

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



TESIS

**“APLICACIÓN DEL SISTEMA ANTIFATIGA GUARDVANT PARA LA
PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL ACARREO DE MATERIAL CON
CAMIONES EN UNA MINA DE TAJO ABIERTO DEL NORTE DEL PERU”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

ELABORADO POR

MARIO HUMBERTO RAMOS GONZALEZ

ASESOR

M.Sc. ING. JOSE ANTONIO CORIMANYA MAURICIO

LIMA-PERU

2021

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres Betty y Mario por ser ellos siempre mi ejemplo a seguir, a mis hermanas Violeta y Valentina por compartir sus experiencias de vida conmigo y con mucho amor a mi esposa Karina y a mi hija Mia que son el motivo y mi razón de seguir mejorando cada día más.

AGRADECIMIENTOS

En esta oportunidad quiero agradecer primero a mi padre celestial , mi Señor Dios por darme la sabiduría para poder tomar buenas decisiones en base a su palabra , también quiero agradecer a mi Alma Mater la Universidad Nacional de Ingeniería por la oportunidad que me dio de ser profesional , a todos mis profesores que compartieron sus conocimientos para mi formación y a la vez ser como padres y guías en este camino para ser un buen profesional y finalmente a mi familia que siempre me apoyo desde que decidí postular a la universidad, terminar mi carrera y ahora alcanzar esta nueva meta que tengo con este proyecto que me trace en mi vida.

RESUMEN

En primer lugar, por motivos de confiabilidad se obviará el nombre real de la empresa minera y se considerara ejemplarmente llamarla “Unidad Minera RM” Teniendo en cuenta que los datos que presentaremos son reales y obtenidos con el Sistema Antifatiga “Guardvant”. Los nombres de los procesos y zonas geográficas dentro de mina son ficticios, cualquier parecido con la realidad es coincidencia.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo disminuir o eliminar los accidentes ocasionados por la fatiga y somnolencia durante la conducción de los camiones de acarreo en la Unidad Minera RM. Los antecedentes se remontan desde el año 2014, cuando uno de los camiones pierde el equilibrio, sale de la vía de acarreo y termina en una poza de sedimentación y se extiende hasta el año 2017 cuando otro camión se desvía, invadiendo el carril contrario y saliéndose de la vía de acarreo subiéndose finalmente a un talud.

El problema de fondo para todos estos accidentes es la condición de fatiga, somnolencia y distracción que se presenta en los conductores de camión de acarreo en la mina. Los factores son diversos por el cual se presenta la fatiga y somnolencia, el cual será abordado en este trabajo y van desde la calidad del sueño hasta los factores psicológicos propios del conductor. Las distracciones durante la conducción de igual forma han ocasionado accidentes en la mina y su análisis también será parte de este trabajo. Es así que se decidió por el uso de tecnologías de avanzada para poder

contrarrestar este fenómeno ya que va a ser de suma importancia para el desarrollo de esta tesis.

El Sistema Antifatiga “Guardvant”, ofrece una solución óptima para de identificación de la fatiga, somnolencia y distracción en tiempo real mediante el uso de sensores ópticos instalada en la cabina del camión monitorea continuamente el cerrado de ojos, movimientos faciales y los movimientos de la cabeza y otros comportamientos inseguros mientras el vehículo está en movimiento. Luego de la detección del evento, se activan las alarmas en la cabina, se crea el evento en una base de datos local e inmediatamente se reporta a la supervisión de mina quienes van a tomar las medidas de acción preventivas para cuidar al operador. La implementación de esta herramienta de control fue una tarea nada fácil de realizar, existieron muchas dudas y reclamos entre los operadores pero que al final supieron entender el objetivo de esta herramienta, el cual era cuidarlos y protegerlos. Al inicio hubo una fase de marcha blanca y concientización para que los operadores se puedan familiarizar con el sistema y entender bien su funcionamiento. El camino desde su implementación y hasta su aplicación significo una tarea difícil pero no imposible para la empresa. Los resultados alcanzados fueron muy positivos, pues nos dio un alcance inmediato en qué situación nos encontrábamos y a donde queríamos llegar.

En conclusión, la aplicación del Sistema Antifatiga “Guardvant” en la Unidad Minera RM resulto muy importante, porque desde su aplicación no se reportó ningún otro accidente por fatiga, somnolencia y distracción hasta la fecha. Y de acuerdo con las normas peruanas el empleador está en la facultad de aplicar nuevas tecnologías que ayuden y protejan a sus empleados de las condiciones de peligro y riesgo que existan en

el centro de trabajo. El valor humano es el mayor valor que tiene una empresa porque en la vida no existe empresas exitosas, lo que existe es que hay personas exitosas en las empresas porque la empresa en si está formada de personas.

ABSTRACT

In the first place, for reasons of reliability, the real name of the mining company will be ignored and it will be considered exemplary to be called “RM Mining Unit” Bearing in mind that the data that we will present are real and obtained with the “Guardvant” Anti-Fatigue System. The names of the processes and geographical areas within the mine are fictitious, any resemblance to reality is coincidence.

This research work aims to reduce or eliminate accidents caused by fatigue and drowsiness while driving haulage trucks in the RM Mining Unit. The background dates back to 2014, when one of the trucks loses its balance, sale of the haul road and ends in a sedimentation pool and extends until 2017 when another truck deviates, invading the opposite lane and leaving of the haul road finally climbing to a slope.

The underlying problem for all these accidents is the condition of fatigue, drowsiness and distraction that occurs in haul truck drivers in the mine. The factors are diverse by which fatigue and drowsiness occur, which will be addressed in this work and range from the quality of sleep to the driver's own psychological factors. Distractions while driving have caused accidents at the mine and their analysis will also be part of this work. Thus, it was detected by the use of advanced technologies to be able to counteract this phenomenon since it will be of the utmost importance for the development of this thesis.

The “Guardvant” Anti-fatigue System offers an optimal solution for the identification of fatigue, drowsiness and distraction in real time through the use of optical sensors installed in the cab of the truck automatically monitors the closing of eyes, facial

movements and movements of the head and other unsafe behaviors while the vehicle is in motion. After the event is detected, activate the alarms in the cabin, create the event in a local database and immediately the mine supervision will be informed who will take the preventive action measures to take care of the operator. The implementation of this control tool was a task not easy to perform, there were many doubts and complaints among the operators but in the end they knew how to understand the purpose of this tool, which was to take care of them and protect them. At the beginning there was a phase of white march and awareness so that operators can familiarize themselves with the system and understand its operation well. The path from its implementation to its application means a difficult but not impossible task for the company. The results were very positive, because it gave us an immediate reach in the situation in which we are and where we wanted to reach.

In conclusion, the application of the “Guardvant” Anti-fatigue System in the RM Mining Unit was very important, because since its application no other accident due to fatigue, drowsiness and distraction was reported to date. And according to Peruvian standards, the employer is entitled to apply new technologies that help and protect its employees from the danger and risk conditions that exist in the workplace. Human value is the greatest value that a company has because in life there are no successful companies, what exists is that there are successful people in the companies because the company itself is made up of people.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTOS | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| ÍNDICE | IX |
| LISTA DE FIGURAS. | XV |
| LISTA DE TABLAS..... | XXI |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.2. ANTECEDENTES REFERENCIALES | 2 |
| 1.2.1. Primer Antecedente: “Cansancio y somnolencia durante el desempeño laboral de los conductores de empresas interprovinciales: Experiencia Peruana y Planteamiento de Propuestas”. (Rey de Castro & Rosales - Mayor, 2010)..... | 2 |
| 1.2.2. Segundo Antecedente: “Detección de fatiga en conductores mediante fusión de sistemas ADAS (García Daza, 2011)..... | 3 |
| 1.2.3. Tercer Antecedente: “Implementación del sistema antifatiga Guardvant para la prevención de accidentes laborales en el área de operaciones Mina de la Unidad Minera Cuajone – Moquegua - 2016” (Guevara & Lopez, 2016). | 4 |

| | |
|---|----|
| 1.2.4. Cuarto Antecedente: Experiencias del sistema antifatiga en otras minas en el mundo. | 5 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN. | 6 |
| 1.3.1. Empresarial. | 6 |
| 1.3.2. Legal. | 7 |
| 1.3.3. Técnica y Económica | 8 |
| 1.4. FORMULACIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA. | 8 |
| 1.5. OBJETIVO. | 9 |
| 1.5.1. Objetivos Específicos. | 9 |
| 1.6. HIPÓTESIS | 10 |
| 1.7. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y DE EXCLUSIÓN | 10 |
| 1.7.1. Criterio de Inclusión. | 10 |
| 1.7.2. Criterios de Exclusión. | 10 |
| CAPÍTULO II. | 11 |
| UNIDAD DE ESTUDIO: LA EMPRESA RM. | 11 |
| 2.1. La Unidad Minera RM. | 11 |
| 2.2. Resumen de las Operaciones Mineras en RM. | 13 |
| 2.3. Regímenes de trabajo, horarios y actividades de la fuerza laboral en RM. | 16 |

| | |
|---|----|
| 2.4. Descripción del Circuito del Proceso Productivo del Oro en la Unidad Minera RM..... | 19 |
| 2.5. Las Políticas de Salud y Seguridad de la Empresa Minera RM. | 20 |
| 2.6. Reglas Cardinales en la Unidad Minera RM – Respeto por la Vida | 21 |
| 2.7. Riesgos Fatales en RM. | 22 |
| CAPÍTULO III | 23 |
| MARCO TEÓRICO | 23 |
| 3.1. La Fatiga Laboral..... | 23 |
| 3.2. Análisis Psicológico de la Fatiga..... | 24 |
| 3.3. Factores que influyen en la fatiga durante la conducción..... | 29 |
| 3.4. Como evitar La Fatiga y La Somnolencia. | 32 |
| 3.5. Distracciones al volante, una de las causas de accidentes de tránsito en Lima. | 33 |
| CAPÍTULO IV | 34 |
| METODOLOGÍA DE ESTUDIO - IMPLEMENTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ANTIFATIGA GUARDVANT EN LA MINA RM..... | 34 |
| 4.1. Población y Muestra. | 34 |
| 4.2. Operación de las Variables. | 34 |
| 4.3. Técnicas de recolección de datos y descripción de instrumentos..... | 35 |

| | |
|--|----|
| 4.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información..... | 35 |
| 4.5. Implementación del Sistema Antifatiga Guardvant en la Unidad Minera RM. | 35 |
| 4.6. El Control del Monitoreo de la Fatiga por el “Sistema Guardvant”..... | 36 |
| 4.7. Características del “Sistema Guardvant”..... | 38 |
| 4.8. ¿Qué es el micro sueño y cuáles son sus peligros al volante?..... | 43 |
| 4.9. Definición de “PERCLOS”. | 43 |
| 4.10. Descripción de las Funciones del Sistema Antifatiga Guardvant..... | 44 |
| CAPÍTULO V | 51 |
| RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA ANTIFATIGA GUARDVANT EN LA UNIDAD MINERA RM..... | 51 |
| 5.1. Resultados obtenidos luego de la Aplicación del Sistema Guardvant..... | 51 |
| 5.2. Resultados de los Eventos obtenidos por Micro sueño. | 52 |
| 5.2.1. Frecuencia de micro sueños acumulado por hora de trabajo en cada mes. | 56 |
| 5.2.2. Ranking de micro sueños por operador..... | 61 |
| 5.2.3. Frecuencia de velocidades por evento de micro sueño. | 63 |
| 5.2.4. Frecuencia de eventos de micro sueño por guardia. | 65 |
| 5.2.5. Frecuencia de eventos de micro sueño por día de trabajo..... | 69 |
| 5.2.6. Mapeo general de la mina en las zonas donde se ocasionan los eventos de fatiga y somnolencia. | 73 |

| | |
|---|-----|
| 5.2.7. Análisis usando el Diagrama de Pareto..... | 74 |
| 5.3. Resultados de los Eventos obtenidos por Distracciones..... | 75 |
| 5.3.1. Gráfica de tiempo en segundos por la frecuencia de distracciones ocurridas para dicho tiempo en segundos de enero 2018 hasta abril 2019..... | 76 |
| 5.3.2. Gráficas de frecuencia de distracciones por número de día de trabajo de enero 2018 hasta abril 2019..... | 81 |
| 5.3.3. Ranking de distracciones por operador de Enero 2018 hasta Abril 2019.. | 82 |
| 5.3.4. Frecuencia de distracciones por guardia (Turno Día, Turno Noche y Total) de Enero 2018 hasta Abril 2019. | 82 |
| 5.3.5. Gráfica de frecuencia de distracciones por hora de trabajo. | 85 |
| 5.4. Resultados de los Eventos obtenidos por Uso de Celular..... | 86 |
| 5.5. Resultado de los Eventos de Distracción mayor a los 10 segundos. | 88 |
| CAPÍTULO VI..... | 90 |
| ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN CON LA HIPÓTESIS | 90 |
| CONCLUSIONES..... | 95 |
| RECOMENDACIONES | 100 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 104 |
| ANEXOS | 113 |

| | |
|---|-----|
| ANEXO N°1: RESUMEN DE LOS ACCIDENTES OCASIONADOS POR FATIGA U SOMNOLENCIA Y DISTRACCIÓN EN LA UNIDAD MINERA RM. | 114 |
| ANEXO N° 2: EXPERIENCIAS EN OTRAS EMPRESAS MINERAS EN EL MUNDO..... | 122 |
| ANEXO N° 3: LEY 29783 – LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | 128 |
| ANEXO N°4: PROCEDIMIENTO CONTROL DE FATIGA, SOMNOLENCIA Y DISTRACCIÓN EN OPERACIONES MINA. | 131 |
| ANEXO N°5: EL RITMO CIRCADIANO..... | 137 |
| ANEXO N°6: EL APNEA DEL SUEÑO. | 139 |
| ANEXO N°7: ANÁLISIS DE UN EXAMEN DE OXIMETRIA. | 141 |
| ANEXO N°8: ¿QUÉ ES UN EXAMEN DE POLISOMNOGRAFÍA? | 144 |

LISTA DE FIGURAS.

