentuada que en la costa, sigue siendo uno de los patrones morfológicos principales. La topografía

montañosa y la naturaleza, en gran parte volcánica del área, son otros rasgos esenciales.

2.2.5. Equipos de producción

La mina de Toquepala cuenta con una variedad de equipos de acarreo como se muestra en la Tabla 1, entre ellos se encuentran la flota camiones CAT 797F y KOM 980E, ambos con capacidad de 362 toneladas, la flota CAT 794AC con capacidad de 282 toneladas, le sigue los KOM 930 E4, E3 y E1, y la flota de menor capacidad los CAT 793C y D. Para los equipos de carguío se encuentran nueve palas eléctricas y tres equipos de cargadores frontales como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 1

Flota de camiones en UM Toquepala

FLOTA CAMIONES		
MARCA	**MODELO**	**EQUIPOS**
CAT	793C	06, 07, 08, 09.
KOM	E3	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23.
KOM	E4	24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40.
CAT	794 AC	41, 42, 43, 44.
CAT	793D	51, 52, 54, 55, 56, 57, 58.
CAT	797F	60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111.
KOM	980E	130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Flota de cargadores en UM Toquepala

FLOTA CARGADORES		
MARCA	**MODELO**	**EQUIPOS**
LE TOURNEAU	1850	LT-1850
LE TOURNEAU	2350	LT-2350
CAT	994F	994F-3

Fuente: Elaboración propia

2.3. Gestión de neumáticos

El neumático es el único punto de unión entre un equipo y el suelo tal como se muestra en la Figura 6, lo que significa que es el sustento del transporte que permite el desplazamiento a cualquier lugar; son hechos esencialmente de caucho sintético, negro de humo, agentes químicos (azufre, óxido de zinc, cadmio) y otros aditivos secundarios que utilizan un sello hermético interior que impermeabiliza la salida del aire, esta condición tiene diversas ventajas como menor costo de mantenimiento, simplificación en el montaje, el forro interno dificulta la penetración de cuerpos extraños, menor temperatura de funcionamiento, etc. En términos de costos operativos de la mina Toquepala, los neumáticos constituye el segundo agente más costoso luego del combustible. En total cuentan con aproximadamente 90 equipos de acarreo y 3 equipos de carguío sobre ruedas, cada equipo usa un neumático diferente, que de acuerdo a las condiciones de trabajo debe ser apropiado para el terreno y función. Bajo este contexto, un uso adecuado y mantenimiento de neumáticos impactará en el rendimiento y costo de operación

Figura 6

Neumático, componente de unión entre equipo y suelo



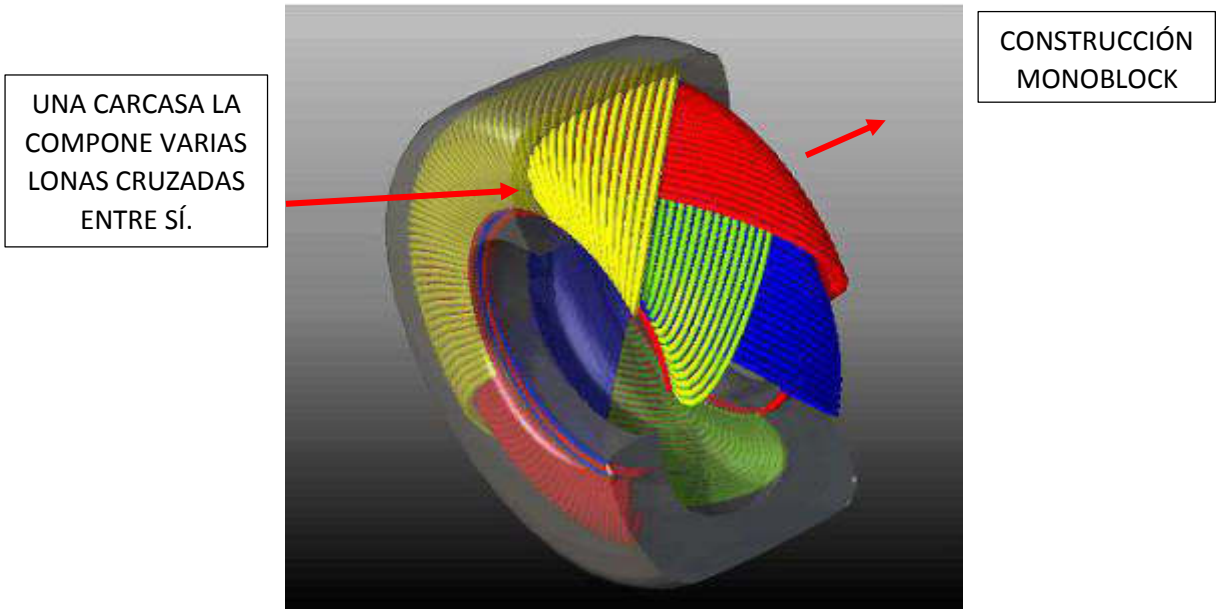
Fuente: Elaboración propia

2.3.1 Tipos de neumáticos

Existen dos tipos de neumáticos entre ellos se encuentran los neumáticos convencionales que se caracteriza por tener una construcción diagonal (Figura 7), es decir las capas están unidas entre sí para conformar un solo bloque de capas, este tipo de construcción brinda al neumático dureza y estabilidad que le permiten soportar la carga del vehículo. Pero la desventaja es que proporciona al neumático una dureza que no le permite ajustarse adecuadamente a la superficie de rodamiento ocasionan un menor agarre, menor estabilidad en las curvas y mayor consumo de combustible.

Figura 7

Construcción de un neumático convencional



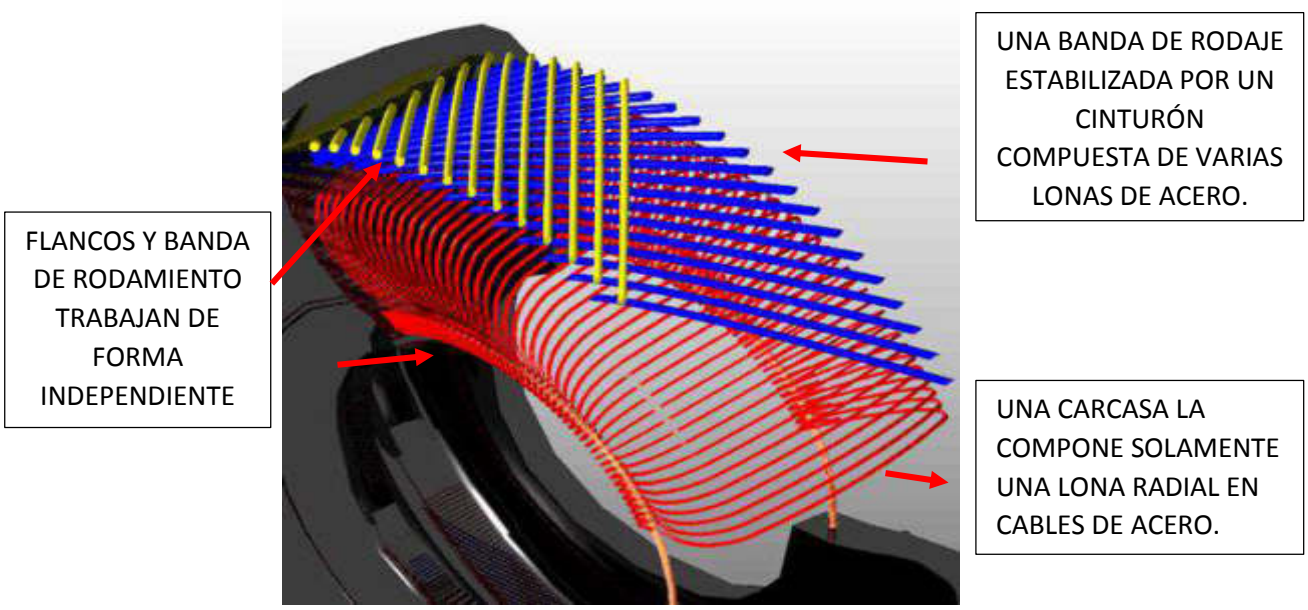
Fuente: Michelin (Radial vs Convencional)

Neumáticos radiales, las cuerdas de las capas de la carcasa o cuerpo van desde el extremo de un talón hasta llegar al otro extremo, estas son las que cumplen la función de soportar la carga, en el área de banda de rodamiento existen capas en formas de cinturones cuya principal función es estabilizar el vehículo, tal como se demuestra en la Figura 8. Este tipo de construcción permite que sea más suave que el convencional, lo que se obtiene es el confort, mejor adherencia a la superficie del suelo, tracción y lo que es mejor, atribuye al poco

consumo de combustible. En la Tabla 3 se puede apreciar la diferencia entre ambos tipos de neumáticos.

Figura 8

Construcción de un neumático radial



Fuente: Michelin (Radial vs Convencional)

Tabla 3

Diferencia entre neumático convencional y radial.

DIFERENCIA ENTRE TIPOS DE NEUMÁTICOS	
CONVENCIONAL	**RADIAL**
Poca resistencia de la carcasa (calentamiento excesivo)	La banda de rodamiento es independiente del flanco. Mayor resistencia a la temperatura.
Abrasión excesiva del centro de la banda de rodamiento	Desgaste uniforme y lento
Motricidad reducida	Mejor motricidad
Más sensible a los cortes y pinchazos	Carcasa flexible, resistente a cortes

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 Taller de Enllante

Neuma Perú se encarga de brindar el mantenimiento de todos los neumáticos que usan las flotas mencionadas, siendo un Taller de Enllante in situ donde realiza todas sus actividades. Para iniciar las estrategias, es necesario

conocer la lectura de los neumáticos según sea la ubicación en el equipo. Mediante la Figura 9, se describe el número de posición que lleva cada neumático, iniciando desde la cabina hacia lado derecho y luego contar desde el eje posterior del lado izquierdo hasta llegar a la última posición que se encuentra en el lado derecho.