| | |
|---|----|
| Figura 2, 1 Mapa de la ubicación de la mina RM en el Perú. Fuente CIA Maps website, 2015..... | 12 |
| Figura 2, 2 Distribución General de la Unidad Minera RM. Fuente: RM. | 15 |
| Figura 2, 3 Itinerario para un operador en el turno de día. | 17 |
| Figura 2, 4 Itinerario para un operador en el turno de noche. | 18 |
| Figura 2, 5 Diagrama de flujo del proceso simplificado. Fuente: Unidad Minera RM, 2015..... | 19 |
| Figura 2, 6 Primeros 8 Riesgos Críticos en RM. Fuente: (Área de Entrenamiento Mina, 2017). | 22 |
| Figura 2, 7 Segundos 8 Riesgos Críticos en RM. Fuente: (Área de Entrenamiento Mina, 2017). | 22 |
| Figura 3, 1 Choferes deben de cambiar su actitud al volante porque las consecuencias pueden ser fatales. (El Pais Online, 2016). | 33 |
| Figura 4, 1 Generación de un correo electrónico enviando un reporte de micro sueño. Fuente: (Guardvant, 2015). | 37 |
| Figura 4, 2 Esquema de la operatividad del sistema Guardvant. Fuente: (Guardvant, 2015). | 38 |
| Figura 4, 3 Ejemplo de gráfica del tiempo. Fuente: (Guardvant, 2015)..... | 40 |
| Figura 4, 4 Gráfica del procedimiento de la gestión de la fatiga elaborada por Guardvant. Fuente: (Guardvant, 2015). | 41 |

| | | |
|--------------|--|----|
| Figura 4, 5 | Uso del celular, distracción crítica al volante. Fuente: (Flores Calero, 2009). | 42 |
| Figura 4, 6 | Representación gráfica de la apertura del ojo. PERCLOS. (MENA, 2017) | 44 |
| Figura 4, 7 | Niveles de Fatiga. Fuente: (Guardvant, 2015). | 45 |
| Figura 4, 8 | Lista de Eventos. Fuente: (Guardvant, 2015). | 45 |
| Figura 4, 9 | Detalles del evento de micro sueño. Fuente: (Guardvant, 2015). | 47 |
| Figura 4, 10 | Detalles del evento de micro sueño. Fuente: (Guardvant, 2015). | 47 |
| Figura 4, 11 | Historial de los eventos de un operador en un periodo de dos semanas. Fuente: (Guardvant, 2015). | 48 |
| Figura 4, 12 | Validación de un evento de micro sueño. Fuente: (Guardvant, 2015). | 48 |
| Figura 4, 13 | Ingreso de comentarios adicionales al evento. Fuente: (Guardvant, 2015). | 48 |
| Figura 4, 14 | Diagnóstico general de todos los equipos de mina. Fuente: (Guardvant, 2015). | 49 |
| Figura 4, 15 | Diagnóstico de un solo camión. Fuente: (Guardvant, 2015). | 50 |
| Figura 5, 1 | Gráfica del comportamiento de los eventos de micro sueño de ene 2018 – abr 2019. Fuente: Elaboración propia. | 55 |
| Figura 5, 2 | Gráfica de eventos de micro sueño de nivel crítico. Fuente: Elaboración propia. | 55 |
| Figura 5, 3 | Gráfica de E.MS.N. por cada hora del día, periodo enero 2018 - abril 2019. Fuente: Elaboración propia. | 58 |

| | |
|---|----|
| Figura 5, 4 Gráfico de eventos de micro sueño de nivel bajo por hora del periodo enero 2018 - abril del 2019. Fuente: Elaboración propia..... | 59 |
| Figura 5, 5 Gráfico de eventos de micro sueño de nivel moderado por hora del periodo enero 2018 - abril 2019. Fuente: Elaboración propia..... | 59 |
| Figura 5, 6 Gráfico de eventos de micro sueño de nivel crítico por hora del periodo enero 2018 - abril 2019. Fuente: Elaboración propia..... | 60 |
| Figura 5, 7 Gráfica del ranking acumulado de micro sueños de nivel bajo por operador. Fuente: Elaboración propia. | 61 |
| Figura 5, 8 Gráfica del ranking acumulado de eventos de micro sueño de nivel moderado por operador. Fuente: Elaboración propia..... | 61 |
| Figura 5, 9 Gráfica del ranking acumulado de eventos de micro sueño de nivel crítico por operador. Fuente: Elaboración propia..... | 62 |
| Figura 5, 10 Grafica total del ranking de todos los eventos de micro sueño por operador. Fuente: Elaboración propia. | 62 |
| Figura 5, 11 Gráfica de relación entre los eventos de micro sueño y la velocidad. Fuente: Elaboración propia. | 64 |
| Figura 5, 12 Acumulado de eventos de micro sueño por día de trabajo - turno día. Fuente: Elaboración propia. | 70 |
| Figura 5, 13 Acumulado de eventos de micro sueño por día de trabajo - turno noche. Fuente: Elaboración propia. | 71 |
| Figura 5, 14 Acumulado de eventos de micro sueño por día de trabajo. Fuente: Elaboración propia. | 72 |

| | |
|---|----|
| Figura 5, 15 Mapa de eventos de micro sueño en la mina. | 73 |
| Figura 5, 16 Gráfica de Pareto de micro sueño. Fuente: Elaboración propia..... | 74 |
| Figura 5, 17 Gráfica de barras de cantidad de distracciones por mes. Fuente: Elaboración propia. | 75 |
| Figura 5, 18 Gráfica de barras del tiempo en segundos vs frecuencia de distracciones. Fuente: Elaboración propia. | 76 |
| Figura 5, 19 Gráfica de tiempo en segundos versus frecuencia de distracciones en el turno de día. Fuente: Elaboración propia. | 78 |
| Figura 5, 20 Gráfica de tiempo en segundos versus frecuencia de distracciones en el turno de noche. Fuente: Elaboración propia. | 79 |
| Figura 5, 21 Gráfica de tiempo en segundos versus frecuencia de distracciones en dicho tiempo. Fuente: Elaboración propia. | 80 |
| Figura 5, 22 Gráfica de frecuencia de distracciones por día de trabajo. Fuente: Elaboración propia. | 81 |
| Figura 5, 23 Ranking de distracciones por operador, periodo enero 2018 - abril 2019. Fuente: Elaboración propia. | 82 |
| Figura 5, 24 Gráfica de distracciones por guardia turno de día. Fuente: Elaboración propia..... | 83 |
| Figura 5, 25 Gráfica de distracciones por guardia turno de noche. Fuente: Elaboración propia..... | 83 |
| Figura 5, 26 Gráfica de distracciones por guardia, periodo enero 2018 a abril 2019. Fuente: Elaboración propia. | 84 |

| | |
|---|-----|
| Figura 5, 27 Gráfica de frecuencia de distracciones totales por hora, periodo enero 2018 a abril 2019. Fuente: Elaboración propia. | 85 |
| Figura 5, 28 Gráfica de eventos de celular. Fuente: Elaboración propia. | 86 |
| Figura 5, 29 Política sobre el uso del celular en la Unidad Minera RM. | 87 |
| Figura 5, 30 Frecuencia de distracciones mayores a 10 segundos. Fuente: Elaboración propia..... | 89 |
| Figura A1, 1 Recreación evento 2. Fuente: Unidad Minera RM. | 115 |
| Figura A1, 2 Daños en la cabina del camión. Fuente: Unidad Minera RM. | 115 |
| Figura A1, 3 Evento 3. Fuente: Unidad Minera RM..... | 116 |
| Figura A1, 4 Daños en el evento 4. Fuente: Unidad Minera RM..... | 117 |
| Figura A1, 5 Recorrido del camión e impacto. Fuente: Unidad Minera RM..... | 119 |
| Figura A1, 6 Posición final del camión. Fuente: Unidad Minera RM. | 119 |
| Figura A1, 7 Daños ocasionados a la escalera del camión. Fuente: Unidad Minera RM. | 120 |
| Figura A1, 8 Posición final del camión minero, fuera de la vía. Fuente: Unidad Minera RM. | 121 |
| Figura A2, 1 Imagen de un camión minero cruzando una vía pública de equipos livianos. Fuente: (MINING MAGAZINE 1, 2016)..... | 122 |
| Figura A2, 2 Carguío de camiones con un cargador frontal. Fuente: (MINING MAGAZINE 2, 2016). | 124 |
| Figura A2, 3 Monitoreo de la fatiga con el sistema DSS. Fuente: (MINING MAGAZINE 3, 2015). | 126 |

| | |
|---|-----|
| Figura A5, 1 El ciclo circadiano. Fuente: (APUNTES REVISTA DIGITAL DE ARQUITECTURA, 2011) | 137 |
| Figura A5, 2 Relación entre los accidentes y las horas del día. Fuente: (Hermilio Esparzalara, 2013)..... | 138 |
| Figura A6, 1 Flujo de aire durante la apnea del sueño. Fuente: (Cartagena, 2016). . | 140 |
| Figura A7, 1 Resultado final de un examen de oximetría. | 141 |
| Figura A8, 1 Paciente en la cama conectado a sensores en el cuerpo. | 145 |

LISTA DE TABLAS.

| | |
|---|----|
| Tabla 1, 1 EXPERIENCIAS DEL SISTEMA ANTIFATIGA EN EL MUNDO. | 6 |
| Tabla 1, 2 ACCIDENTES OCASIONADOS POR FATIGA, SOMNOLENCIA Y DISTRACCION..... | 9 |
| Tabla 2, 1 . PRODUCCION HISTORICA DE LA MINA RM DESDE EL 2005 - 2015. | 14 |
| Tabla 4, 1 LAS VARIABLES Y SUS INDICADORES..... | 34 |
| Tabla 4, 2 CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE EVENTOS..... | 39 |
| Tabla 5, 1 FECHAS DE INSTALACION DEL SISTEMA ANTIFATIGA EN LOS CAMIONES DE ACARREO. | 52 |
| Tabla 5, 2 CANTIDAD DE EVENTOS DE MICROSUEÑO POR CADA NIVEL Y POR CADA MES. | 52 |
| Tabla 5, 3 PROMEDIO DE EVENTOS POR CAMION POR CADA MES. | 52 |
| Tabla 5, 4 FRECUENCIA DE MICRO SUEÑOS POR HORA – ABRIL 2018..... | 56 |
| Tabla 5, 5 FRECUENCIA DE MICRO SUEÑOS POR HORA – ABRIL 2019..... | 57 |
| Tabla 5, 6 FRECUENCIA ACUMULADA DE MICRO SUEÑO DESDE ENERO 2018 – ABRIL 2019..... | 57 |
| Tabla 5, 7 RELACION ENTRE LA VELOCIDAD Y LA FRECUENCIA DE LOS MICRO SUEÑOS. | 63 |
| Tabla 5, 8 FRECUENCIA DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO POR CADA GUARDIA. | 65 |

| | |
|--|----|
| Tabla 5, 9 FRECUENCIA DE MICRO SUEÑO POR GUARDIA – ABRIL 2018... | 66 |
| Tabla 5, 10 FRECUENCIA DE MICRO SUEÑO POR GUARDIA – ABRIL 2019. | 67 |
| Tabla 5, 11 FRECUENCIA ACUMULADA DE MICRO SUEÑO EN EL TURNO DE DIA DESDE ENERO 2018 - ABRIL 2019. | 67 |
| Tabla 5, 12 FRECUENCIA ACUMULADA DE MICRO SUEÑO EN EL TURNO DE NOCHE DESDE ENERO 2018 - ABRIL 2019. | 68 |
| Tabla 5, 13 FRECUENCIA ACUMULADA DE MICRO SUEÑO POR GUARDIA DESDE ENERO 2018 - ABRIL 2019. | 69 |
| Tabla 5, 14 ACUMULADO DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO POR DIA DE TRABAJO EN EL TURNO DIA..... | 70 |
| Tabla 5, 15 ACUMULADO DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO POR DIA DE TRABAJO EN EL TURNO DE NOCHE..... | 71 |
| Tabla 5, 16 . ACUMULADO DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO POR DIA DE TRABAJO TURNO DIA Y NOCHE. | 72 |
| Tabla 5, 17 RANKING DE HORAS DEL DIA POR NUMERO DE FRECUENCIA DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO. | 74 |
| Tabla 5, 18 FRECUENCIA DE DISTRACCIONES POR CADA MES..... | 75 |
| Tabla 5, 19 TIEMPO EN SEGUNDOS VS FRECUENCIA DE DISTRACCIONES. | 76 |
| Tabla 5, 20 TIEMPO VS FRECUENCIA DE DISTRACCIONES EN DICHO TIEMPO PARA EL TURNO DE DIA. | 77 |

| | |
|--|----|
| Tabla 5, 21 TIEMPO VS FRECUENCIA DE DISTRACCIONES EN DICHO TIEMPO PARA EL TURNO DE NOCHE. | 78 |
| Tabla 5, 22 TIEMPO VS FRECUENCIA DE DISTRACCIONES EN DICHO TIEMPO..... | 79 |
| Tabla 5, 23 FRECUENCIA DE DISTRACCIONES POR DIA DE TRABAJO..... | 81 |
| Tabla 5, 24 FRECUENCIA DE DISTRACCIONES POR GUARDIA DURANTE EL TURNO DE DIA. | 82 |
| Tabla 5, 25 FRECUENCIA DE DISTRACCIONES POR GUARDIA DURANTE EL TURNO DE NOCHE..... | 83 |
| Tabla 5, 26 FRECUENCIA DE DISTRACCIONES POR GUARDIA, PERIODO ENERO 2018- ABRIL 2019. | 84 |
| Tabla 5, 27 EVENTOS DE CELULAR..... | 86 |
| Tabla 5, 28 DISTRACCIONES > 10 SEGUNDOS..... | 88 |

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los accidentes durante el tránsito en vías de acarreo en minería son un problema real para las empresas el cual está dejando a trabajadores con lesiones leves, graves y hasta el fallecimiento en eventos más severos.

Los estados de somnolencia y fatiga son producto de no tener un adecuado cuidado del sueño durante las horas que uno debe de descansar. El entrar en uno de estos estados de fatiga y somnolencia durante el acarreo de material con camiones gigantes puede ocasionar un severo daño tanto al operador que está manejando el equipo, daños al equipo, y daños hacia su entorno.

En el año 2017 en la Unidad Minera RM se evidencio un evento de un camión el cual invadió el carril contrario y se subió a un talud ocasionando daños al equipo y felizmente no habiendo daños personales (Anexo 1, Evento 6).

Una de las causas raíz principales que resalto luego de la investigación fue debido a que el operador tenía signos de no haber dormido bien durante su periodo de descanso. Es así que nace la necesidad de concientizar a todos de lo importante de tener un buen

sueño durante la hora de descanso el cual no tiene que ser interrumpido para que este sea el óptimo y de calidad.