Figura 9

Lectura de posicionamiento de neumáticos



Fuente: Elaboración propia

2.3.3 Rotaciones

Las rotaciones son un objetivo dinámico que altera significativamente el desenvolvimiento y costo de los neumáticos. Significa trasladarlos de una punta de eje hacia otro, por lo general está asociado al porcentaje de desgaste, en otras minas lo ejecutan respecto al promedio de horas de rendimiento. Por decir, en posiciones delanteras los neumáticos deberán tener un rendimiento de al menos un tercio de su vida útil para luego ser retirados, estos se convertirán en neumáticos en espera, lo que indica que serán utilizados en caso se necesite instalar en posiciones 3 o 4. Bajo el mismo método se usará para rotar desde posiciones 3 y 4 a posiciones 5 y 6 como se aprecia en la Figura 10, es aquí donde los neumáticos deben de llegar hasta lograr su retiro por desgaste final.

Los neumáticos pueden no lograr las horas adecuadas para su retiro, esto se origina al ocasionar eventos no deseados como las separaciones térmicas por exceso de velocidad, la característica principal de este daño temprano es que la goma se cocina volviéndose en forma de “chicle” como en el Anexo 1, impactos o cortes críticos que son necesarios su retiro, son causados por excesiva velocidad más carga y el rodado sobre rocas, respectivamente. Como por ejemplo, si los neumáticos delanteros sufren algún daño que exige el retiro inmediato, se deberán colocar neumáticos nuevos sea el rendimiento horario que tenga, es difícil contar con neumáticos que tengan poca remanente para realizar emparejamientos.

Figura 10

Rotación de neumáticos en un camión de acarreo.



Fuente: Elaboración propia

2.3.4 Inversiones

Los neumáticos llevan un testigo en ambos lados en la banda de rodamiento, esto sirve para la medición de remanente, debido a que el desgaste es acelerado en los hombros exteriores (Figura 11), la medición se lleva a cabo en hombro izquierdo y hombro derecho para lograr la programación de su inversión, es decir el hombro interno será quien se situé en el lado exterior con la finalidad de emparejar el desgaste de toda la banda

de rodamiento y ayudar así a alcanzar el mayor rendimiento. Por esta razón, se realiza mediciones temporales de remanentes para evitar el excesivo desgaste solo por un hombro. El prolongar la inversión de un neumático puede tener como consecuencia la baja de rendimiento.

Figura 11

Desgaste de hombros, exteriores se desgastan con mayor aceleración.



Fuente: Elaboración propia

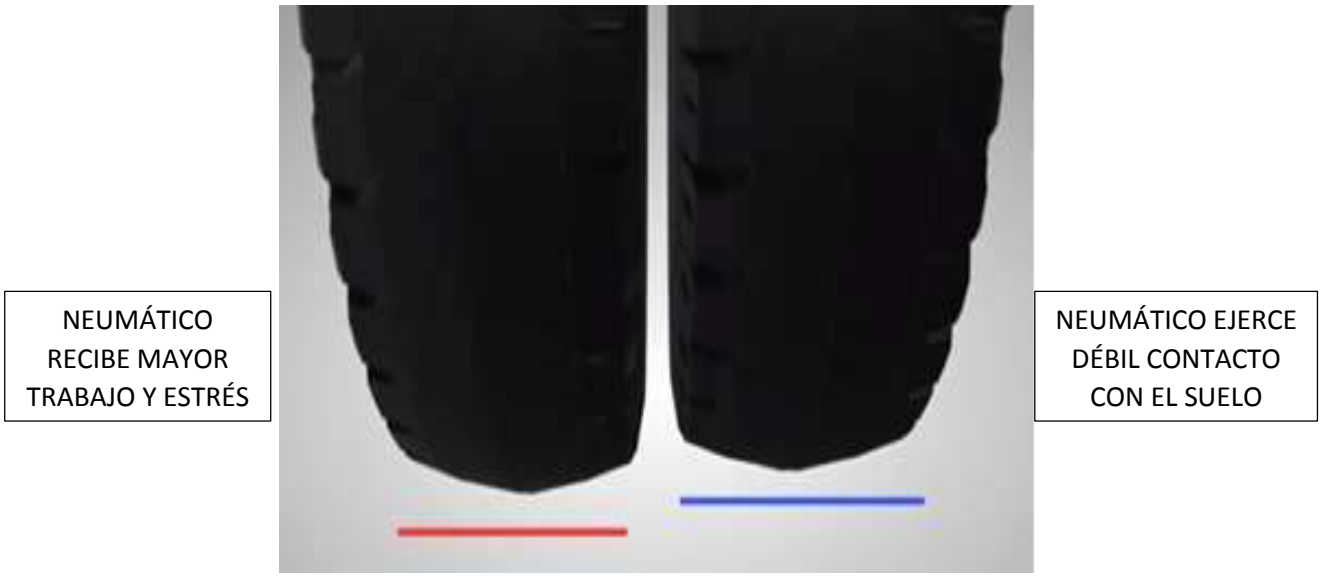
2.3.5 Emparejamientos.

En el eje posterior se encuentran un par de neumáticos, dual 3 y 4 y dual 5 y 6, estos deben estar correctamente elegidos al realizar un cambio, donde predomina el tamaño intentado colocar lo más semejante posible en profundidad de remanente, de colocarse erróneamente neumáticos de diferentes medidas se producirá desprendimientos en una y en el otro sobrecalentamiento tal como se aprecia en la Figura 12 que está señalado con rojo. El neumático que es más grande, tendrá mayor impacto en la carga, será quien reciba mayor trabajo y estrés, la carcasa se verá fatigado y la temperatura se eleva por la constante flexión en el flanco, el neumático sufrirá una penalización en su rendimiento horario por lo que tendrá menores horas en su vida útil. Estos casos podrían llevarse a cabo cuando no hay neumáticos

de semejante tamaño en para emparejar, lo que ocasiona la rotación temprana sin haber cumplido las horas estimadas para su retiro.

Figura 12

Mal emparejamiento de neumáticos



Fuente: Bridgestone

2.3.6 Retiros por corte

Los neumáticos están expuestos a una serie de peligros durante toda la trayectoria desde el punto de carga hasta la descarga, los más significativos son los derrames de material desde la tolva de otros equipos, por lo general las rocas ocasionan la penetración provocando un corte como se observa en la Figura 13, que puede ser pasante hasta lograr la expulsión de aire o no pasante, que solo daña la estructura del neumático. En el primer caso, existirá una gran probabilidad que el neumático no pueda ser reparado, mientras que en el otro caso, el neumático se retira para evitar la pérdida por separación. Una vez determinado que el daño es reparable se envía al área de reparación.

"*Los cortes en neumáticos mineros son muy comunes, porque se trata de operaciones muy agresivas; si no se hace un adecuado seguimiento y se retiran los neumáticos a tiempo (para ser reparada y luego volver a operar) se corre el riesgo de que el daño sea irreparable y el neumático se pierda por completo*" (Yussef Mori, 24 de junio 2019).

Figura 13

Neumático con corte en banda de rodamiento.



Fuente: Elaboración propia

2.3.7 Retiros por desgaste final

Se vincula con la vida útil del neumático, es decir la goma que rodea en la banda de rodamiento es el mínimo (Figura 14) y debe retirarse para evitar accidentes que pueden ser provocados por rodar sobre rocas debido a que la banda de rodamiento al estar desgastado más es frágil.

Figura 14

Neumático con desgaste final.



Fuente: Elaboración propia

2.3.8 Reparación de neumáticos

Se denomina así a los procedimientos luego de que en el neumático inspeccionado se encuentre daños o cortes como se observa en el Anexo 2 y con la finalidad de prevención de pérdida temprana y extender el rendimiento de los neumáticos pasan por un proceso de lavado, identificación de anomalías, escareado, biselado y/o colocación de parche (en caso sea correctivo), relleno y vulcanización. Finalmente el acabado consiste en formar la escultura inicial del neumático.

2.4. Problemática de los neumáticos.

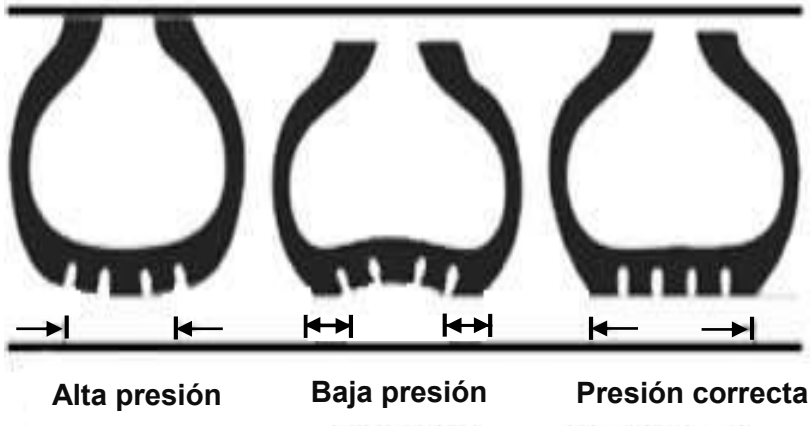
Los neumáticos pueden minimizar su uso debido a las siguientes razones, daños provocados por cortes y generación excesiva de temperatura. Los cortes provocados en un neumático ocasionan que los cables de acero estén expuestos al ambiente, esta condición genera la reacción química de oxidación que al presentarse provoca separación por corte, daño que si se encuentra fuera de los límites permisibles de reparación el neumático se dispone a desecho por recomendaciones de seguridad. La temperatura de un neumático incrementa porque la carcasa esta flexionando más allá de lo diseñado respecto a sus condiciones de trabajo o se excede en la velocidad recomendada. Cuando la temperatura aumenta en el neumático, este cambia de propiedades teniendo facilidades para los cortes y abrasión.