Por otro lado, la instalación de un sistema de detección del micro sueño, fatiga y distracción durante el manejo en tiempo real minimizará el riesgo a un choque o colisión de los camiones de acarreo en la mina. Por lo tanto, lo que se requiere es prevenir o eliminar los accidentes que estén relacionados a la fatiga y somnolencia durante el manejo de camiones de acarreo de material.

1.2. ANTECEDENTES REFERENCIALES

1.2.1. Primer Antecedente: “Cansancio y somnolencia durante el desempeño laboral de los conductores de empresas interprovinciales: Experiencia Peruana y Planteamiento de Propuestas”. (Rey de Castro & Rosales - Mayor, 2010)

Este estudio se basó en la observación de los artículos en su mayoría del Diario “El Comercio” entre los años 1999-2000 y todos ellos ocurridos en las carreteras del Perú. Se encontró 73 artículos dando un total de 112 accidentes; los clasifiqué por dos tipos de titulares, del tipo A si el periodista afirmaba que el chofer se había quedado dormido o del tipo B si describía al menos dos criterios de horario de ocurridos los hechos; entre las 01:00-06:00 horas o 13:00-15:00 horas. Además, en el año 2001 se realizó un estudio a los conductores de ómnibus de pasajeros del Terminal de Fiori a través de encuestas y se obtuvo que la gran mayoría realizaban jornadas prolongadas con poco tiempo de descanso, los turnos diurnos y nocturnos no tenía un debido orden, sus descansos eran entre 4 a 5 horas por día. Cuando terminaban un trayecto se dedicaban a limpiar o chequear algún

desperfecto mecánico al bus restando estas actividades a sus horas de sueño En el año 2007 se realizó el mismo estudio en el Terminal Terrestre de Huancayo encontrándose un cuadro muy similar.

Conclusiones:

La fatiga y la somnolencia en los choferes de pasajeros de ómnibus interprovincial es una de las causas principales de los accidentes en las carreteras del Perú.

Se concluye en promover un descanso de calidad, es decir, que los choferes deben de tener un buen lugar de descanso luego de que lleguen a su destino, así como beneficios de ley que acompañen y estimulen su trabajo para así no poner en peligro su integridad ni la de otros.

1.2.2. Segundo Antecedente: “Detección de fatiga en conductores mediante fusión de sistemas ADAS (García Daza, 2011).

Siendo la fatiga y la somnolencia uno de los factores más importantes en los accidentes de tráfico en los últimos años, se hace importante encontrar un Sistema de asistencia avanzada al conductor ADAS (Advanced Drive Assistance System).

El autor en esta tesis trabaja con varios tipos de indicadores; entre ellos podemos mencionar los que están relacionados a la conducción, relacionados con el conductor y variables como la de PERCLOS y que son fusionadas entre sí para ser optimizados y luego ser comparadas y determinar cuáles son las más confiables y exactas.

Conclusiones:

Uno de los objetivos ha sido la implementación de un sistema de visión computacional para la estimación de la apertura de los ojos utilizando técnicas de reconocimiento de

objetos y caracterización de parámetros de los objetos detectados, tanto en condiciones de simulación naturalista como en condiciones reales de conducción, para conductores sin y con privación de sueño en la realización de ensayos. El sistema desarrollado tiene la ventaja de ser empleado en tiempo real y generar un aviso cuando detecta que el conductor entra en estado de somnolencia.

Se concluye que la variable PERCLOS es el mejor indicador de somnolencia debido, probablemente, a que el sistema de visión desarrollado para su obtención es propietario y no comercial por lo que los resultados obtenidos son mejores que en otros trabajos referenciados. Cabe de mencionar que hay otros indicadores que pueden intervenir y no tienen el mismo resultado para determinar la fatiga y la somnolencia, ya que están influenciadas por la trayectoria de la carretera.

1.2.3. Tercer Antecedente: “Implementación del sistema antifatiga Guardvant para la prevención de accidentes laborales en el área de operaciones Mina de la Unidad Minera Cuajone – Moquegua - 2016” (Guevara & Lopez, 2016).

En este trabajo, los autores obtuvieron su medición entre los meses de enero del 2015 y enero del 2016, contando con 52 camiones y alcanzando un registro de 9043 eventos por fatiga. Los primeros meses entre febrero y abril tuvo un alto nivel de incidencia debido a la adecuación de los operadores a este nuevo control. Encontraron que la mayor cantidad de eventos ocurridos fue a las 06:00 a.m., esto se debe a que es la hora próxima para acabar el turno de noche. Del total de micro sueños, el 60% se dieron en el turno de noche y el 40% restante en turno de día.

Conclusiones:

El trabajo de investigación logro su objetivo que fue de reducir o eliminar los accidentes ocasionados por fatiga u somnolencia. Además, nos recomienda hacer una capacitación a los conductores para familiarizarlos con el sistema, también nos recomienda realizar charlas durante el cambio de guardia de cómo lograr un descanso adecuado. Finalmente, nos recomienda realizar actividades de control en las horas críticas que es durante las 3.00 a.m. a 8.00 a.m. (Contactos personales, difusión de lemas de seguridad y cambios de rutas).

1.2.4. Cuarto Antecedente: Experiencias del sistema antifatiga en otras minas en el mundo.

Los sistemas antifatiga en el mundo son diversos y no solo se limitan a los conocidos actualmente en el mercado. Existen unos sistemas que son más o menos intrusivos para el operador, es ahí donde se debe de buscar y elegir el que sea el menos invasivo para el mismo.

A continuación, se muestra el sistema DSS y el sistema Guardvant instalados en distintas minas en el mundo, el cual ha sido una solución muy importante en la prevención y cuidado de sus colaboradores, disminuyendo sustancialmente los accidentes y aumentando su productividad.

Tabla 1, 1 EXPERIENCIAS DEL SISTEMA ANTIFATIGA EN EL MUNDO.

| EXPERIENCIA DEL SISTEMA ANTIFATIGA EN EL MUNDO | | | | | |
|--|--------|---------------|-------------------------|---------------|-----------|
| Año | País | Continente | Empresa | Unidad Minera | Sistema |
| julio-2012 | Chile | Sudamerica | Codelco | Chuquicamata | DSS |
| agosto-2015 | EEUU | Norte America | Caterpillar | | DSS |
| septiembre-2016 | Ghana | Africa | Newmont | Akyme/ Ahafo | Guardvant |
| enero-2016 | Mexico | Norte America | Goldcorp | Los Filos | Guardvant |
| octubre-2018 | Perú | Sudamerica | BHP/Glencore/Mitsubishi | Antamina | Guardvant |

Fuente: DSS = Driver Safety System.

En el Anexo 2 se describe todos los casos mencionados en la tabla anterior.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

1.3.1. Empresarial.

Esta investigación tiene carácter empresarial debido a que para la empresa los accidentes causados por fatiga, somnolencia y distracción dejan como consecuencia grandes daños primero a las personas y luego a los equipos. Para la empresa la primera prioridad indiscutible es la Seguridad, motivo por el cual ningún trabajo que no sea realizado de manera segura no puede ser hecho y todo lo contrario debe de ser parado o detenido hasta evaluar y controlar bien los peligros y los riesgos relacionados con la tarea. No hay justificación alguna para no detener un trabajo inseguro ya sea por motivos de producción o alcances de KPI's. De nada sirve para la empresa alcanzar las metas de producción a fin de año si en el camino hemos tenido alguna pérdida humana, el lema: *“No queremos oro con sangre que llegue a nuestros bolsillos”*, es una frase que consolida fuertemente el compromiso de la empresa con la seguridad de cada uno de sus colaboradores. Porque el principal valor de la empresa es *“Su gente”*, es el motivo por el cual la visión de la empresa es la siguiente: *“Cada Persona de regreso a casa Sana y Salva todos los días”*.

1.3.2. Legal.

Según el D.S.-024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, nos menciona lo siguiente:

CAPÍTULO II: ESTANDARES DE LAS OPERACIONES MINERAS A CIELO ABIERTO – Subcapítulo III -Uso de Equipos - Artículo 273.- Nos indica lo siguiente:

“Se elaborará programas para identificar, prevenir, controlar la fatiga y somnolencia entre los operadores de equipos. Las causas de estos factores de riesgo deben ser identificadas, evaluadas y controladas oportunamente”.

Por otro lado, en el Marco General Legal según la Ley Nro. 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo y su Reglamento D.S. Nro. 005-2012-TR, en los artículos: 1, 3, 26, 27, 32, 81, 97 nos menciona en su reglamento todo acerca de las medidas preventivas básicas que el empleador debe implementar en su Gestión de Seguridad para proteger la salud e integridad físicas de sus trabajadores. Revisar Anexo 3.

Esta Ley 29783, favorece el desarrollo de entornos de trabajos seguros y saludables para los empleados. Para la minería y cualquier otra empresa de otro sector, permite identificar y controlar coherentemente los riesgos, integrando los nuevos conocimientos de la ciencia y adoptando tecnología avanzada, para la seguridad y la salud de los trabajadores, reduciendo el número de accidentes e incidentes, y asegurando el cumplimiento de toda la legislación y normativa relacionada con la seguridad y salud laboral, aplicable a la organización.

1.3.3. Técnica y Económica

Una de las causas con mayor potencial de fatalidad, es la presencia de la fatiga y somnolencia en operadores de equipos mineros pesados, debido a que las consecuencias de quedarse dormido frente al volante pueden ser desde una colisión o impacto hasta una caída a un abismo o a un desnivel. La inversión de tecnologías que ayuden a prevenir y a detectar a tiempo los síntomas de fatiga y somnolencia, son muy bajos comparados a los costos generados por un accidente. Además, que influye negativamente principalmente en la imagen y reputación de la empresa, así como en la disponibilidad y producción de los equipos mineros para el empleador.

1.4. FORMULACIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

La tarea de conducir un camión de acarreo de material en la Unidad Minera RM está considerado como “Riesgo Crítico”, ya que el tener que conducir por más de diez horas un equipo que tiene un peso total cargado de 324 toneladas aproximadamente se puede convertir en un problema real si no se toman las medidas de control de forma responsable.

En la Unidad Minera RM, la fatiga u somnolencia y distracción han ocasionado accidentes que hasta el momento solo han causado daños a la propiedad. La empresa en su responsabilidad de cuidar a sus trabajadores ha tomado la decisión de elegir barreras más sólidas para que estos eventos no ocurran más y mucho menos tener que lamentar una pérdida humana.

A continuación, se muestra un resumen de los accidentes ocasionados en la Unidad Minera RM durante el periodo que va desde el año 2014 hasta el año 2017. Durante este

periodo, solo hubo un accidente con diagnóstico de una herida en una falange del operador de camión y los demás con diagnóstico de operador ileso. El último accidente fue importante para que en la Unidad Minera RM se decida por buscar un sistema que controle la fatiga, somnolencia y distracción de los operadores y así cuidar de la salud e integridad física de los mismos.

Tabla 1, 2 ACCIDENTES OCASIONADOS POR FATIGA, SOMNOLENCIA Y DISTRACCION.

| ACCIDENTES OCASIONADOS POR FATIGA, SOMNOLENCIA Y DISTRACCION | | | | | | | | |
|--|--------|------------|----------------------|---------------|---|---|-----------------------|-------------|
| Nro. | Fecha | Hora | Zona | Clasificación | Diagnóstico | Daños Materiales | Causas | Costos (\$) |
| 1 | Oct-14 | 01:20 p.m. | Poza Sedimentadora. | DP | Operador ileso | Daños en la parte inferior del camión. | Distraccion | 15000 |
| 2 | Feb-15 | 04:50 a.m. | Botadero 4145 | PFI | Herida en la falange del 3er dedo de la mano izquierda. | Daños en la cabina del camión. | Fatiga | 152550 |
| 3 | Jun-15 | 08:30 p.m. | Nivel 4000 | HP | Operador ileso. | Daños en la cabina del camión. | Distraccion | 137325 |
| 4 | Abr-16 | 06:00 a.m. | Chancadora Primaria. | HP | Operador ileso. | Ninguno | Distraccion | 0 |
| 5 | Set-16 | 05:45 a.m. | Nivel 4010 | HP | Operador ileso. | Daños en el alternador y cilindro de dirección. | Fatiga y somnolencia. | 112241 |
| 6 | May-17 | 01:40 a.m. | Rampa 4050 a 4100 | PFI | Operador ileso. | Daños en la escalera y parte baja delantera del camión. | Fatiga | 7667 |

Nota: DP: Daños a la propiedad. PFI: Incidente con Potencial de Fatalidad. HP: Alto potencial.

Fuente: Elaboración propia.

La descripción y ampliación de los detalles de estos accidentes se puede revisar en el Anexo 1.

1.5. OBJETIVO.

Reducir o eliminar los accidentes ocasionados por la fatiga y la somnolencia durante la conducción de camiones de acarreo en la Unidad Minera RM.

1.5.1. Objetivos Específicos

- A. Identificar y analizar las causas que ocasionan los incidentes/accidentes por fatiga, somnolencia y distracción.
- B. Definir los controles para estas causas identificadas.

1.6. HIPÓTESIS

¿Será viable la aplicación del “Sistema Antifatiga Guardvant” instalados en los camiones de acarreo de material en la Unidad Minera RM para la prevención de accidentes en el Área de Operaciones Mina?

1.7. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y DE EXCLUSIÓN

1.7.1. Criterio de Inclusión

La unidad de estudio de la presente investigación incluirá todos los eventos de fatiga, sean bajos, moderados o críticos de somnolencia y las distracciones detectadas en los choferes de camión Komatsu 730 E durante el acarreo de material del área de Operaciones Mina de la Unidad Minera RM, en el periodo desde enero del 2018 hasta abril del 2019.

1.7.2. Criterios de Exclusión

En esta investigación se excluirá a los choferes del área administrativa, a los choferes de las empresas contratistas que tienen volquetes que transportan material, a las cisternas de agua y combustible y a los equipos de carguío y auxiliar que dan soporte a la operación de la Unidad Minera RM, en el periodo desde enero del 2018 hasta abril del 2019.

CAPÍTULO II

UNIDAD DE ESTUDIO: LA EMPRESA RM

2.1. La Unidad Minera RM

La Unidad Minera RM es una mina de oro que se ubica en los Andes peruanos, en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, en la zona norte del país y a una altura entre 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel del mar. Dista a 140 kilómetros de la ciudad de Trujillo, capital de la Región de La Libertad, a unas 4 horas en bus y 2.5 horas en automóvil.

El yacimiento a tajo abierto comenzó sus operaciones el segundo trimestre del 2005 antes de lo programado, y significó una inversión en su construcción de US\$ 340 millones. Sobre la base de las reservas existentes, de 8.8 millones de onzas, la vida útil esperada de la mina es de 10 años aproximadamente. La Unidad Minera RM contribuye con el desarrollo social y económico de la Libertad, no solo por la creación de puestos de trabajos directos e indirectos sino también por el activo de programa de responsabilidad social que ejecuta en el marco de su compromiso por el desarrollo de las comunidades vecinas. Asimismo, sus altos estándares de seguridad, cuidado del medio ambiente y empleo de

tecnología de última generación la han convertido en una de las minas auríferas más modernas del país. Fuente: (RM, 2019).



Figura 2, 1 Mapa de la ubicación de la mina RM en el Perú.
Fuente: CIA Maps website, 2015.

La Unidad Minera RM está diseñada como una mina a tajo abierto con diseño tipo andenería con altura de banco de 10 metros. Para obtener el mineral se utilizan perforadoras que realizan taladros de 10 metros de profundidad para cargarlos con explosivos y fragmentar la roca a través del proceso de voladura. El material volado, según sus características, es cargado por palas hidráulicas y/o cargadores frontales y transportado por 14 camiones de 190 toneladas de capacidad hasta la chancadora primaria, stockpiles, botaderos, etc. Actualmente se mueven más 120,000 toneladas métricas por día entre mineral y estéril.

En forma permanente y durante el proceso productivo, camiones cisterna de agua riegan la mina para evitar la generación de polvo en el ambiente. Fuente: (RM, 2019).

2.2. Resumen de las Operaciones Mineras en RM.

La Mina RM es una operación tradicional con el método a tajo abierto mediante la extracción del material con palas, cargadores y camiones y el acumulado de material en pilas de lixiviación que tiene en estado de operación continua desde el 2005. La tabla 2,1 resume el historial de producción hasta diciembre del 2015. Hasta esa fecha, RM ha producido 9.0 Moz de oro y 9.0 Moz de plata.

Tabla 2, 1 . PRODUCCION HISTORICA DE LA MINA RM DESDE EL 2005 - 2015.

| Year | Ore Placed | | | | | Production | | Waste (Mt) | Total (Mt) | Strip Ratio |
|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|------------|---------------|---------------|----------------|
| | (Mt) | (g/t Au) | (g/t Ag) | (Moz Au) | (Moz Ag) | (Moz Au) | (Moz Ag) | | | |
| 2005 | 12.5 | 2.03 | 1.0 | 0.82 | 0.40 | 0.55 | 0.1 | 8.0 | 20.5 | 0.6 |
| 2006 | 19.4 | 2.26 | 2.10 | 1.41 | 1.28 | 1.08 | 0.4 | 5.2 | 24.7 | 0.3 |
| 2007 | 19.6 | 2.16 | 3.70 | 1.37 | 2.32 | 1.09 | 0.8 | 3.0 | 22.7 | 0.2 |
| 2008 | 22.9 | 1.87 | 3.50 | 1.38 | 2.57 | 1.17 | 1.2 | 1.6 | 24.5 | 0.1 |
| 2009 | 23.0 | 1.66 | 5.20 | 1.23 | 3.84 | 1.01 | 0.9 | 1.7 | 24.7 | 0.1 |
| 2010 | 20.0 | 1.35 | 4.10 | 0.87 | 2.64 | 0.81 | 0.8 | 5.3 | 25.3 | 0.3 |
| 2011 | 19.4 | 1.47 | 4.20 | 0.91 | 2.60 | 0.76 | 1.0 | 7.6 | 27.0 | 0.4 |
| 2012 | 20.5 | 1.26 | 3.95 | 0.83 | 2.61 | 0.75 | 0.9 | 9.1 | 29.6 | 0.4 |
| 2013 | 21.1 | 1.06 | 3.02 | 0.72 | 2.05 | 0.61 | 0.9 | 10.0 | 31.1 | 0.5 |
| 2014 | 22.1 | 0.99 | 4.32 | 0.70 | 3.07 | 0.58 | 0.9 | 23.3 | 45.4 | 1.1 |
| 2015 | 21.9 | 1.02 | 4.16 | 0.72 | 2.92 | 0.56 | 1.1 | 26.4 | 48.3 | 1.2 |
| Total | 222.4 | 1.53 | 3.68 | 10.96 | 26.30 | 8.97 | 9.0 | 101.2 | 323.8 | 0.5 |

Nota: Ore Placed: Mineral colocado, Production: Producción, Waste: Material inerte, Strip Ratio: Relación entre mineral y material inerte.

Fuente: (Evans, Miranda, & Scholey, 2016).

Las operaciones mineras a cielo abierto están ubicadas en la cima de una montaña con terreno suave a extremo entre los niveles 3800 m.s.n.m a 4200 m.s.n.m. La producción se concentra en un solo tajo abierto y está programado para completarse en el 2023, seguido de seis años adicionales de reorganización de reservas. Esto requiere la excavación de 142Mt de material en los próximos ocho años a partir del 2015. A continuación, se muestra la distribución general de la Unidad Minera RM.

separación aproximada de 50 m desde la base del cerro Pissis para la planificación y la operación de mina.

El tajo abierto de RM se divide en cuatro áreas principales que son: Dorita, Julia, Andrea, y las morrenas que están más alejadas del Norte. El cerro Pissis domina directamente el área de Dorita donde el tajo final estará en su punto más profundo. El área de Andrea esta al Noroeste, o al Norte del Pissis. Y por último Julia se ubica al Noreste del límite final del tajo, siendo colindante con la zona destinada para el material estéril.

Fuente: (Evans, Miranda, & Scholey, 2016).

2.3. Regímenes de trabajo, horarios y actividades de la fuerza laboral en RM.

La operación en la Unidad Minera RM es las 24 horas por día, los 365 días del año. Para la mayoría de los puestos operativos de trabajo existen 4 guardias, de las cuales 2 se encuentran laborando en mina mientras que las otras 2 descansan en la ciudad. Estas guardias tienen un régimen de trabajo de 8 días laborables por 6 días de descanso, en los 8 días laborables se trabaja 12 horas las cuales están alternadas en días y noches. La jornada de día empieza a las 7 am y termina a las 7 pm y la jornada de noche empieza desde las 7 pm hasta las 7 am. Para los puestos administrativos y legales la jornada de trabajo es lunes a jueves de 7 am a 7pm, teniendo como días de descanso de jueves a domingo.

Para los operadores de maquinaria pesada en el cual se enfoca nuestro estudio, en especial los operadores de camiones Komatsu 730 E, a continuación, se presenta dos figuras en donde se mostrará el itinerario de cada turno tanto para el día y para la noche.



Figura 2, 3 Itinerario para un operador en el turno de día.
Fuente: Elaboración propia.



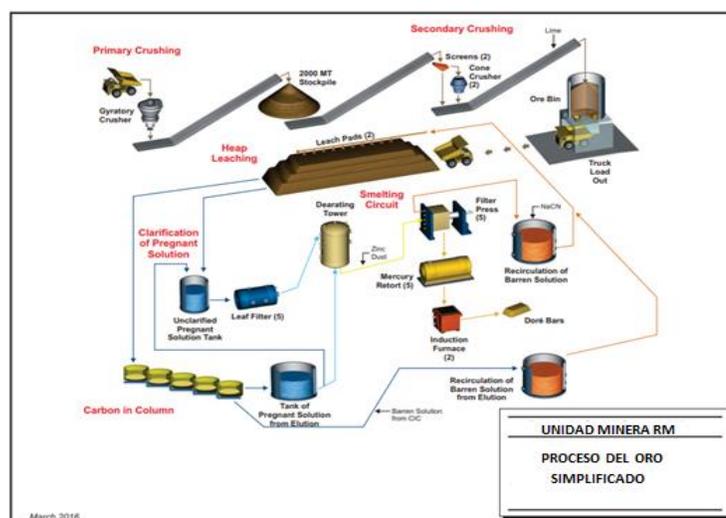
Figura 2, 4 Itinerario para un operador en el turno de noche.
Fuente: Elaboración propia.

2.4. Descripción del Circuito del Proceso Productivo del Oro en la Unidad Minera RM.

El proceso de recuperación del oro utilizado en RM es un circuito de trituración convencional de dos etapas, seguido de lixiviación en pilas y una planta de cementación de zinc Merrill y CIC para la recuperación de los metales preciosos. Los componentes principales del proceso son:

- Chancadora Primaria
- Chancadora Secundaria
- Lixiviación en Pilas
- Planta de Recuperación
- Refinería
- Planta de tratamiento de aguas vertidas.

A continuación, se muestra una hoja de proceso simplificado.



*Figura 2, 5 Diagrama de flujo del proceso simplificado.
Fuente: Unidad Minera RM, 2015.*

2.5. Las Políticas de Salud y Seguridad de la Empresa Minera RM.

Visión de Seguridad:

“Cada persona de regreso a casa sana y salva todos los días”.

Lo que creemos:

“La seguridad, la salud y el bienestar de nuestros trabajadores y sus familias es la prioridad máxima de RM”.

Todas las lesiones y enfermedades ocupacionales se pueden prevenir y no existe ningún trabajo que valga la pena realizar de manera insegura. ¡Ninguno!

Somos un equipo que trata a todos con respeto, que genera confianza, que sabe escuchar para comprender las inquietudes en materias de salud y de seguridad, brindando el apoyo necesario para trabajar en forma segura y saludable cumpliendo con todas las reglas y regulaciones correspondientes.

Somos líderes con coraje en seguridad y actuamos con sentido de urgencia para eliminar o controlar eficientemente cualquier riesgo de salud y seguridad.

Lo que prometemos:

Identificar e Implementar permanentemente formas seguras y saludables de hacer el trabajo.

Mantener un alto nivel de preparación para casos de emergencia.

Considerar siempre la salud y la seguridad como valores que impulsan el desempeño general.

Hacemos responsables de implementar prácticas de salud y seguridad superiores, y de ofrecer el liderazgo y recursos necesarios para alcanzar nuestra visión.

Alentarnos mutuamente para ser campeones en salud y de seguridad, tanto dentro como fuera del lugar de trabajo. Fuente: (Área de Entrenamiento Mina, 2017).

2.6. Reglas Cardinales en la Unidad Minera RM – Respeto por la Vida

1.- En todo trabajo se requiere identificar los peligros, evaluar y controlar los riesgos hasta que se pueda realizar la tarea de manera segura y en cumplimiento de nuestros procedimientos estándares.

2.- Es obligatorio el bloqueo y señalización donde exista el riesgo de liberación inesperada de cualquier tipo de energía.

3.- Para todo trabajo y operación de equipos se requiere estar previamente capacitado y autorizado.

4.- Es obligatorio seguir los procedimientos escritos de trabajo, así como todos los avisos, señales y/o advertencias de seguridad. Su incumplimiento se considera falta grave.

5.- Está prohibido retirar o inhabilitar sin autorización las guardas o cualquier dispositivo de seguridad (advertencia, detección y/o protección), su incumplimiento será causal de despido.

6.- Se debe respetar los límites de velocidad, así como las normas contenidas en el Reglamento Interno de tránsito y como las políticas de equipos móviles y uso de celulares.

7.- Todos los incidentes, con o sin lesión, deben ser informados de manera veraz e inmediata a su supervisor directo. Toda posible emergencia deberá ser reportada al Centro de Control.

8.- Es obligatorio detener trabajos inseguros, sean realizados por usted o por algún otro trabajador. Fuente: (Área de Entrenamiento Mina, 2017).

2.7. Riesgos Fatales en RM.

Son en total 16 riesgos fatales identificados en la Unidad Minera de RM y son:



*Figura 2, 6 Primeros 8 Riesgos Críticos en RM.
Fuente: (Área de Entrenamiento Mina, 2017).*



*Figura 2, 7 Segundos 8 Riesgos Críticos en RM.
Fuente: (Área de Entrenamiento Mina, 2017).*

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. La Fatiga Laboral.

La fatiga laboral vendría a ser el desgaste que sufre un organismo, provocado por un consumo de energía y oxígeno superior al normal y que se caracteriza por generar una pérdida en la capacidad funcional y producir una sensación de malestar que puede desencadenar consecuencias negativas para la persona y para la empresa.

Según Francisco Navarro; Técnico en Prevención de riesgos laborales y en Gestión de la Calidad (ISO 9001); nos define *la fatiga* como “el fenómeno que aparece en los seres vivos, directamente relacionado con la actividad de uno o varios órganos, que consiste en una *disminución del rendimiento*, acompañada o no de sensación de cansancio”. Desde el punto de vista fisiológico, podemos considerar la fatiga como: “*la sensación penosa que experimenta después de un trabajo físico o intelectual, prolongado o intenso*”.

La fatiga laboral es una consecuencia de la *actividad excesiva y del trabajo monótono*, pudiendo ser aliviada con horarios razonables, periodos de descanso adecuados y tiempo suficiente para el sueño, el recreo y la alimentación. La fatiga, por tanto, se presenta como una *aptitud decreciente para efectuar un trabajo*. (Navarro, 2016).

Por otro lado, La Universidad Complutense de Madrid en el año 2013, define a la fatiga laboral como aquella que se origina en la relación persona – trabajo. La persona no puede separarse del trabajador (es la persona misma quien trabaja, se relaciona con sus amigos, disfruta y sufre, descansa, tiene un sueño reparador o se fatiga más aun) y determinadas actitudes, vivencias o experiencias fuera del ámbito estrictamente laboral van a condicionar tanto que se origine fatiga como la forma en que va a ser percibida. De este modo habría al menos dos vías de intervención en la prevención de la fatiga: de un lado las técnicas y estrategias centradas en la persona, de otra las centradas en las condiciones de trabajo y su organización e incluso las que pusieran su acento en la interacción de una y otra. (U. Complutense Madrid, 2013).

3.2. Análisis Psicológico de la Fatiga.

Desde el punto de vista psicológico como resalta (Craig & Saroj K. L., 2001) se define la fatiga como el periodo de transición entre el despertar y el dormir, la duración de dicho periodo es relativo a cada persona y si es interrumpido, puede llevar al adormecimiento. Definiciones más profundas del término fatiga implicarían la clasificación de esta en dos categorías, fatiga física y mental. Donde la fatiga mental es de naturaleza psicológica mientras la fatiga física se considera sinónima de fatiga muscular.