“Hoy en día el enfoque a nivel mundial, se refiere a la productividad; ya no es solamente tener un neumático con un alto rendimiento en horas o en kilómetros, sino que debe rendir mucho más en términos de mayor capacidad de carga o más velocidad que finalmente se traduce en mayor producción” (Yussef Mori, 24 de junio 2019).

La presión de inflado juega un papel muy importante en la vida y performance de un neumático, estos soportan la carga de acuerdo a la presión de aire que lo contiene, para ello es importante establecer las presiones correctas para alcanzarlas propiedades necesarias de tal forma que el neumático cumpla la función de tracción, flotación y soporte de carga para los cuales ha sido diseñado (Figura 15).

Figura 15

Presión de inflado y las superficies de contacto.



Fuente: Cadeco

La presión de inflado en los neumáticos es como la presión arterial en las personas, si está muy alta o muy baja causa un daño irreparable. La diferencia con lo que sucede con neumáticos para automóvil, es que el valor monetario de los neumáticos mineros hace que el daño final sea enorme. Por ejemplo, en un neumático minero una diferencia de presión de cinco o diez por ciento que inclusive a la vista podría ser ni siquiera notoria si uno no lo mide, puede generar un diez, quince por ciento de diferencia en el rendimiento final del neumático" (Yussef Mori, 24 de junio 2019).

En la actualidad se está buscando un mejoramiento en lo que respecta al rodaje y continuidad operacional, se busca neumáticos con mayor capacidad de respuesta a la alta temperatura de trabajo. Mientras los neumáticos mejoran en este aspecto es recomendable el uso de un TPMS, el beneficio para los propietarios de flotas es obtener información inmediata y sin interrupciones en tiempo real en su computadora o el teléfono móvil. Esto significa que puede actuar de forma rápida y eficiente para maximizar el rendimiento de los neumáticos, reducir el tiempo de inactividad del vehículo y aumentar la seguridad para el vehículo y el conductor.

"Si al neumático le falta inflado, se flexionará, y se tendrán acumulación de calor interno. Si un neumático se calienta, se vuelve más susceptible a tener problemas de

separación, cortes y otro tipo de daños. Este es el tipo de situación que un TPMS puede ayudar a evitar." (Brothen, 2011).

Paralelamente a la medida de seguridad antes mencionada, se suma la labor de cuidar la integridad física y salud del trabajador con la implementación de un Sistema de monitoreo de neumáticos que permite conocer la presión y temperatura de estos en tiempo real, de esta forma ayuda a evitar que el trabajador se exponga constantemente a los neumáticos para tomar data de presiones, con el sistema MEMS la presión de los neumáticos se puede conocer desde un servidor y durante el inflado se realiza con un Asistente Personal Digital (PDA en inglés), es un dispositivo celular que permite conocer la presión adecuada que debe llevar el neumático.

2.5. TPMS MEMS – Michelin

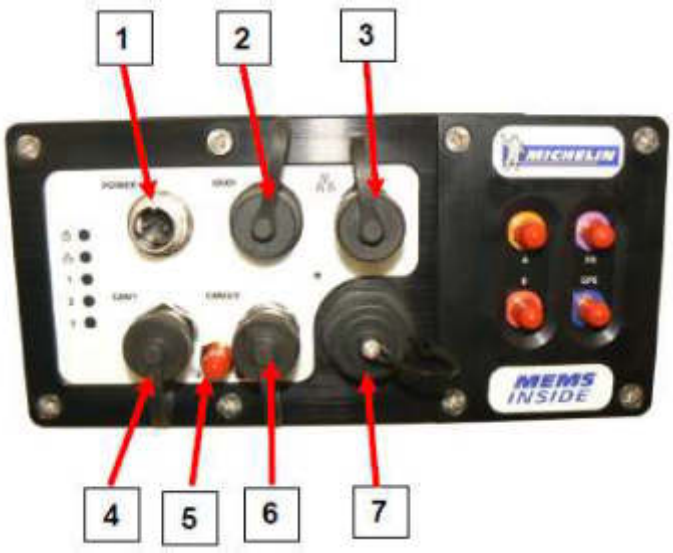
El sistema MEMS está actualmente implementado en la unidad de Toquepala, para las flotas con mayor capacidad de carga: CAT 797F, KOM 980E, CAT 794AC y parcialmente en la flota KOM 930E4, además de un cargador frontal LT 1850.

2.5.1 Descripción de módulos

- Transceptor; unidad receptora de datos de los sensores que se instala en el interior de la cabina con sus conectores (Figura 16).

Figura 16

Transceptor del MEMS y sus conectores



Fuente: Elaboración propia

1. Conector del cable de energía, este se empalma a una fuente de 24 V y que se encuentre vinculado con el encendido del vehículo.
2. Conector para el transceptor a un monitor o pantalla en la cabina del operador.
3. Conector a cable Ethernet, de esta manera se vinculará el transceptor al enrutador de mina para que pueda ser visualizado en una pantalla.
4. Conector de cable CAN para antenas activas.
5. Conector WiFi, para habilitar comunicación con el transceptor.
6. Puede ser usado para unir el transceptor a la antena activa de tu dispositivo.
7. Conector USB, sirve para actualizar continuamente el firmware del MEMS 4.
8. Módulo 3GPS, debe estar instalado en el transceptor para que pueda funcionar (Figura 17).

Figura 17

Módulo 3GPS que se incluye en el transceptor.

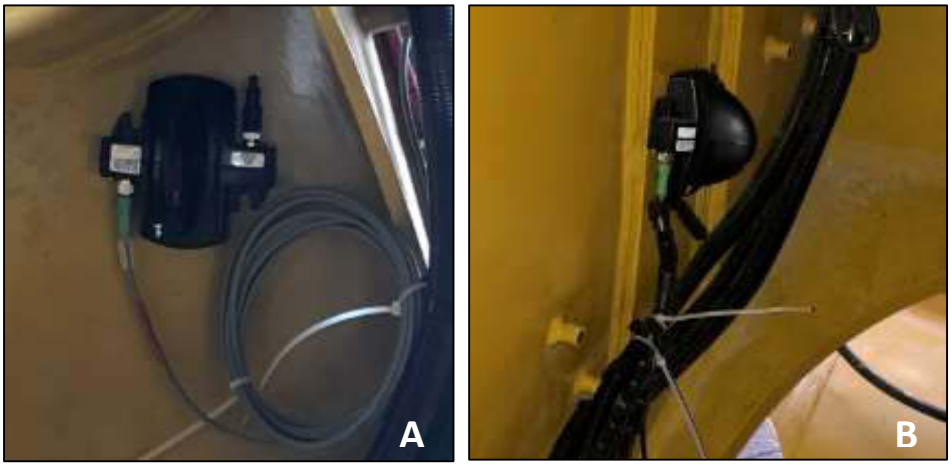


Fuente: Elaboración propia

- Antenas activas; son dos antenas que van unidas al transceptor vía cable de tipo CAN que reciben señales de radio desde los sensores MEMS, los codifica y envía los datos al transceptor, estas antenas tienen un magnetismo que permite la adherencia a la estructura metálica, por lo cual no es dificultoso su instalación. Ver Figura 18, donde se muestran A y B indicando las posiciones finales de ambas antenas.

Figura 18

Antenas Activas distribuidas en el eje delantero (A) y eje posterior (B)



Fuente: Elaboración propia

- Antena 3G/GPS/WiFi; esta antena sirve para mantener las capacidades de 3G, Wifi en el transceptor. Se coloca con un soporte metálico para ser sujetado a una baranda de metal solo con desarmador. La superficie redonda deberá estar apuntando al cielo y con mínima interferencia física tal como se muestra en la Figura 19.

Figura 19

Antena 3 en 1 instalada.



Fuente: Elaboración propia

2.5.2 Descripción de instalación

- ✓ **Instalación del transceptor**

El transceptor deberá ser instalado en una ubicación adecuada para equipos electrónicos, siendo dentro de la cabina un lugar adecuado, tener en cuenta que este dispositivo no genera ruido, lleva un soporte metálico para eliminar la vibración natural del equipo cuando se encuentre en movimiento (Figura 20). Es necesario que haya un espacio adecuado para las conexiones de los cables. El transceptor se instaló detrás del asiento copiloto, existe espacio disponible para colocarlo sin inconvenientes.

Figura 20

Transceptor instalado con conectores de los módulos y antenas



Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Instalaciones de la antena 3G/GPS/WiFi**

Deber ser instalada de tal manera que tenga una vista clara hacia el cielo, como la mayoría de antenas satelitales, pero a la vez tenga protección contra caída de objetos, por ello, es una buena opción instalarlo delante de la cabina del operador, en las barandas, tal como se aprecia en la Figura 21. El disco que presenta en la parte superior, deberá estar situada en la cima de forma vertical. Los dispositivos para su ajuste con la baranda también tienen posición para asegurar su fijación.

Figura 21

Instalación antena 3G/GPS/WiFi en la baranda delante de cabina.



Fuente: Elaboración propia

Esta antena tiene en el otro extremo 3 conectores con los terminales correctos, están debidamente codificados por color y etiquetados para conectar al transceptor, la conexión deberá realizarse manualmente.

- ✓ **Antenas activas:**

Una antena deberá posicionarse en el eje delantero y el otro en el eje posterior, no necesariamente en el centro, pero es considerable que este situado en una zona donde no tenga alcance a lodo o agentes externos que pudieran deteriorarlo, las antenas vienen imantadas, es decir no es necesario su fijación con otros materiales ya que al contacto con el metal se adherirá instantáneamente. La forma de posicionamiento no está determinada, puede colocarse en cualquier sentido, lo que importa es la cercanía que tenga para recibir señales de los sensores. Se recomienda que los cables que llevan las antenas estén cubiertos para evitar sucesos inesperados.