La fatiga mental es un proceso gradual y acumulativo, asociado con el desgano para realizar cualquier esfuerzo, reduce la eficiencia y el estado de alerta y afecta el rendimiento mental. Asociada a factores como nutrición, salud y actividad física, medio ambiente, entre otros. Su síntoma principal es una sensación general de cansancio, sentimientos de

inhibición y reducción de la actividad. Por lo general, no hay ningún deseo de esfuerzo físico o mental y hay un sentimiento asociado de pesadez y somnolencia.

La fatiga física es definida como el fenómeno de reducir el desempeño de un musculo después de estrés, se denomina también como fatiga muscular y se caracteriza por la reducción de la capacidad muscular y del movimiento. En (Grandjean, 1979) se determina que la fatiga muscular deriva en problemas de coordinación y mayores posibilidades de errores y accidentes.

A la hora de conducir es de reconocer que un estado de sueño o fatiga contribuye al deterioro de las capacidades del conductor, lo que puede inducir a errores y aumentar el riesgo de accidentes. De forma tal, que el desempeño de la labor de conducción frente al tiempo requiere mayor esfuerzo cognitivo que físico. El esfuerzo cognitivo al conducir implica un estado de vigilancia permanente, atención selectiva, toma de decisiones complejas y en ocasiones habilidades perceptivo-motoras de control. Son factores que influyen en la fatiga del conductor el realizar dicha labor por prolongado espacio de tiempo, rutas o trayectos monótonos, conducir después de jornadas extensas de trabajo o ejercicio arduo. Es notorio que, a mayor nivel de fatiga, disminuye la activación fisiológica, se desacelera la función sensomotora y se ve afectado el procesamiento de información; lo que disminuye la capacidad del conductor para responder a situaciones inusuales o de emergencia.

En (Valbuena & Cordova, 2007) se establecen como causas de la fatiga en conductores los siguientes factores:

- Número excesivo de horas de trabajo.

- Número inadecuado de horas de sueño.
- Conducción nocturna.
- Horarios irregulares de trabajo-descanso.

En otras palabras, los factores condicionantes son los siguientes:

- Cantidad de trabajo: Sobrecarga de tareas y de funciones. Del mismo modo, el trabajo monótono o repetitivo o bien de bajo contenido, podrían condicionar la fatiga.
- Descansos: La ausencia de descanso, tanto en la jornada laboral como en la jornada anual de trabajo (vacaciones, días libres, etc.).
- Organización: Deficiente diseño de turnos y horarios de trabajo, en particular de trabajo nocturno.
- Ambiente del vehículo: Ruido, vibraciones, temperaturas extremas (frio o calor), etc.

De forma general debido a *la naturaleza multicausal* de la fatiga, su influencia en una persona se ve reflejada por el estado físico, psicológico, social, familiar y personal del conductor. La fatiga puede generar efectos a corto plazo los cuales son fácilmente detectables, pero que a largo plazo podrían generar complicaciones mayores como dolencias crónicas musculo esqueléticas, trastornos del sueño, cefaleas, etc.

Con relación a la fatiga en conductores se debe tener en cuenta que los efectos de la fatiga son acrecentados durante las últimas horas de conducción de la jornada laboral. Al conducir en horas nocturnas se debe prestar especial atención en la franja horaria de 3 a 6 de la mañana, debida a que suele aparecer la combinación fatiga-sueño. Durante las horas

diurnas, la aparición de la fatiga se produce con mayor frecuencia entre las 2 y las 4 de la tarde.

Una persona puede notar, por sus características individuales, el cansancio en un tiempo determinado y sufrirá sus primeras consecuencias de una manera particular (más muscular, más psicológica, más emocional). De igual modo, las circunstancias concretas de las personas en ese momento pueden influir y modular la fatiga percibida. Por ejemplo, un conductor de autobús puede notar cansancio a las tres horas, pero un día en que este especialmente motivado o alegre por una noticia personal, sus cuotas de alerta pueden aumentar cierto tiempo adicional.

Debido a que los síntomas de fatiga suelen ser menospreciados por el conductor, es decir al presentarse el síntoma la tendencia es a recuperarse, por lo que se tiene que según (Valbuena & Cordova, 2007), la fatiga presenta una fase inicial de “alarma” que avisa de la necesidad de recuperación, tras la que viene una fase de “resistencia”. Esta fase se caracteriza por una aparente recuperación, una mayor actividad y una mejora del rendimiento del individuo. Quien lo experimenta habitualmente no es consciente de esta situación, pues se siente activo nuevamente o lleno de energía. En este estado, es frecuente pensar “prefiero seguir manejando, porque si paro, no podré continuar”. Se trata de una “sensación de confianza y valentía”. Sin embargo, el organismo puede fallar en cualquier momento, porque ya aviso que había fatiga.

Al respecto, es recomendable que los conductores conozcan los elementos necesarios sobre la detección de la fatiga y los pasos adecuados a seguir en caso de que se sientan

cansados mientras conducen. Sin embargo, en relación con este punto, generalmente se presentan dos dificultades concretas:

1. Muchos conductores no reconocen ni admiten sus sensaciones de fatiga y
2. Algunos conductores reconocen la fatiga, pero no admiten que están en peligro, piensan que pueden controlarla. Esta creencia se ve reforzada por las ocasiones en las que han estado somnolientos, pero han llegado a salvo a su destino.

Por estos hallazgos se debe educar a los conductores sobre los peligros de conducir en estado de fatiga, ser orientados en el reconocimiento de los síntomas, ya sea de forma auto diagnóstica y/o automática. A continuación, algunos lineamientos claves para la detección del estado de fatiga por parte del conductor como son:

- Movimientos lentos o torpes.
- Aparición de visión borrosa o doble.
- Dificultad para concentrarse o permanecer alerta.
- Sorpresa ante los acontecimientos habituales del tránsito.
- Dificultad para recordar cómo se ha alcanzado la localización actual.
- Dificultad para mantener una trayectoria recta.
- Frecuentes invasiones de la calzada contraria o conducir por el centro de la carretera.

Las personas en estado de somnolencia exhiben ciertas características faciales que se pueden reconocer sobre el rostro, la cabeza, los ojos y la boca brindan suficiente información visual para conocer cuando un conductor presenta somnolencia. Entre las principales características que determinan la presencia de somnolencia se encuentran:

dificultad para enfocar la vista (mirada) y/o mantener los ojos abiertos, bostezar repetidamente, fruncir la ceja, dificultad para mantener la cabeza erguida y dificultad para enfocar y mantener la mirada estable.

En general, es difícil cuantificar la fatiga como causa de los accidentes. Para contextualizar el problema, algunos antecedentes indican las siguientes causas principales de accidentes de tránsito, a saber:

- Condiciones físicas deficientes (cansancio, sueño).
- Insuficiente atención a las condiciones del tránsito y
- Pérdida de control del vehículo.

El trabajo de conducción tiene características de seguridad diferentes al resto de las actividades laborales, pues las medidas de prevención no solo se deberían tomar sobre el trabajo (maquinas, herramientas, entorno, organización del trabajo), sino también *sobre el conductor* y desde la perspectiva del conductor, teniendo en cuenta que conducir es percibir, tomar decisiones y ejecutar las acciones adecuadas durante el ejercicio de dicha labor.

3.3. Factores que influyen en la fatiga durante la conducción.

a). Las circunstancias en la vía. - Cuanta mayor atención y concentración se deba prestar a las características de la vía, más cansancio se acumulará durante el desplazamiento. Aquí algunas de las circunstancias típicas:

- Elevada densidad de tráfico o equipos y atascos o esperas,
- Iluminación deficiente durante la noche en ciertas zonas,
- Mala conservación de la vía de tránsito,

- Condiciones climatológicas adversas, tales como lluvia, polvo, neblina, granizo, etc.,
- Desconocimiento del trayecto o la ruta.
- Pero, por el contrario, un trayecto excesivamente tranquilo y falta de estímulos también puede dar lugar a la aparición de la somnolencia.

¿Qué hacer entonces? Nuestra capacidad de atención debe encontrarse siempre en niveles óptimos. Para ello, nos debemos asegurar de:

- No prolongar la conducción durante un tiempo excesivo.
- Contar con los estímulos suficientes, ya sea por las características del trayecto, el uso de música o una conversación con el copiloto, procurando no distraerse del volante.

b). Circunstancias en el vehículo. - Las siguientes circunstancias dentro del habitáculo también pueden dar lugar a la aparición de fatiga y la consiguiente somnolencia:

- La temperatura elevada dentro de la cabina,
- La deficiente ventilación y reciclaje del aire,
- La incomodidad del asiento ya sea por un deterioro de este o porque no está colocado a la medida del conductor,
- El mal estado de la mecánica del equipo (suspensiones, frenos, motor, luces, indicadores en mal estado en el tablero) y la consiguiente respuesta deficiente del vehículo.

c). Circunstancias del Conductor. - Los hábitos y estado de forma del propio conductor constituyen, quizá, *el principal factor* que determina el momento en el que se presenta la fatiga durante la conducción.

- Un deficiente descanso previo al inicio del desplazamiento.
- La ausencia de descansos durante los trayectos de duración superior a las 2 horas o con una distancia mayor de 200 kilómetros.
- La conducción a una excesiva velocidad de forma prolongada en el tiempo.
- El consumo de alcohol, drogas sedantes y fármacos entre cuyos efectos secundarios se encuentra la somnolencia.
- Cambios repentinos en los hábitos de conducción, ya se trate de un nuevo horario o de un nuevo estilo de conducción.
- El hecho de ser un conductor nuevo, pues el esfuerzo realizado para mantener la atención y llevar a cabo la conducción es mayor que en los conductores experimentados.
- Una mala postura al sentarse.

Entre estos factores también hay uno que está tomando mayor importancia entre los conductores y es el síndrome de apnea-hipopnea durante el sueño que afecta a un 6 – 8 % de la población. Se trata de un trastorno respiratorio que tiene lugar durante el sueño y que hace que se padezcan múltiples despertares nocturnos. El resultado es que el descanso nocturno resulta claramente insuficiente, haciendo que, durante las horas de actividad, se sufra fatiga crónica y somnolencia Fuente: (LeasePlan, 2016).

3.4. Como evitar La Fatiga y La Somnolencia.

Trabajar en estado de fatiga aumenta los riesgos de incidentes y accidentes exponiendo a los trabajadores a peligros graves evitables y expone a la empresa a pérdidas económicas considerables. A continuación, algunas recomendaciones preventivas de cómo evitarla:

a). **Pausas activas:** Realice estas pautas cada 3 horas durante la jornada laboral, con una duración entre 5 y 7 minutos cada una; estos breves descansos sirven para recuperar energía, mejorar el desempeño y eficiencia en el trabajo, además de prevenir trastornos osteomusculares y estrés ocupacional.

b). **Alimentación saludable:** Mantener horarios fijos para las comidas principales, así como consumir entre 1 y 2 litros de agua diario, evitar los alimentos precocidos y enlatados por su alto contenido de sal, las bebidas y jugos artificiales por su alto contenido de azúcar,

c). **Ejercicio físico:** Realizar de 20 a 30 minutos diarios de actividad deportiva de preferencia en horas de la mañana, evitar usar el ascensor y autos para trayectos cortos.

d). **Higiene del sueño:** No fumar, no consumir bebidas que contengan cafeína (café, té, bebidas energéticas) 4 horas antes de dormir, los ingredientes de este tipo de bebidas contribuyen a no conciliar el sueño, se debe dormir en promedio 8 horas diarias.

Si identificas signos de fatiga da aviso al supervisor de la empresa o experto en prevención para que te den soporte. No es bueno darle la pelea al sueño solo y siempre hay que solicitar ayuda. Fuente: (ACHS 2, 2013).

3.5. Distracciones al volante, una de las causas de accidentes de tránsito en Lima.

Una de las distracciones más frecuentes, por los conductores de la ciudad de Lima en el año 2017, según una encuesta on-line realizada por Manejo Bacán, a 544 conductores entre los 25 y 55 años, es el uso de celular que arrojó como resultado que a pesar de que el 68% de conductores es consciente de que es riesgoso conducir un vehículo empleando, al mismo tiempo, un celular, el 79% reconoce que lo hace. El 20% de ellos aseguro que jamás uso el celular mientras manejaba. Además, revela que el 31% dice depender de la situación. Estas situaciones se dan cuando el semáforo está en rojo o ciertas ocasiones. Mientras que el 1 % considera que, si resulta compatible hacer ambas tareas, dependiendo de la destreza de cada uno.

Ese mismo año, según la Policía Nacional del Perú, 6579 personas fueron multadas por conducir un vehículo usando algún dispositivo móvil u objeto portátil. Además, el 25% de todos los accidentes de tránsito reportados en Lima fueron provocados por mantener la atención a un dispositivo móvil. Fuente: (Martinez, 2017).



Figura 3, 1 Choferes deben de cambiar su actitud al volante porque las consecuencias pueden ser fatales.

Fuente: (El Pais Online, 2016).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE ESTUDIO - IMPLEMENTACIÓN Y

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ANTIFATIGA GUARDVANT EN LA

MINA RM

El presente trabajo de investigación corresponde a un enfoque de tipo cuantitativo basado en la experiencia.

4.1. Población y Muestra.

La población comprende el total de número de operadores multifuncionales del área de operaciones mina y además que están autorizados a manejar el camión Komatsu 730 E. Y la muestra está comprendida por todos los reportes generados por el “Sistema Antifatiga Guardvant” desde enero del 2018 hasta abril del 2019.

4.2. Operación de las Variables.

Tabla 4, 1 LAS VARIABLES Y SUS INDICADORES.

| VARIABLE | INDICADORES | SUB INDICADOR | INSTRUMENTO | VALOR |
|----------------------|---|-----------------------|-------------------------------|---|
| Fatiga u Somnolencia | Reportes por medio de correos ocurridos por Fatiga u Somnolencia. | Micro-sueño (PERCLOS) | Sistema Antifatiga Guardvant. | Tiempo de Ojos Cerrados > 1,5 seg. |
| | | Niveles de Fatiga. | | Por Duración. |
| | | | | Por Frecuencia. |
| Distracción | Alertas enviadas a centro de control mina. | Distracción. | | Tiempo que el Operador no mira defrente > 10 seg. |

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Técnicas de recolección de datos y descripción de instrumentos.

La técnica que se utilizó para la presente tesis fue la de observación de los reportes que son generados por el “Sistema Antifatiga Guardvant” en donde se indica la ocurrencia de un evento de fatiga, somnolencia y distracción el cual se almacenara en la memoria del centro de control mina.

4.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

Se ordenará y se mostrará en tablas y cuadros los datos recogidos de los eventos generados y registrados por el “Sistema Antifatiga Guardvant” por fatiga o distracción ocurridos en los camiones de acarreo Komatsu 730 E desde el mes de enero del 2018 hasta el mes de abril del 2019, en el área de Operaciones Mina de la Unidad Minera RM. Una vez procesado estos datos se procederá con el análisis de cada uno, así como determinar las conclusiones y recomendaciones a seguir.

4.5. Implementación del Sistema Antifatiga Guardvant en la Unidad Minera RM.

Este sistema se implementó a finales de diciembre del año 2017, al inicio solo estuvo como una prueba piloto en 4 camiones Komatsu 730 E, posteriormente en el mes de abril del año 2018 se instaló el sistema a 9 camiones, luego se colocaron en el mes de noviembre a 3 camiones más y por último en el mes de marzo del 2019 se instaló al último camión dicho sistema.

Las razones por el cual esta implementación fue realizada paulatinamente es porque se deseaba conocer bien cómo funcionaba el “Sistema Antifatiga Guardvant”, en esta primera etapa al ser nueva hubo bastante preguntas por parte de los operadores de los camiones, muchos de ellos manifestaban lo siguiente: *“que no podían trabajar con una*

cámara que los esté vigilando todo el día o toda la noche”, otros comentaban: “*que las cámaras eran muy sensibles a los movimientos de cabeza del operador*”, otros tenían dudas si se iban a colocar medidas disciplinarias para aquellos que sean capturados por el sistema anti fatiga, etc. Todo esto fue un proceso largo pero beneficioso, para la cual la supervisión de mina tuvo que trabajar bastante para primero poder sensibilizar mediante capacitaciones y entrevistas a los operadores que este sistema es un control más que salvan vidas y que lo único que busca la empresa es cuidar la integridad de su gente que es su principal valor.

El procedimiento nos indica que de existir un evento de categoría bajo u otro de categoría moderado, la supervisión deberá hacerle preguntas al operador para conocer su estado de alerta, y cuando el evento sea de categoría crítico se debe de parar automáticamente el camión y llevar al operador a la zona de descanso. Luego que el operador tomo su tiempo de descanso, debe de existir una charla con la supervisión de mina para conocer las causas por el cual se originó el evento de fatiga. Para efecto de esta tesis no todos los eventos detectados por el “Sistema Guardvant” se ha realizado un registro de estas charlas post-evento de micro sueño.

4.6. El Control del Monitoreo de la Fatiga por el “Sistema Guardvant”.

Mediante el uso de cámaras, sensores y equipos de detección instalados dentro de la cabina del camión de acarreo, para nuestro caso dentro de la cabina de camión Komatsu 730 E, el “hardware de Guardvant” es una solución no invasiva para la detección de la fatiga y la distracción que monitorea continuamente a los operadores para prevenir proactivamente los accidentes.

4.7. Características del “Sistema Guardvant”.

El “Sistema antifatiga Guardvant” nos brinda una solución de seguridad no intrusiva para el operador en la cabina, no como otros ejemplos que emplean gafas o viseras de monitoreo los cuales deben estar colocadas en la cabeza del operador generando incomodidades ergonómicas al momento de conducir. Su funcionamiento es robusto y fiable en entornos de alta demanda y estrés. Posee amplia gama de detección de eventos, incluyendo: fatiga, distracción, frenado brusco y exceso de velocidad. Emplea redes de comunicación inalámbricas, Wi-Fi o celular y se conecta muy bien con el “control dispatch” de la mina.



Figura 4, 2 Esquema de la operatividad del sistema Guardvant.

Fuente: (Guardvant, 2015).

Una vez detectado el evento en la cabina del operador el sistema alerta de forma inmediata primero al operador en la cabina, segundo al supervisor mediante un correo y tercero al centro de control de la mina para poder tomar una acción de inmediata con el operador. Fuente: (Guardvant, 2015).

Definiciones de los Eventos y Niveles de Fatiga Clasificados por el “Sistema Guardvant”.

A continuación, se muestra un cuadro con los distintos eventos clasificados por el “Sistema Guardvant”, los que están resaltados con colores son los que más incidencia han ocurrido en la Unidad Minera RM.

Tabla 4, 2 CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE EVENTOS.

| Tipo de Evento | Descripción | Nivel de Fatiga (Validacion) | Razón/Comportamiento |
|-----------------------------|---|------------------------------|---|
| Micro-Sueño | Evento en el cual el operador cierra sus ojos por un periodo igual o mayor a 1,5 segundos. | Bajo | Ojos cerrados por un periodo entre 1,5 a 2 segundos. El Operador Bosteza El operador cierra sus ojos voluntariamente. |
| | | Moderado | Ojos cerrados entre 2 y 3 segundos El operador ha tenido varios eventos de tipo Bajo en la ultima hora. |
| | | Crítico | Ojos cerrados por mas de 3 segundos. El operador no se recupera efectivamente del evento. El operador presenta comportamiento errático. |
| | | Celular | El operador usa su celular para enviar mensajes de texto. El operador usa su celular para hacer llamadas. |
| | | Distracción | El operador come mientras opera. El operador lee un libro o revista. El operador voltea su vista hacia abajo por un periodo prolongado. |
| | | No video | Un evento ocurrido hace mas de 30 min en el cual sin evidencia de video en el servidor. |
| | | Falso Positivo | El sistema envía un evento de micro sueño sin ninguna razón. |
| | | Distracción | Evento en el cual el operador no pone atención a la ruta del equipo. |
| Bloqueado/ Buscando Cara | Evento en el cual el sistema no detecta la cara del operador por un periodo prologando mientras el equipo esta en movimiento, usualmente por una obstruccion del sensor optico. | N/A | El operador cubre el sensor optico con un objeto para evitar ser monitoreado por el sistema. |
| | | | El sensor óptico es desconectado del computador OpGuard. |
| | | | El sensor óptico deja de funcionar correctamente. |

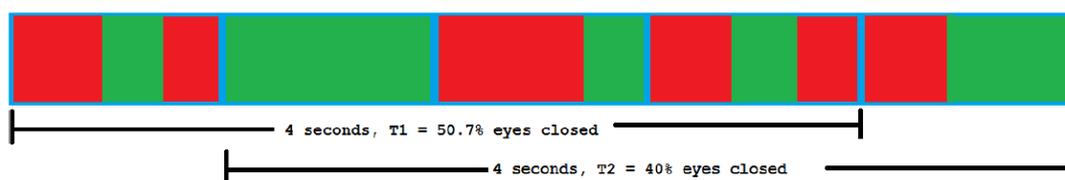
Fuente: (Guardvant, 2015).

Micro sueño: El “Sistema Guardvant” ha definido utilizar un mínimo de 1.5 segundos para determinar si un operador está presentando un episodio de micro sueño. Lo anterior se deriva de las experiencias que se han tenido en otras operaciones mineras, y al hecho

de que la máxima velocidad permitida en la operación de los equipos de acarreo no ha excedido los 50 kph.

El sistema está configurado para analizar los ojos del operador por los últimos 4 segundos de tiempo. Durante ese tiempo, se determina que porcentaje del tiempo los ojos han permanecido cerrados para determinar si en esos 4 segundos ha existido un micro sueño. Si se cumple con el tiempo requerido para registrar un micro sueño, entonces el sistema registra el evento y lo reporta. A continuación, se envía una gráfica de tiempo con un ejemplo de datos recolectados.

Tomando como base que un equipo no puede ir a más de 50 kph, tenemos como resultado que en un periodo de 1.5 segundos el operador manejara como máximo 20.8 metros con los ojos cerrados. Esta distancia es menor a los 50 metros de distancia mínima recomendada entre equipos.



*Figura 4, 3 Ejemplo de gráfica del tiempo.
Fuente: (Guardvant, 2015).*

Niveles de Fatiga: “Guardvant” ha definido 2 formas para categorizar los eventos de micro sueño detectados por el sistema “OpGuard”.

Por duración: Dependiendo de la duración medida en segundos los eventos se clasifican en: Nivel Bajo (1.5 a 2 segundos), Nivel Moderado (2 a 3 segundos) y Nivel

Critico (mayor a 3 segundos). Estas clasificaciones las realiza el personal a cargo del monitoreo.

Por frecuencia: Si el operador tiene más de cierto número de eventos en un periodo de 10 minutos, el sistema determinara de forma automática el nivel de fatiga definido. Por defecto “Guardvant” ha definido 3 niveles. Estos niveles son utilizados por el sistema para la activación del nivel de las alarmas en la cabina del equipo de acarreo. A mayor nivel, mayor la intensidad de las alarmas de sonido y/o vibración.

Nivel 1, cuando se presenta 1 evento.

Nivel 2, cuando se presenta 2 a 3 eventos.

Nivel 3, cuando se presentan 4 a más eventos.

Fuente: (Guardvant, 2015).

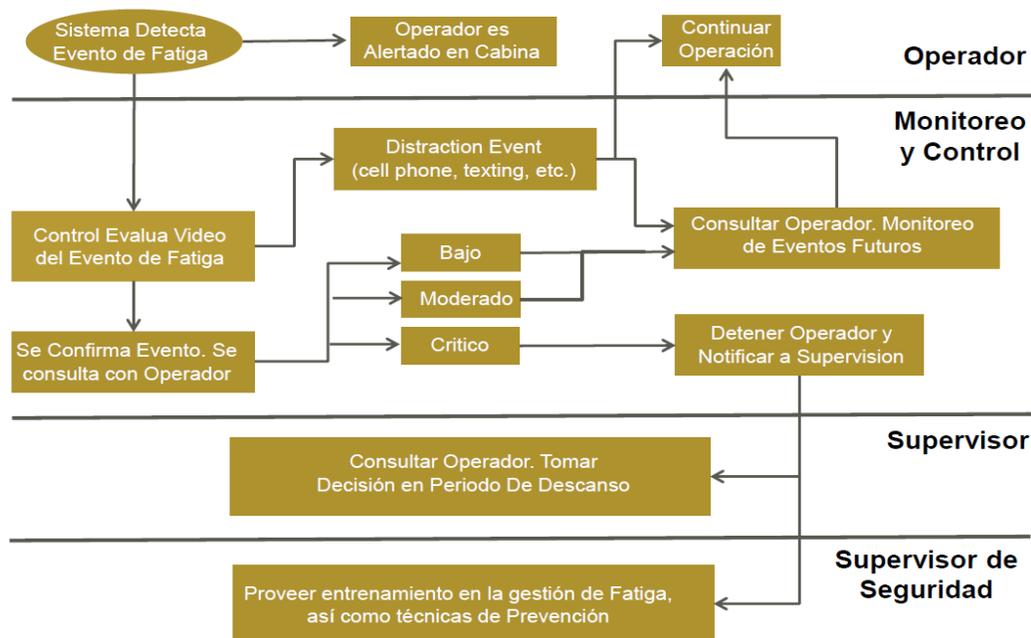


Figura 4, 4 Gráfica del procedimiento de la gestión de la fatiga elaborada por Guardvant.
Fuente: (Guardvant, 2015).

Definición de Distracción: Según la Real Academia Española “*distracción es la acción y efecto de distraer*”; utilizando esta definición se puede decir que la distracción es el efecto de apartar la atención de alguien del objeto, también se la define como distancia y separación.



Figura 4, 5 *Uso del celular, distracción crítica al volante.*
Fuente: (Flores Calero, 2009).

Ejemplo de distracción del conductor: el teléfono móvil genera distracción mientras se conduce por dos razones, (a) manipulación y (b) uso, que no dependen del conductor, entre ellas se tiene el cruce inesperado de peatones sobre la carretera, construcciones mal señalizadas, vehículos de emergencia, etc.

En el artículo “Real time Detection of Driver cognitive distraction Using Support Vector Machines” (Liang, Reyes, & J. D., 2007) indica que entre el 13% y el 50% de los accidentes de tráfico son producto de la distracción. Por su parte, en el artículo “Affordable visual driver monitoring system for fatigue and monotony” (Brandt, Stemmer, Mertsching, & Rakotonirainy, 2004), presenta la siguiente información basado en el informe de accidentes de tráfico del Gobierno de Queensland (Australia), el 31% de todos los accidentes son producto de la distracción y el 5% de la fatiga, de donde concluye

que el 20% de todos los accidentes caen en la categoría de fatiga y distracción. En Francia uno de cada cinco accidentes está relacionado con el alcohol, las drogas y la distracción (Federation of French motorway and toll facility companies 2.006). Fuente: (Flores Calero, 2009).

4.8. ¿Qué es el micro sueño y cuáles son sus peligros al volante?

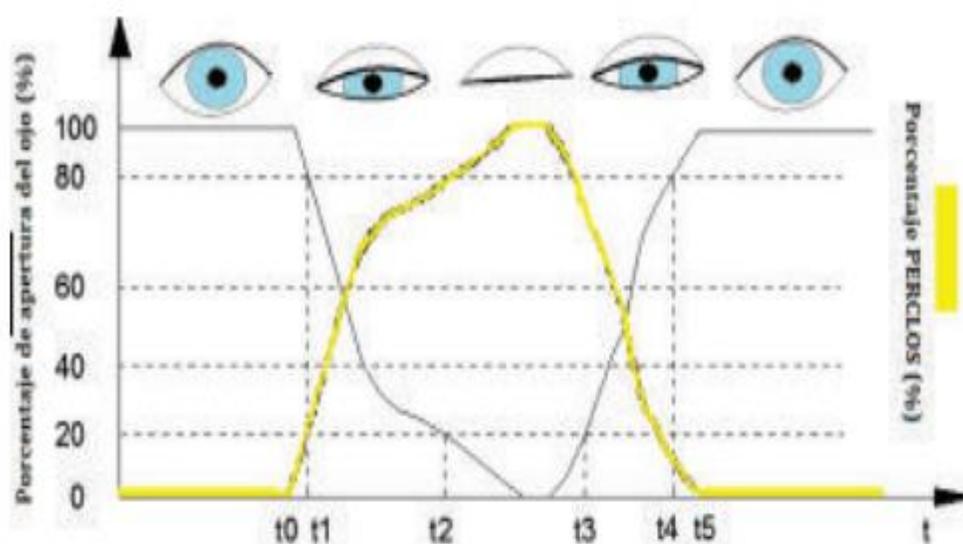
La falta de sueño puede ser un factor muy peligroso al volante, de hecho, según un estudio de la **Fundación AAA para la Seguridad del Tráfico**, situada en Washington, **dormir menos de 5 horas y ponerse a conducir es igual de peligroso al volante que estar ebrio.**

Pero hay otro factor del cansancio que también resulta extremadamente peligroso al volante, son los denominados micros sueños. Se tratan de lapsos de entre 2 y 5 segundos en los que se produce una pérdida de consciencia. Instantes en los que se produce la desconexión del cerebro con algunos sentidos. Esta falta de atención, aunque muy breve puede provocar graves consecuencias. Fuente: (EuroTaller, 2017).