Una proyección en 3D de la instalación y posicionamiento de los módulos y antenas se observa como en la Figura 22.

Figura 22

Distribución de módulos en un equipo de acarreo



Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Conexión cable de energía.

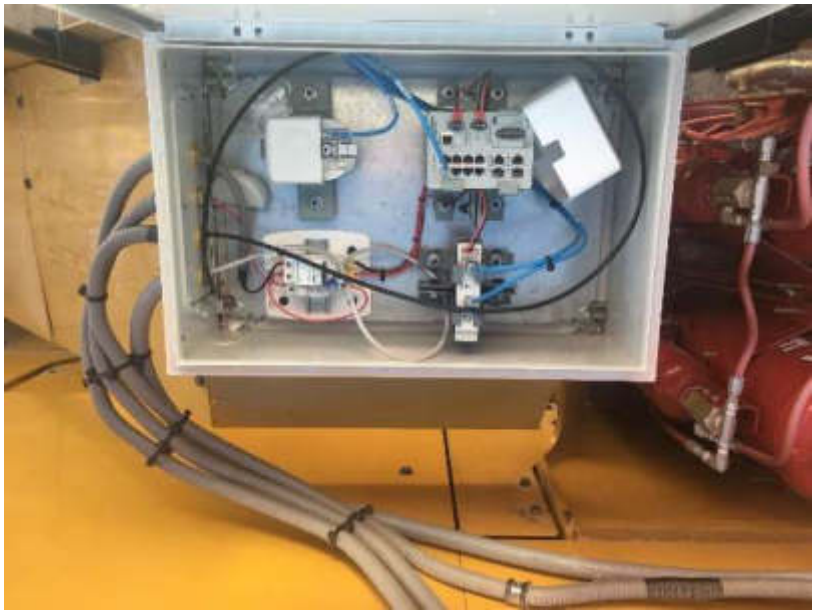
Para la conexión es necesario que el flujo eléctrico de 24V esté simultáneamente conectado con el interruptor de encendido del vehículo, es decir, cuando el equipo se encienda el transceptor también lo hará. Esta conexión deberá llevarse a cabo por un especialista en este equipo para evitar colocar erróneamente los cables.

- ✓ Conexión cable Ethernet.

Este cable es exclusivamente para conectarse a la red de mina, así como otros sistemas deberán conectarse a un rutador para lograr vincularse al servidor de mina tal como se observa en la Figura 23. La extensión de este cable es solo de aproximadamente 5 metros por lo que será conveniente instalar el rutador a una distancia no mayor a la extensión del cable. Con la conexión y unas configuraciones entregadas, mediante el sistema MEMS podrá visualizarse el equipo en la pantalla principal emitiendo datos en tiempo real.

Figura 23

Enrutador para conexión de cable de red (Ethernet)



Fuente: Elaboración propia

2.5.3 Instalación de sensores a neumáticos

Los sensores son los dispositivos que se instalarán en el interior de un neumático antes de ser montado, serán aquellos que permitirán conocer la presión y temperatura del neumático. La instalación es sencilla y rápida, los neumáticos de marca Michelin llegan con una ranura cerca del talón interiormente, los kits de sensores llegarán con cintas de tela, que en los bordes tienen el efecto de pega-pega. El parche o cinta se pasará un extremo por la ranura y encima se colocará el sensor para ser cubierto con la cinta, finalmente se unirán ambos extremos por el efecto mencionado como se muestra en la Figura 24. Todos los neumáticos deberán contar con sensor para realizar un correcto seguimiento y monitoreo. Los sensores tienen una batería interna que se activa cuando está a una presión aproximada de 15 PSI, como también tiene una capa de sensibilidad a la temperatura y presión por lo que deben tratarse con cuidado para evitar deterioros.

Figura 24

Posición final de un sensor MEMS en el neumático



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los neumáticos de otras marcas que no llegan con ranura, se colocarán parches con diseño de tal forma que el sensor pueda situarse fijamente en el interior.

El proceso de instalación del parche es el siguiente:

- Con una turbina neumática se realizará el raspado cerca del talón (5cm de distancia aprox.), se colocará un cemento autovulcanizante en la zona raspada y luego de unos minutos de secado se situará el parche.
- El pegado es casi instantáneo, se golpeará de manera vertical con un matillo de goma o hule para asegurar que no existan burbujas de aire en el interior. El sensor será colocado en sentido horizontal, de acuerdo a la forma del parche.
- Este tipo de instalación se genera en los neumáticos de marca Firestone que generalmente son usados por los cargadores frontales. El resultado final se observa en la Figura 25.

Figura 25

Posición final de un sensor en un neumático Firestone



Fuente: Elaboración propia

La aplicación del MEMS ayuda a lograr un uso eficiente de los neumáticos y evitar perderlos por separaciones térmicas y otros daños que tienen como agente principal la presión y/o temperatura, estos son visualizados desde la pantalla principal de “Tiempo Real” tal como se aprecia en el Anexo 3, y también es posible apreciarlo desde un dispositivo móvil, Anexo 4. No solo ayuda a contribuir con mejorar el rendimiento de los neumáticos si no también con la seguridad de los trabajadores y el operador del equipo. Un gran número de neumáticos se deterioran como consecuencia de una variedad de factores.

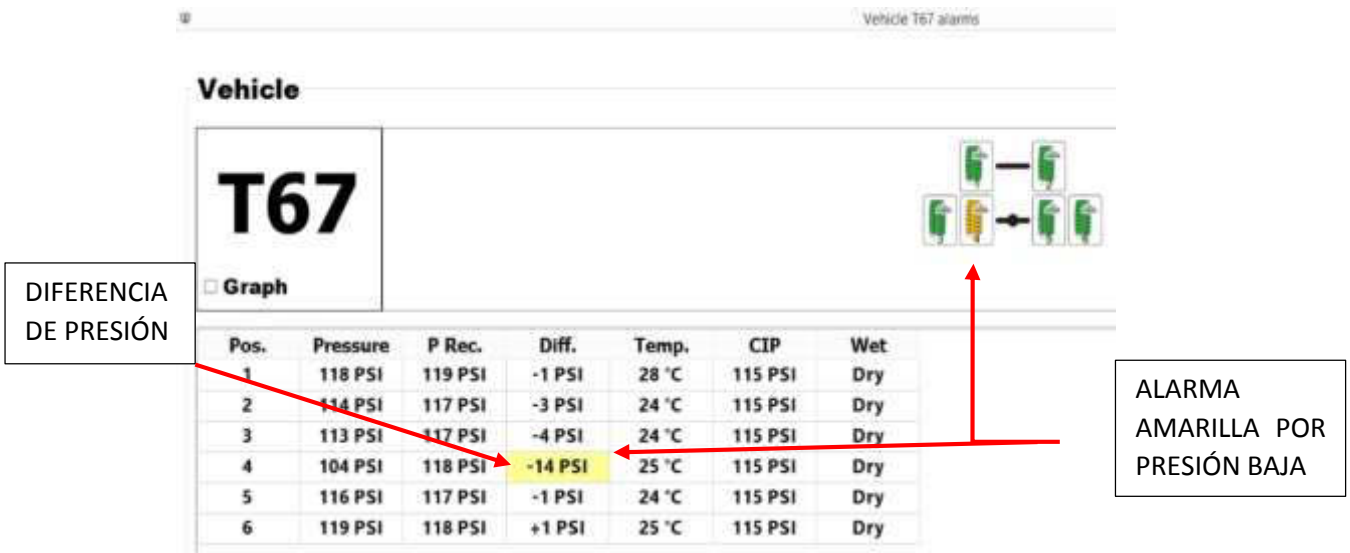
- Inflado insuficiente, esto incrementa la flexión del neumático, principalmente en el flanco que es la zona más débil, de donde se inicia el incremento de la temperatura del neumático.
- Sobre inflado: a causa de este factor, el neumático tiene menor contacto con el suelo por lo tanto genera mayor desgaste en el centro de la banda.
- Exceso de velocidad: Aumenta la temperatura en el interior del neumático pudiendo provocar separación por calor.

- Sobrecarga, es el exceso de carga permitido a los equipos, originando daños en los talones, exceso de flexión en los flancos y penalización en el rendimiento de neumáticos.
- Maniobras de giros cortos y cerrados, al realizar estas maniobras de giro al ingreso de los botaderos o a la salidas de las palas, provocan separación mecánica llegando a la disposición de desecho a tempranas horas de su rendimiento por ser daños que se encuentran fuera de los límites permisibles.
- Diseño de vías, está referido a las condiciones de las vías por donde ruedan los neumáticos, en muchas partes de la mina, el ancho de vía no cumple con lo reglamentado, es decir que los equipos transitan muy cerca a las bermas arriesgando los flancos de sufrir cortes. En los botaderos, el material de lastrado no es el correcto, los neumáticos aceleran el desgaste por efecto del material abrasivo que allí se encuentra. Las curvas cerradas, desviaciones en las vías, pendientes muy pronunciadas, estos factores disminuyen y penalizan el rendimiento de los neumáticos.

Para lograr un uso eficiente de los neumáticos y evitar perderlos tempranamente o bajo cualquier influencia por presión y temperatura, SPCC ha implementado este sistema TPMS que monitorea dos últimos factores muy importantes para el buen desempeño de los neumáticos. (Figura 26)

Figura 26

Monitoreo de presión y temperatura de neumáticos CAT-67.



Pos.	Pressure	P Rec.	Diff.	Temp.	CIP	Wet
1	118 PSI	119 PSI	-1 PSI	28 °C	115 PSI	Dry
2	114 PSI	117 PSI	-3 PSI	24 °C	115 PSI	Dry
3	113 PSI	117 PSI	-4 PSI	24 °C	115 PSI	Dry
4	104 PSI	118 PSI	-14 PSI	25 °C	115 PSI	Dry
5	116 PSI	117 PSI	-1 PSI	24 °C	115 PSI	Dry
6	119 PSI	118 PSI	+1 PSI	25 °C	115 PSI	Dry

Fuente: Elaboración propia.