4.9. Definición de “PERCLOS”.

Son las siglas de **PER**centage of the **T**ime **Eyelids** are **CLOS**ed. Este índice mide el porcentaje de cierre de los ojos sobre un intervalo de tiempo, excluyendo el tiempo gastado en el cierre normal. En varias investigaciones desarrolladas por la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) se ha demostrado que es el índice más adecuado para caracterizar la somnolencia del conductor a través del análisis de los ojos. Fuente: (Flores Calero, 2009).

Se presenta en ciclos, son porcentajes que los parpados están abierto en la pupila en un tiempo determinado, es la presencia de cierre de los parpados muy lentamente que reemplaza al parpadeo, el ciclo de “PERCLOS” mide el ciclo de un minuto tiempo en donde el parpado esta 80% cerrados (Sistema Guardvant 2015).



*Figura 4, 6 Representación gráfica de la apertura del ojo. PERCLOS.
Fuente: (MENA, 2017)*

4.10. Descripción de las Funciones del Sistema Antifatiga Guardvant.

Dentro de las funciones que ofrece el “Sistema Guardvant” es que se puede visualizar todos los equipos de acarreo en tiempo real ya que el sistema envía imágenes instantáneas de la cabina cada minuto.

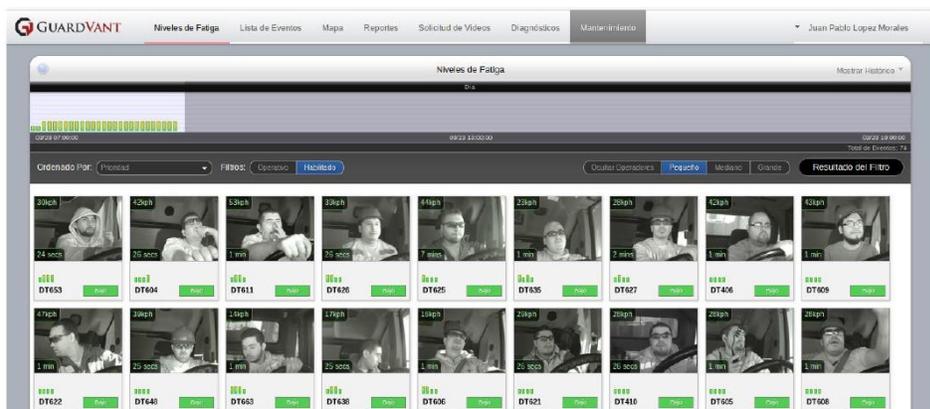


Figura 4, 7 Niveles de Fatiga.
Fuente: (Guardvant, 2015).

El Sistema Antifatiga “Guardvant” nos brinda la opción de poder visualizar la lista de los eventos ocurridos en un espacio de tiempo ya sea desde una guardia, un día, una semana, un mes y hasta un año.

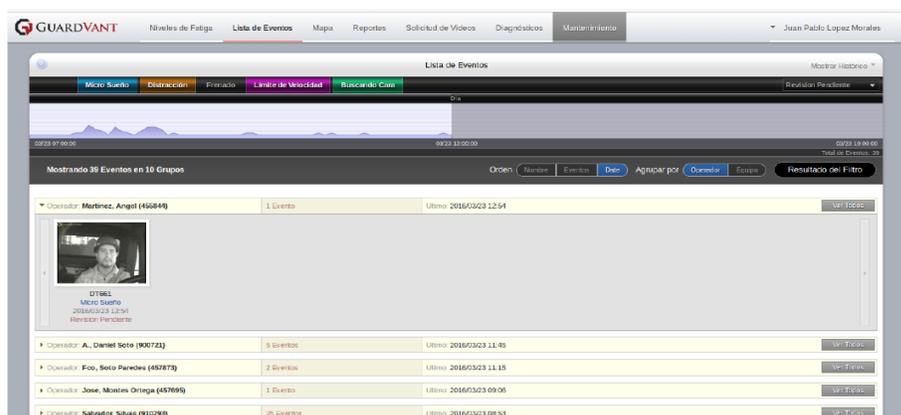


Figura 4, 8 Lista de Eventos
Fuente: (Guardvant, 2015).

Cada evento puede ser seleccionado para obtener los siguientes detalles:

- Video: Esta sección muestra el video del evento.

- Información: Esta sección muestra la información del evento: fecha y hora, Id del evento, tipo de evento (Micro sueño, Distracción, Límite de Velocidad, Frenado), nombre del operador, elevación, versión del sistema “OpGuard” instalada, alarmas activadas cuando el evento se registró en el equipo, velocidad, duración y el nivel de fatiga al momento del evento.
- Historial: Muestra el historial de las 2 últimas semanas para el operador específico. Se puede tener una vista rápida del comportamiento del operador.
- Validación: La validación está diseñada para los eventos de micro sueño. Una vez que vea el video debe de clasificar el evento utilizando el criterio. Una vez validado el evento, “OpWeb” solicitara un comentario.
- Revisión Pendiente: Son todos los eventos antes de ser revisados.
- Aceptado Bajo: Si el operador cierra los ojos de forma consciente ya sea para lubricarlos o al bostezar. Normalmente es un evento aislado.
- Aceptado Moderado: Si el operador cierra los ojos involuntariamente, pero una vez que termina el evento el operador se recupera.
- Aceptado Crítico: Si el operador cierra sus ojos de forma involuntaria y no se recupera del micro sueño. Los eventos críticos no se presentan de forma aislada.
- Falso Positivo: Cuando el evento no es real.
- Celular: cuando el evento se registra por el uso del celular.
- Distracción: cuando el evento es registrado porque el operador este distraído.
- Sin video: Cuando el video no llega por alguna falla en el camión o la red de la mina.

- **Speeding:** Cuando el operador excede la velocidad permitida en la mina.

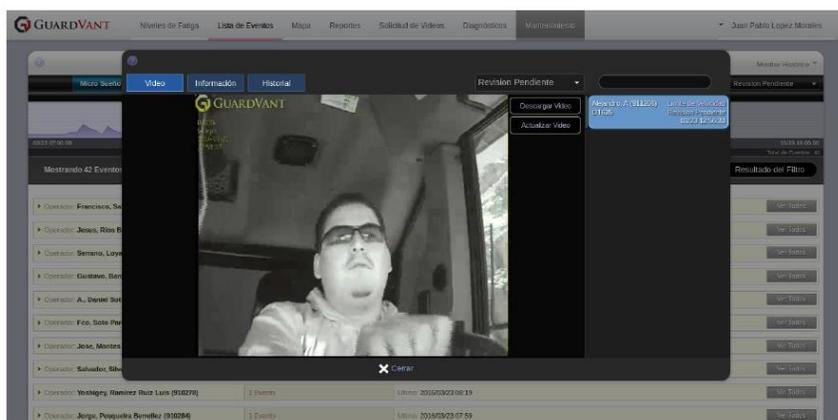


Figura 4, 9 Detalles del evento de micro sueño.
Fuente: (Guardvant, 2015).

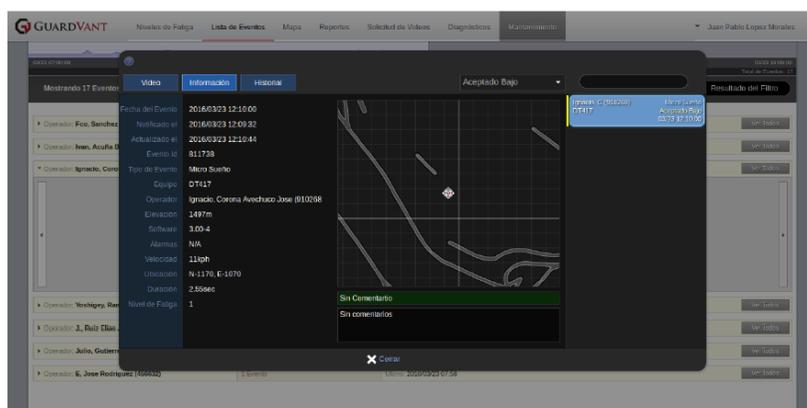


Figura 4, 10 Detalles del evento de micro sueño.
Fuente: (Guardvant, 2015).

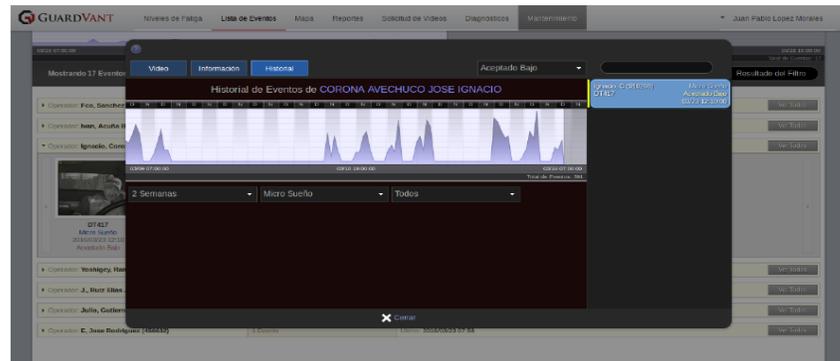


Figura 4, 11 Historial de los eventos de un operador en un periodo de dos semanas.
Fuente: (Guardvant, 2015).

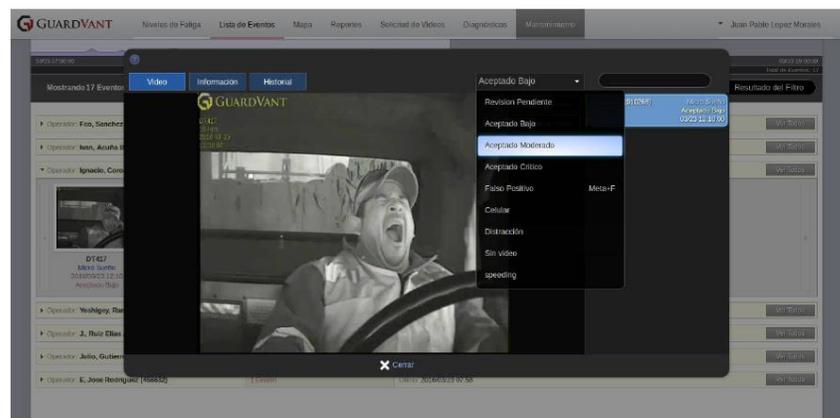


Figura 4, 12 Validación de un evento de micro sueño.
Fuente: (Guardvant, 2015).

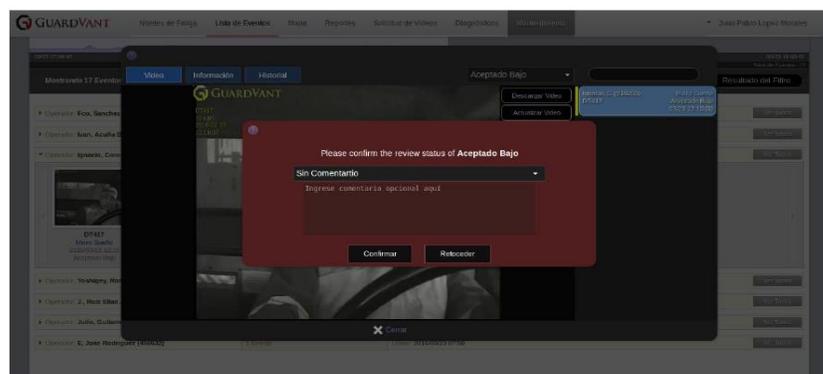


Figura 4, 13 Ingreso de comentarios adicionales al evento.
Fuente: (Guardvant, 2015).

Adicionalmente, para poder conocer el estado de todos los equipos que están trabajando en el tajo, “Guardvant” nos mantiene informado de la situación de cada dispositivo que forma parte del sistema de monitoreo de fatiga, cuando el icono del camión marca rojo es porque presenta alguna falla, caso contrario el icono estará de color verde tal como se mostrará en las siguientes figuras:

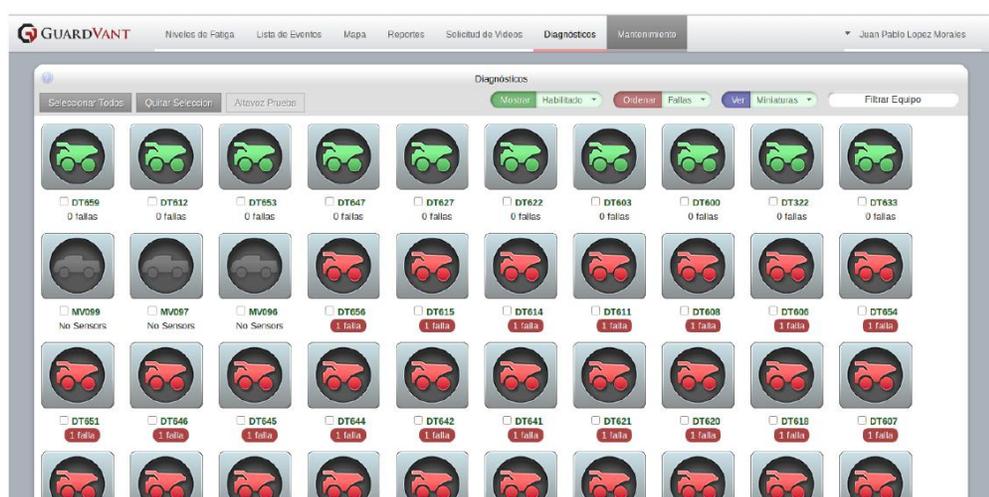


Figura 4, 14 Diagnóstico general de todos los equipos de mina.

Fuente: (Guardvant, 2015).

Si se selecciona un equipo se pueden observar la situación de cada uno de sus dispositivos:

- 1.- Vibrador.
- 2.-Networking o la Red.
- 3.- GPS.
- 4.-Temperatura de caja.
- 5.-Amperímetros de los iluminadores.
- 7.-adc_fun.

8.-fallas de señal.