Cuando los neumáticos sobrepasan el límite establecido de presión baja o presión alta, como también cuando alcanzan una temperatura alta, el sensor emite alarmas para advertir lo que está sucediendo (véase Anexo 5, 6 y 7), posteriormente se deberá tomar acciones inmediatas con la finalidad de normalizar el neumático, solo de esta manera la alarma desaparecerá.

2.5.4 Clases de alarmas:

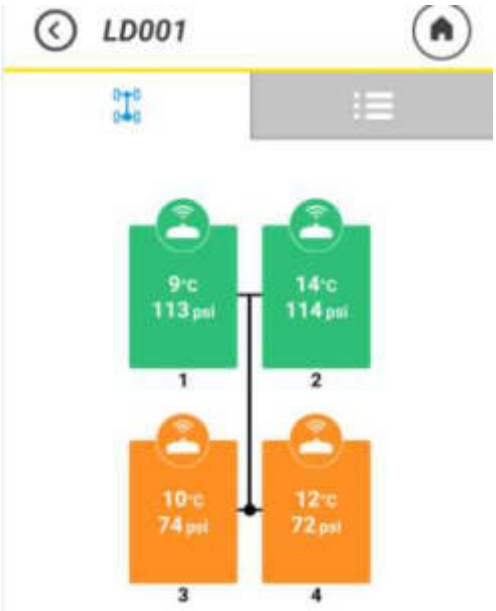
- Alarma ámbar:

  Un ícono de vehículo ámbar representa un vehículo con una condición de alarma ámbar para uno o más de sus neumáticos (Figura 27).

  Si es una alarma de presión entonces se muestra el símbolo de un medidor de presión en la parte inferior izquierda. Si es una alarma de temperatura, entonces se muestra un símbolo de un termómetro en la parte inferior derecha. Si tanto la presión y temperatura están en condiciones de alarma AMBAR, entonces se muestran ambos símbolos.

Figura 27

Detalle de alarma de ámbar. Sistema MEMS en un dispositivo móvil.



Fuente: Elaboración propia.

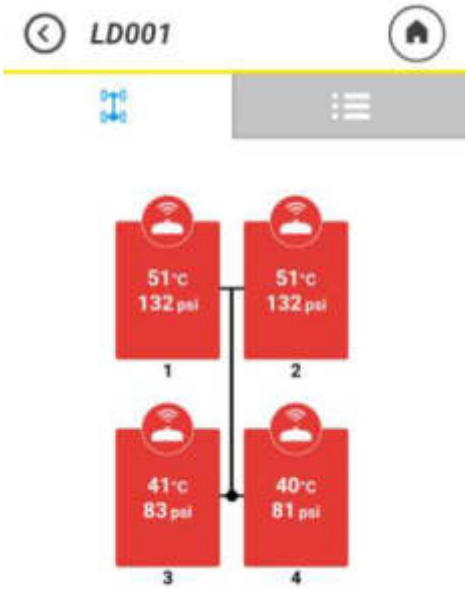
- Alarma roja

  Un ícono de vehículo rojo representa un vehículo con una condición de alarma roja para uno o más de sus neumáticos (Figura 28).

Si es una alarma de presión, entonces se muestra el símbolo de un medidor de presión. Si es una alarma de temperatura, entonces se muestra el símbolo de un termómetro. Si tanto la presión y temperatura están en condiciones de alarma roja, entonces se muestran ambos símbolos.

Figura 28

Detalle de alarma de roja. Sistema MEMS en un dispositivo móvil.



Fuente: Elaboración propia

III. PRODUCTOS/ RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

3.1. Generalidades de los resultados

Con la aplicación del sistema MEMS se ha mejorado en el proceso de inflado de neumáticos, el personal realiza la medición a distancia sin exponerse a la línea de fuego prediciendo el exceso de aire y temperatura, asimismo genera una ventaja en la producción de los equipos por evitar paradas por inspección de neumáticos en campo o taller.

3.2. Inflado seguro

Permite eliminar la verificación de la presión del neumático ingresando al centro para la medición, en este proceso se corre mucho riesgo en caso de haber excedido la presión o repentinamente el neumático puede reventar sea por un factor de un componente fallado. El sistema MEMS permite que la medición de la presión pueda realizarse con un dispositivo celular o PDA manteniendo una distancia segura alejada de la línea de fuego (Figura 29), de esta manera cuando el neumático alcance la presión recomendada se corta el fluido de aire para posteriormente desconectar con seguridad. Con la tecnología MEMS se evita que el personal interactúe muy de cerca con el neumático en el proceso de inflado.

Figura 29

Inflado seguro a distancia con control PDA



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Inspección de neumáticos seguro

Esta actividad es realizada por trabajadores en los grifos, el tiempo que toman para abastecer de combustible por personal de lubricación (Contratista SKF) es aprovechado por personal de Neuma Perú para inspeccionar los componentes en caso de encontrar alguna anomalía, inspeccionar los neumáticos para detectar cortes críticos y realizar el seguimiento respectivo, el sistema MEMS permite realizar la inspección de forma segura (Figura 30).

Figura 30

Inspección de neumáticos seguro en campo.



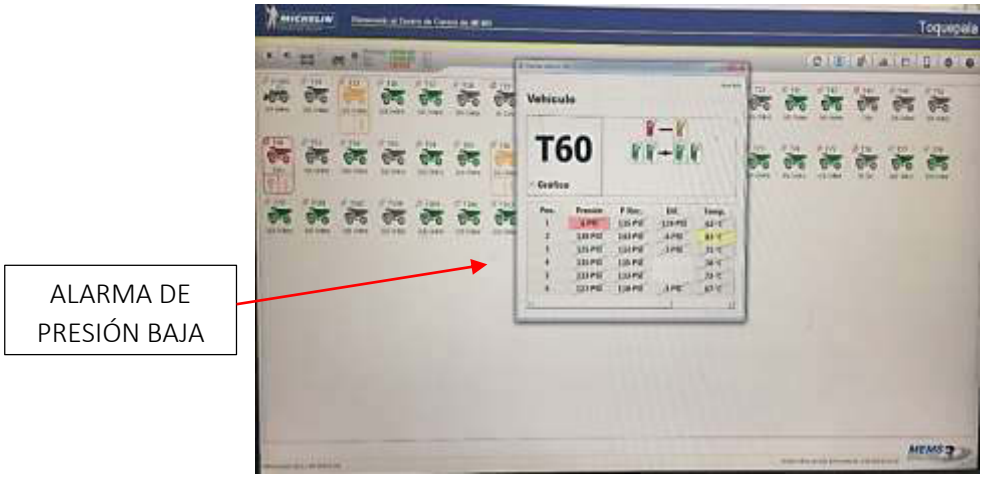
Fuente: Elaboración propia.

3.4. Monitoreo a distancia

El sistema MEMS emite alarmas de baja y alta presión, durante las configuraciones de los neumáticos en el software solicita colocar una presión máxima, cuando la presión real llegue a este valor aparecerá una alarma roja de presión lo que indica que llego a la presión máxima permitida, sin embargo para llegar a estar alarma se debe sobrepasar la alarma ámbar, que precisamente alerta de acercarse al límite máximo. Un evento real ocurrió a la 01:30 am del turno noche, el sistema emitió una alarma de presión baja tal como se aprecia en la Figura 31, los demás iconos son los equipos con los que cuentan con el sistema MEMS, los amarillos presentan alarma ámbar (temperatura) y el equipo CAT 60 emite una alarma roja de presión.

Figura 31

Servidor MEMS en pantalla principal emite aviso de alarma en CAT 60.

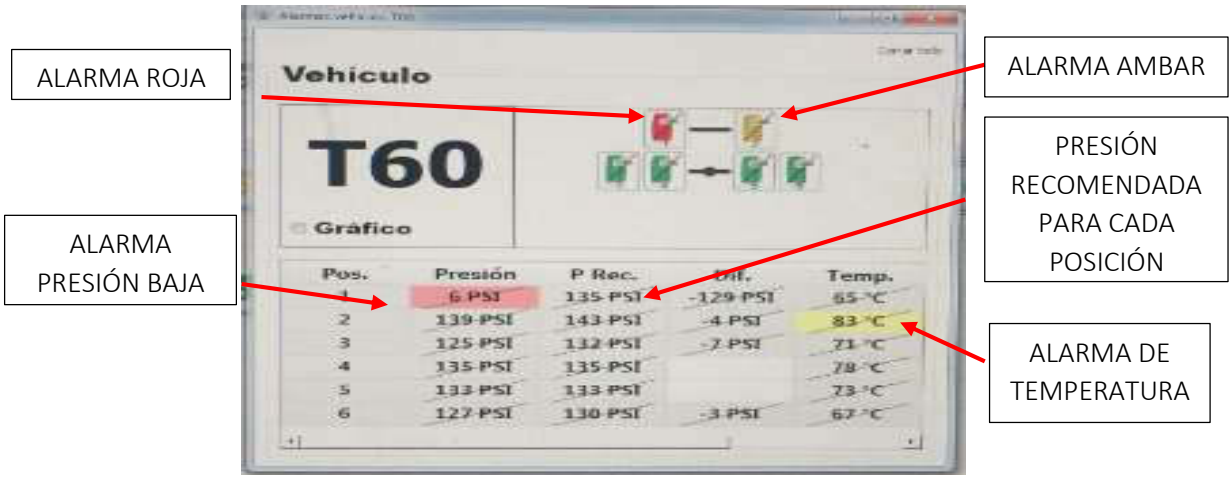


Fuente: Elaboración propia

Cuando la fuga o pérdida de aire es de forma inmediata, la alarma ámbar de presión probablemente no aparezca, debido a que el neumático perdió presión de forma súbita. En la posición 1 del camión 60 apareció como presión baja (6 psi) indicando una diferencia de 129 psi para que se encuentre en óptimas condiciones para el rodado. En la posición 2 presenta alarma ámbar de temperatura con 83 °C presentando una gran diferencia con la posición 1, mientras que las posiciones posteriores se encuentran sin anomalía alguna tal como se observa en la Figura 32.

Figura 32

Visualización del equipo CAT – 60. Alarma roja de presión en posición 1.

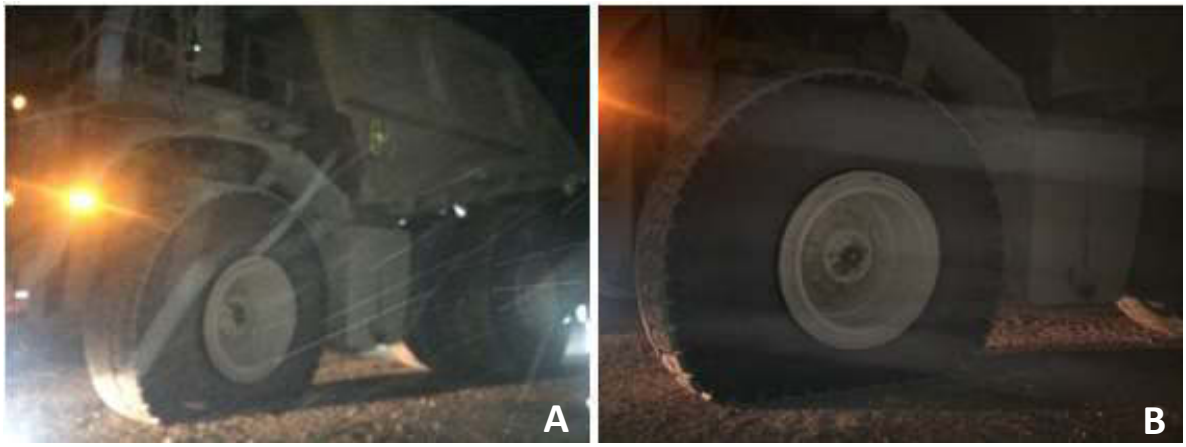


Fuente: Elaboración propia

Se hace la comunicación de inmediato al área de control Mina de la condición que presenta el neumático posición 1 del equipos CAT 60 para que se detenga y se ubique en una zona adecuada. El equipo se encontraba en el tramo Fase 4 hacia Chancadora ya situándose por la cabeza de rampa, con esta comunicación se logra que el equipo se encuentre en una zona segura y además previene la obstaculización para no interrumpir el tráfico de mina, con esto se evita la paralización de producción en caso de situarse en una zona importante para el paso de camiones con carga de mineral, siendo posición delantera como se observa en la Figura 33, el equipo no puede avanzar como lo haría si el neumático con presión baja fuese posterior, se realizará un cambio de neumático para que el equipo pueda dirigirse al taller de enllante para el mantenimiento correspondiente.

Figura 33

Equipo CAT 60 encontrado en campo. Vista general del equipo (A) y vista del neumático sin presión de aire (B)

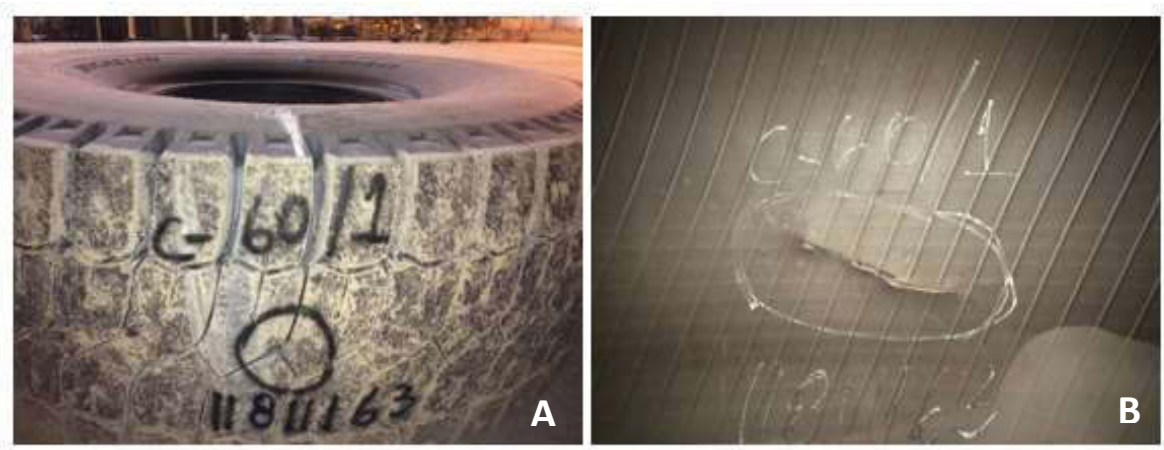


Fuente: Elaboración propia.

Al retirar el neumático e inspeccionar el daño se halló un corte roca pasante en la banda de rodamiento que era muy evidente por fuera, lo que indica que el operador no observo la roca o el derrame de material que se encontraba en la vía y el neumático sencillamente no resistió a la dureza de la roca, perforándola de una manera violenta tal como se aprecia en la Figura 34. La longitud del corte interno provoca que el daño sea irreparable, una reparación en este neumático no garantizaría el buen uso, por lo tanto el neumáticos se envía a scrap o desecho acarreando un costo de miles de dólares sin haber sido consumido.

Figura 34

Neumático con corte exterior (A) e interiormente (B).



Fuente: Elaboración propia

Los eventos que puedan ocurrir en las posiciones delanteras no solo pueden ser perjudiciales por demora de un equipo en mantenimiento si no también puede lograr detener las operaciones si este se detiene en una vía de alto tránsito, en esta ocasión el sistema MEMS juega un papel fundamental para poder anticipar las acciones y/o medidas de seguridad como también no afectar la producción como se observa en la Figura 35 esto se produce generalmente por razones de operación.

Figura 35

Neumático sin presión de aire parqueado en zona segura.



Fuente: Elaboración propia.

IV. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS RECOMENDACIONES

4.1. Monitoreo de neumáticos por cada equipo de la flota camiones

Se recomienda la instalación del sistema MEMS en todas las flotas de los equipos de acarreo con la finalidad de realizar un monitoreo de los neumáticos completo, ya que no solo los neumáticos de mayor dimensión son los propensos a perder aire, si no todos los equipos que cuenten con este elemento así también los neumáticos de la flota KOM 830 como se describe en la Figura 36, esto contribuirá al mejor rendimiento horario como también minimizará el riesgo de obstaculización de vías por pérdidas súbitas de presión.

Figura 36

Equipo Kom-95 inoperativo en campo. Vista general del equipo (A) y vista de la posición 6 sin presión de aire (B).



Fuente: Elaboración propia

4.2. Seguridad para trabajadores

El conocimiento de la presión en tiempo real, permite que el trabajador no se exponga en la línea de fuego mientras que un neumático se encuentre en la etapa de inflado. Con el dispositivo PDA, el inflado se puede realizar a distancia y conocer a cada instante la presión actual del neumático. Como referencia considerar Figura 29.

4.3. Maximiza el tiempo de disponibilidad de los equipos

Debido a que cuenta con un servidor con el sistema MEMS y además su capacidad de medición se puede trasladar desde un celular (PDA) para conocer las

presiones y temperaturas de cada uno de los neumáticos tal como se muestra en la Figura 37, los equipos no deberán tener tiempo de demora por inspección de presiones y de temperatura, labor que anteriormente antes de la aplicación del sistema se realizaba en los grifos ocasionando en reiteradas veces paradas por esta inspección y además acarreaba el riesgo de fugas de aire por válvula. Con el celular PDA esta práctica de retirar la tapa de válvula e insertar el manómetro se elimina automáticamente por la presencia del celular PDA, la medición es en tiempo real y coincide con el manómetro manual.

Figura 37

Medición de presiones con celular PDA (Screenshot).



Fuente: Elaboración propia

V. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

BRIDGESTONE (2020). Buenas prácticas del programa de gestión de neumáticos. Recuperado de: https://commercial.bridgestone.com/es-us/off-the-road/tire-program-best-practices

CAMIPER (2019, junio 19). Prevención Minera: 5 medidas de Seguridad en tareas de mantenimiento. Recuperado de: https://camiper.com/blog/prevencion-minera-medidas-seguridad-tareas-mantenimiento/

CERCLE HUMANISTA MULTINIVELL (2007, setiembre 14). Manual básico del caucho. Recuperado de: https://cerclesbd.wordpress.com/2007/09/14/ii-cauchos-propiedades-y-aplicaciones/

ERICA (2019). Cauchos: comportamiento mecánico. Recuperado de: http://www.erica.es/web/mecanica-de-los-cauchos/

EQUIPO MINERO (2014, junio). Equipo Minero: Capacitación de concientización sobre neumáticos. Recuperado de: https://www.equipo-minero.com/contenidos/capacitacion-de-concienciacion-sobre-neumaticos/

EQUIPO MINERO (2011). Suministro de neumático en crisis. Recuperado de: https://www.equipo-minero.com/contenidos/suministro-de-neumaticos-otr-se-ve-presionado/

HORIZONTE MINERO (2019, julio 24). Vista cercana al mercado de neumáticos. Recuperado de: https://www.horizonteminero.com/una-vista-cercana-al-mercado-de-neumaticos-mineros

IGLESIAS, L. (2016). Estudio técnico - económico del uso de la mezcla explosiva Quantex 73 en la unidad minera de Toquepala – SPCC. Universidad Nacional de Jorge Basadre Grohmann.

MARTINS INDUSTRIES (2020, junio 20). Jaula de inflado para neumáticos OTR. Recuperado de: https://martinsindustries.com/es/produits/MIC-MINE-63/jaulas-de-inflado-de-seguridad/jaula-de-inflado-para-neumaticos-de-mineria-otr-410-cm/

IMF Business School (2018). Funciones del inspector de seguridad y salud ocupacional. Recuperado de: https://blogs.imf-formacion.com/blog/prevencion-riesgos-laborales/sin-categoria/inspector-de-seguridad-y-salud/

MARSH (2019). Realidad en Peru de la gestión de seguridad y salud en el trabajo. Recuperado de: https://www.marsh.com/pe/es/insights/risk-in-context/gestion-seguridad-salud-trabajo.html

MICHELIN (2017). Manual de Operador del Centro de Control MEMS.

MINERÍA CHILENA (2015, noviembre 4). Neumáticos mineros: Controlar la temperatura, un tema pendiente. Recuperado de: http://www.mch.cl/informes-tecnicos/neumaticos-mineros-controlar-la-temperatura-un-tema-pendiente/#

NEUMA PERÚ. (2019). Quiénes somos. Recuperado de: https://neumaperu.com.pe/quienes-somos

NEUMÁTICOS CONTINENTAL (2014). Partes de un neumático. Recuperado de: http://conti-moto-blog.es/que-es-un-neumatico-radial-y-un-diagonal-diferencias-entre-ellos/

Off-The-Road Tire Deparment, Bridgestone Corporation (2016). Manual de neumáticos, Data book.

OSINERGMIN. (2016, julio 28). Decreto Supremo N°024-2016-E.M. Recuperado de: http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/DS-024-2016-EM.pdf

Roberto Espinoza (2017). Indicadores de gestión. Recuperado de: https://robertoespinosa.es/2016/09/08/indicadores-de-gestion-que-es-kpi/

RUMBO MINERO (17 de Junio del 2016). Mercado de neumáticos para la minería, la fuerza rodante. Recuperado de: http://www.rumbominero.com/revista/mercado-de-neumaticos-para-mineria-la-fuerza-rodante/

Cauchos Vieli. (2013). Manual de neumáticos. Recuperado de: https://es.slideshare.net/cauchosvieli/manual-del-neumatico-copia

WIKIPEDIA (2019, octubre 20). Inspección por líquidos penetrantes. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Inspecci%C3%B3n_por_l%C3%ADquidos_penetrantes

VI. ANEXOS.

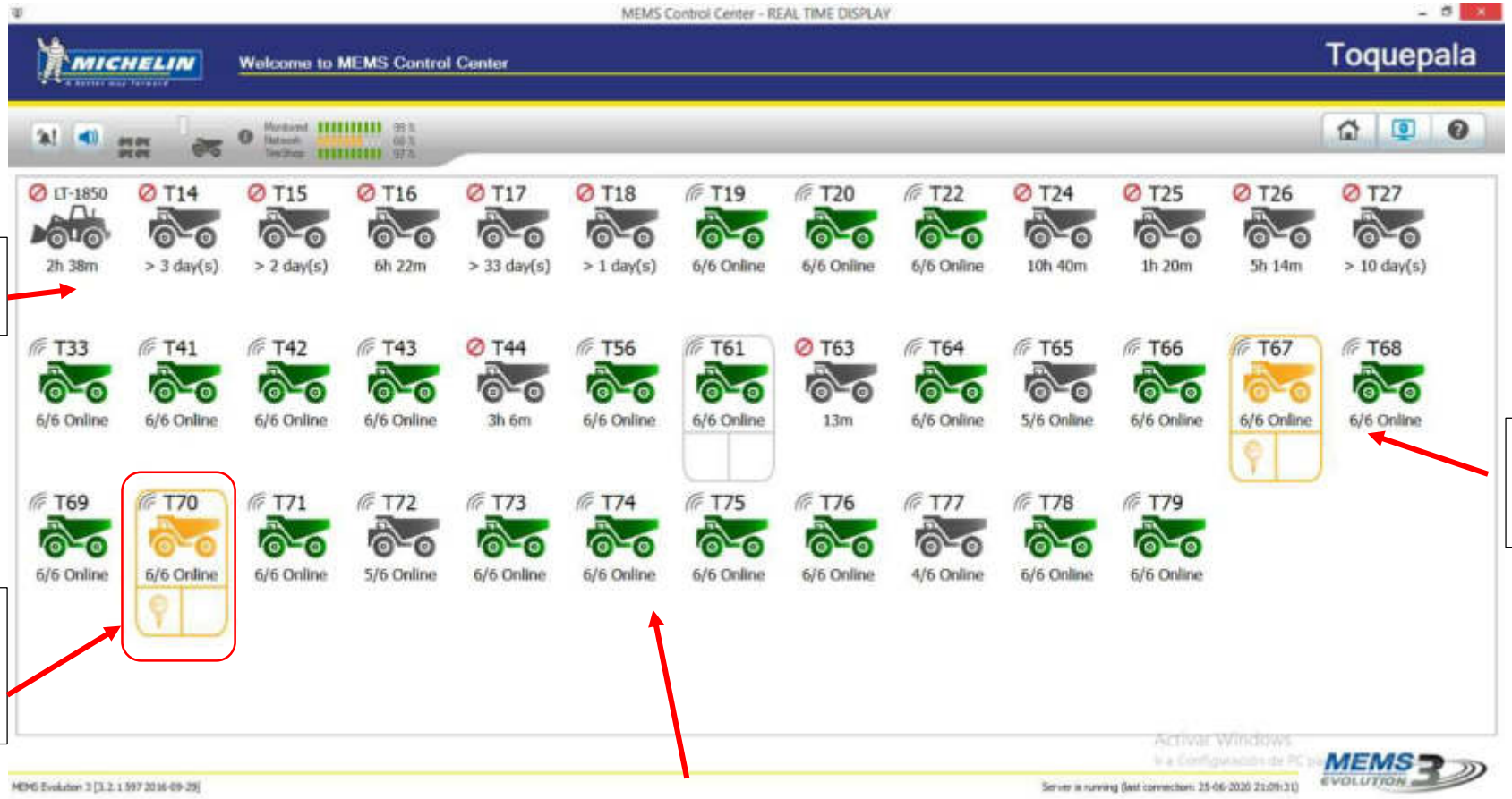
ANEXO 1. Separación térmica producto de excesiva velocidad.



ANEXO 2. Daño por corte y consecuencia en el neumático.



ANEXO 3. Pantalla de servidor sistema MEMS.



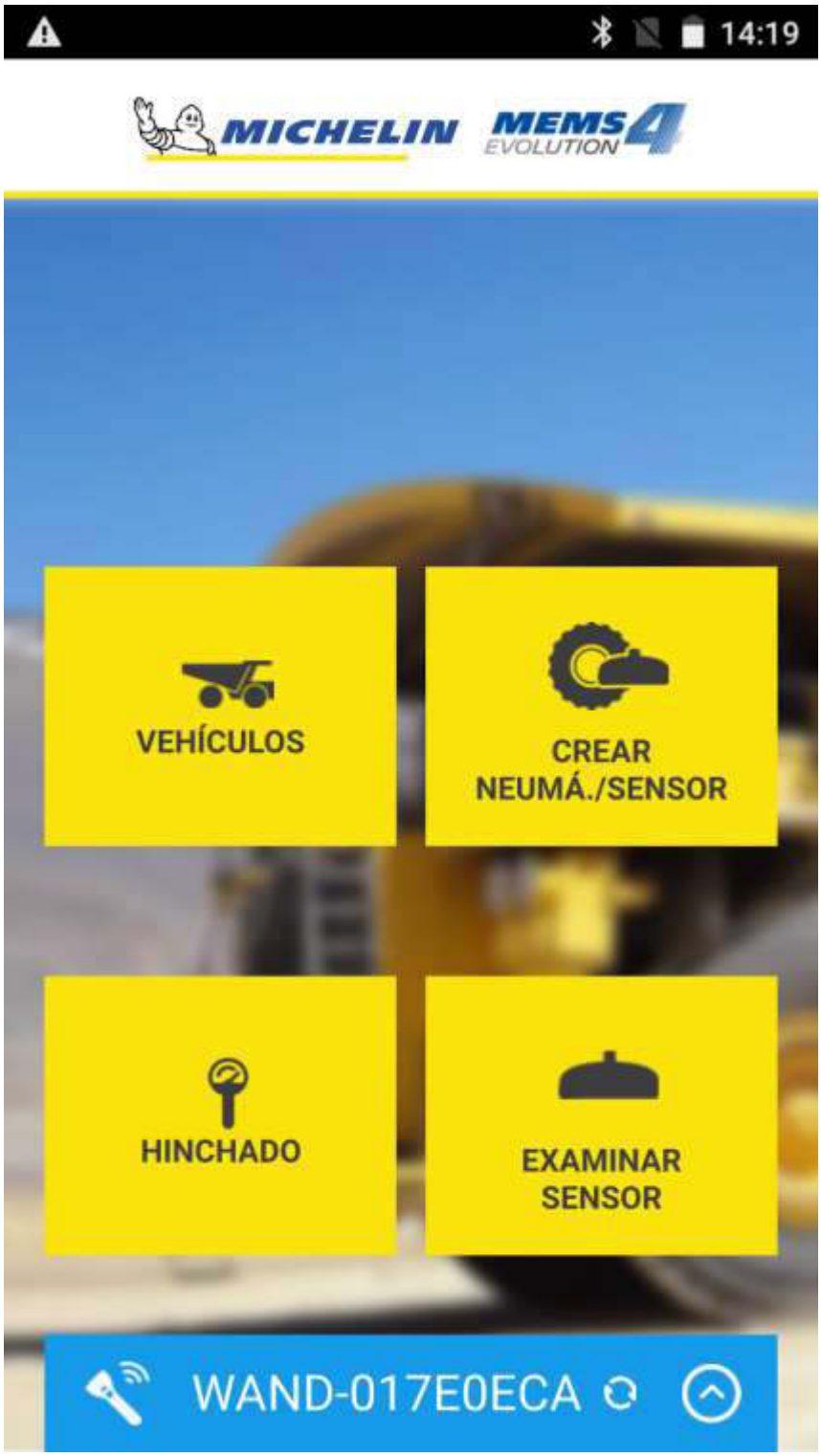
TIEMPO DE INACTIVIDAD

CANTIDAD DE SENSORES INSTALADOS

ALARMA AMARILLA POR PRESIÓN BAJA

EQUIPOS ACTIVOS CON SISTEMA MEMS BUENAS CONDICIONES DE NEUMÁTICOS

ANEXO 4. Pantalla desde una PDA o celular con sistema MEMS activado.



ANEXO 5. Monitoreo de presión y temperatura.



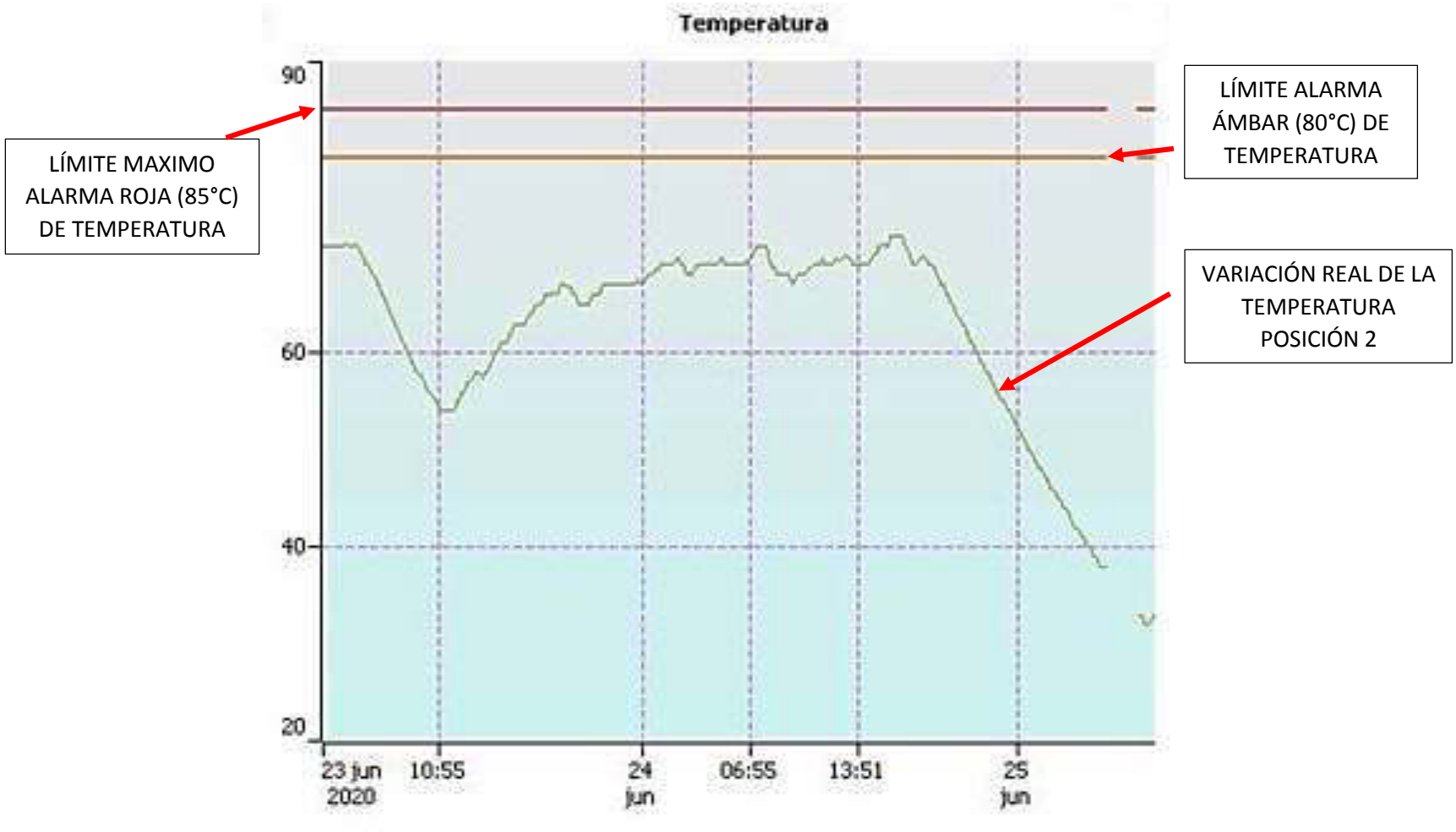
NEUMÁTICOS CON SENSORES ACTIVOS

SELECCIÓN DE POSICIÓN 2

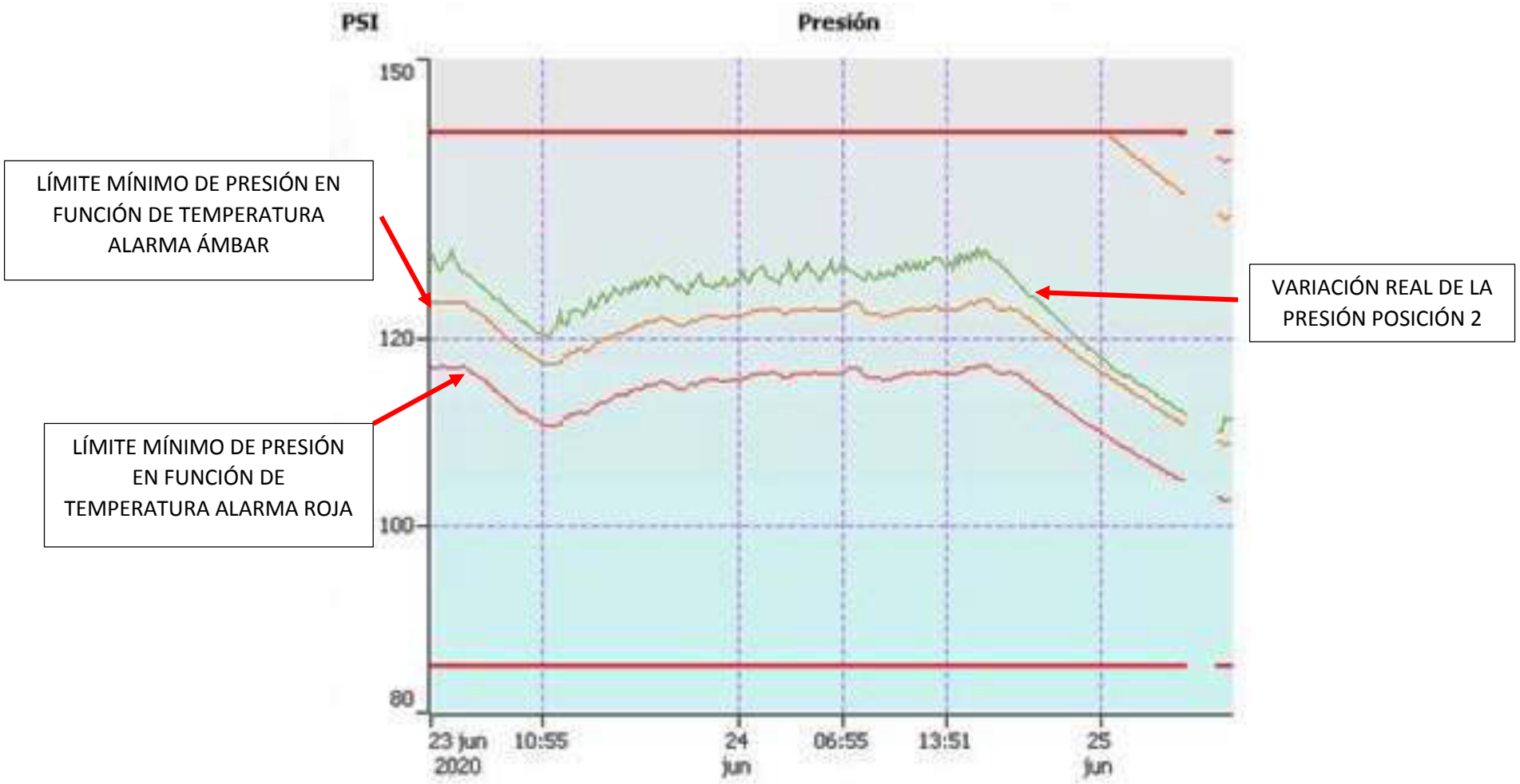
GRÁFICO DE LA TEMPERATURA POS. 2

GRÁFICO DE LA PRESIÓN POS. 2

ANEXO 6. Gráfica de temperatura.



ANEXO 7. Gráfica de presión.



UNAM

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO POR SUFICIENCIA

Folio N° 004

I. Documento de aprobación de la programación de fecha para la sustentación del informe final de Suficiencia Profesional: RCO N° 0393-2020-UNAM

Fecha: 13 agosto de 2020.

II. El Jurado ha calificado la defensa del Trabajo de Suficiencia Profesional, TITULADO: APLICACIÓN DEL SISTEMA MEMS PARA LA MEJORA DE LA SEGURIDAD EN EL RENDIMIENTO DE NEUMATICOS DE EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO EN LA UNIDAD MINERA TOQUEPALA.

Bachiller:

DIEGO ALBERTO CONDE PORTILLO.

Asesor Principal:

MSC. ING. CHRIST JESUS BARRIGA PARIA

III. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD

La defensa aprueba con nota: CATORCE (14), bajo la modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional, por lo que ESTA EXPEDITO PARA optar el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 9.00 horas al 13 de agosto del año 2020 se procede a la firma con conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA - EPIM

Presidente

VICTOR ADRIAN PONCE ESTRADA

(Nombres y Apellidos)

Primer Miembro

(Nombres y Apellidos)

Segundo Miembro

(Nombres y Apellidos)

Bachiller

(Nombres y Apellidos)