*Figura 4, 15 Diagnóstico de un solo camión.
Fuente: (Guardvant, 2015).*

CAPÍTULO V

RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA ANTIFATIGA GUARDVANT EN LA UNIDAD MINERA RM

5.1. Resultados obtenidos luego de la Aplicación del Sistema Guardvant.

El Sistema Antifatiga “Guardvant” estuvo instalado a prueba en 4 de los camiones de acarreo Komatsu 730 E desde octubre del 2017 hasta el 31 de diciembre del 2017. Y entra en supervisión y ejecución oficialmente desde el 1ro de enero del 2018 en adelante. Para estudios de esta tesis se tomó los resultados desde el 1ro de enero del 2018 hasta el 29 de abril del 2019, dando como resultados 2063 eventos de micro sueño entre bajos, moderados y críticos y 4149 eventos de distracciones. Además, se detectaron 10 eventos de uso de celular en todo este periodo.

Del total de los 2063 eventos de micro sueño 724 de ellos sucedieron durante el turno de día representando un 35.09% del total y 1339 de los eventos de micro sueño pertenecen a la noche haciendo un 64.91%.

La instalación del Sistema “Guardvant” en los camiones Komatsu 730 E se muestra en la siguiente tabla a continuación.

Tabla 5, 1 FECHAS DE INSTALACION DEL SISTEMA ANTIFATIGA EN LOS CAMIONES DE ACARREO.

| FECHA DE INSTALACION | NUMERACION DE LOS CAMIONES | | | | Nro. Subtotal |
|----------------------|----------------------------|----|----|----|---------------|
| 1-Ene-18 | 6 | 11 | 13 | 14 | 4 |
| 7-Abr-18 | 1 | 2 | 3 | | 3 |
| 8-Abr-18 | 5 | 6 | 7 | | 3 |
| 10-Abr-18 | 9 | 10 | | | 2 |
| 11-Abr-18 | 4 | | | | 1 |
| 30-Nov-18 | 8 | 16 | 19 | | 3 |
| 8-Mar-19 | 17 | | | | 1 |
| TOTAL | | | | | 17 |

Fuente: Elaboración Propia.

5.2. Resultados de los Eventos obtenidos por Micro sueño.

Los eventos de micro sueño durante cada mes se mostraron según la siguiente tabla:

Tabla 5, 2 CANTIDAD DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO POR CADA NIVEL Y POR CADA MES.

| Año | 2018 | | | | | | | | | | | | 2019 | | | | Total |
|----------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-------|
| | Mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sept | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | |
| E.MS.N. bajo | 40 | 60 | 39 | 137 | 113 | 128 | 84 | 117 | 116 | 84 | 76 | 175 | 150 | 100 | 89 | 133 | 1641 |
| E.MS.N moderado | 9 | 7 | 14 | 63 | 37 | 17 | 20 | 16 | 10 | 18 | 14 | 26 | 11 | 10 | 13 | 9 | 294 |
| E.MS.N. crítico | 19 | 8 | 7 | 26 | 9 | 12 | 10 | 5 | 4 | 4 | 3 | 9 | 4 | 2 | 3 | 3 | 128 |
| Total de MS por Mes | 68 | 75 | 60 | 226 | 159 | 157 | 114 | 138 | 130 | 106 | 93 | 210 | 165 | 112 | 105 | 145 | 2063 |
| Cantidad de Camiones | 4 | | | 13 | | | | | | 16 | | | 17 | | | | |
| Total Nro. de micro sueño. | | | | | | | | | | | | | | | | | 2063 |

Nota: E.MS.N.: Evento de Micro sueño de Nivel. Cantidad de camiones: Cantidad de camiones con el sistema instalado.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5, 3 PROMEDIO DE EVENTOS POR CAMION POR CADA MES.

| Año | 2018 | | | | | | | | | | | | 2019 | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| | Mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sept | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar |
| E.MS.N. bajo | 10.00 | 15.00 | 9.75 | 10.54 | 8.69 | 9.85 | 6.46 | 9.00 | 8.92 | 6.46 | 4.75 | 10.94 | 9.38 | 6.25 | 5.24 | 7.82 |
| E.MS.N moderado | 2.25 | 1.75 | 3.50 | 4.85 | 2.85 | 1.31 | 1.54 | 1.23 | 0.77 | 1.38 | 0.88 | 1.63 | 0.69 | 0.63 | 0.76 | 0.53 |
| E.MS.N. crítico | 4.75 | 2.00 | 1.75 | 2.00 | 0.69 | 0.92 | 0.77 | 0.38 | 0.31 | 0.31 | 0.19 | 0.56 | 0.25 | 0.13 | 0.18 | 0.18 |
| Total de MS por Mes | 17.00 | 18.75 | 15.00 | 17.38 | 12.23 | 12.08 | 8.77 | 10.62 | 10.00 | 8.15 | 5.81 | 13.13 | 10.31 | 7.00 | 6.18 | 8.53 |

Nota: E.MS.N.: Evento de micro sueño de nivel.; MS: Micro sueño. De la Tabla 5,2 para el promedio de eventos de micro sueño por camión del mes de enero dividimos los 40 eventos de nivel bajo de dicho mes entre los 4 camiones que tienen el sistema instalado en ese mes, nos da como resultado 10 para este ejemplo.
Fuente: Elaboración propia.

Estas tablas nos permiten analizar el comportamiento de los eventos de micro sueño ocurridos durante este periodo y que van variando de acuerdo con la cantidad de equipos con este sistema instalado en los camiones en el transcurso del tiempo. Así podemos observar y analizar lo siguiente:

Durante el periodo (enero, febrero y marzo del 2018) que se tuvo el sistema instalado en 4 camiones los eventos críticos reportados durante el primer mes (enero 2018) fueron 19 y al finalizar en el mes de marzo se redujo a 7, de igual forma cuando se instaló el sistema en 9 camiones más haciendo un total de 13 equipos el primer mes de abril reporto 26 eventos críticos los cuales se redujeron a 4 eventos críticos en el mes de octubre del mismo año. De igual forma cuando en el mes de noviembre se instaló el sistema a 3 camiones más, ese mes los eventos críticos reportados fueron 3 y teniendo una subida el mes de diciembre con 9 eventos críticos y luego terminando con 2 en el mes de febrero del 2019. En el mes de marzo se instaló el sistema a 1 camión más resultando en total 17 camiones que reportaron ese mes 3 eventos críticos y en el mes de abril reporto también igual cantidad. Algo muy importante para tener en cuenta es que cada primer mes de los 2 primeros periodos los reportes de eventos críticos fueron altos, pero a medida que avanza el tiempo van disminuyendo. Este incremento inicial obedece a un comportamiento reactivo ocasionado por el cambio en los operadores de camión al salir de sus zonas de confort frente a una herramienta nueva de control como las cámaras antifatiga.

Para este mismo periodo los eventos clasificados como moderados tuvieron su mayor punto en el mes de abril del 2018 reportando 63 eventos moderados con 13 camiones y el más bajo en febrero de ese mismo año con 7 eventos moderados reportados y solo 4 camiones con Sistema “Guardvant” instalado. Se tuvo una mejora con el tiempo ya que en el mes de abril del 2019 el reporte disminuyo a 9 eventos moderados. Esto evidencia la mejora en la conducta de los operadores de camión, al tomar mayor conciencia sobre el debido respeto que deben de tener para cuidar su higiene de su sueño al descansar.

Los eventos clasificados como bajos tuvieron su máximo punto en el mes de diciembre del 2018, esto es debido a que este mes del año hay muchas actividades que se realizan en todo nuestro país por las fiestas de la Navidad y el Año Nuevo. El menor reporte se obtuvo en el mes de marzo del 2018 con solo 39 reportes de carácter bajo, pero solo con 4 camiones con el sistema instalado.

En el cuadro de promedios (Numero de Eventos por Camión) nos da una idea del mes que tuvo tanto una mejora para los menores promedios y en qué mes ponerle más énfasis u atención por tener un mayor promedio de eventos por camión; así podemos observar que el mes con menor promedio de eventos críticos por camión es el mes de febrero del 2019 con 0.13 y el mayor con 4.75 reportado el mes de enero del 2018. Para los eventos moderados el mes de abril del 2018 reporto 4.85 eventos por camión siendo el mayor y el menor fue el mes de abril del 2019 con 0.53 eventos por camión. Para los eventos de carácter bajo el mayor promedio se reportó en el mes de diciembre del 2018 con 10.9 eventos por camión y el menor en noviembre de este mismo año con 4.75.

A continuación, se mostrará una gráfica con el comportamiento de los eventos de micro sueño en donde los eventos de micro sueño de nivel bajo están de color amarillo, los de nivel moderado estarán con el color naranja y los críticos están con el color rojo. El acumulado de estos eventos por mes estará representado por las curvas en color violeta.

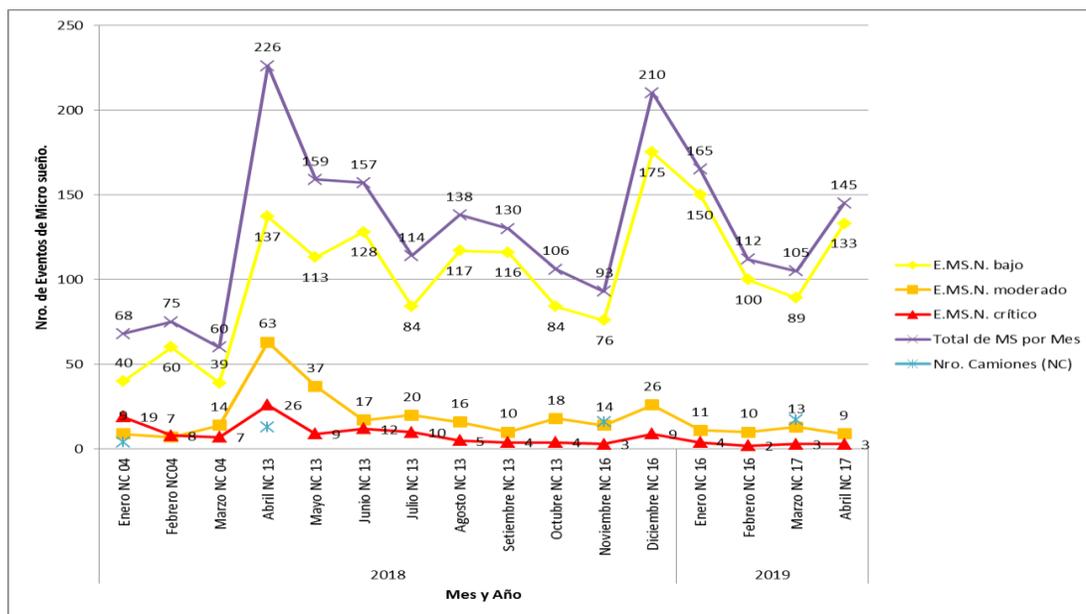


Figura 5, 1 Gráfica del comportamiento de los eventos de micro sueño de ene 2018 – abr 2019.
Fuente: Elaboración propia.

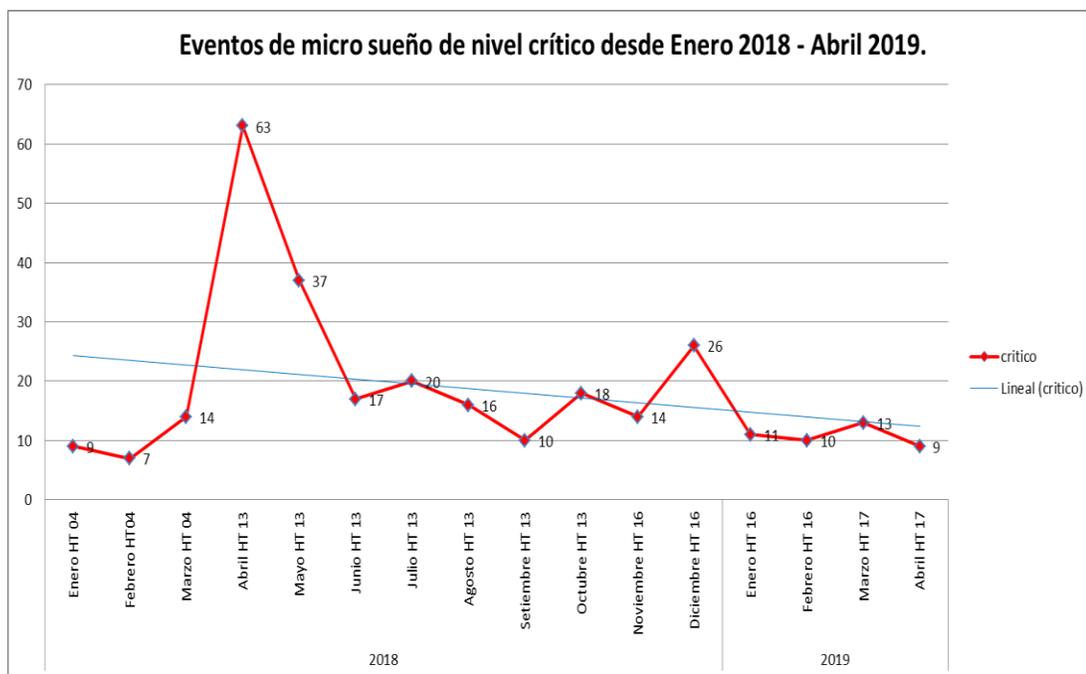


Figura 5, 2 Gráfica de eventos de micro sueño de nivel crítico.
Fuente: Elaboración propia.

Claramente se puede apreciar una tendencia hacia la baja en los eventos de micro sueño de nivel crítico. Esta tendencia es un resultado muy positivo a la fecha desde que se aplicó el sistema “Guardvant”.

5.2.1. Frecuencia de micro sueños acumulado por hora de trabajo en cada mes.

A continuación, se mostrará los micro sueños sucedidos por cada hora del día por cada mes y cada una con su tabla y gráfica de barras respectivamente.

Tabla 5, 4 FRECUENCIA DE MICRO SUEÑOS POR HORA – ABRIL 2018.

| abr-18 | Hora | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Sub Total |
|-----------------------|----------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|-----|-----------|
| Nivel de Fatiga | Bajo | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 3 | 2 | 6 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 5 | 4 | 6 | 2 | 15 | 5 | 6 | 15 | 18 | 15 | 14 | 137 |
| | Moderado | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 6 | 2 | 4 | 5 | 10 | 16 | 8 | 63 |
| | Crítico | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 4 | 1 | 5 | 3 | 4 | 26 |
| Total de micro-sueños | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 226 | |

Fuente: Elaboración propia.

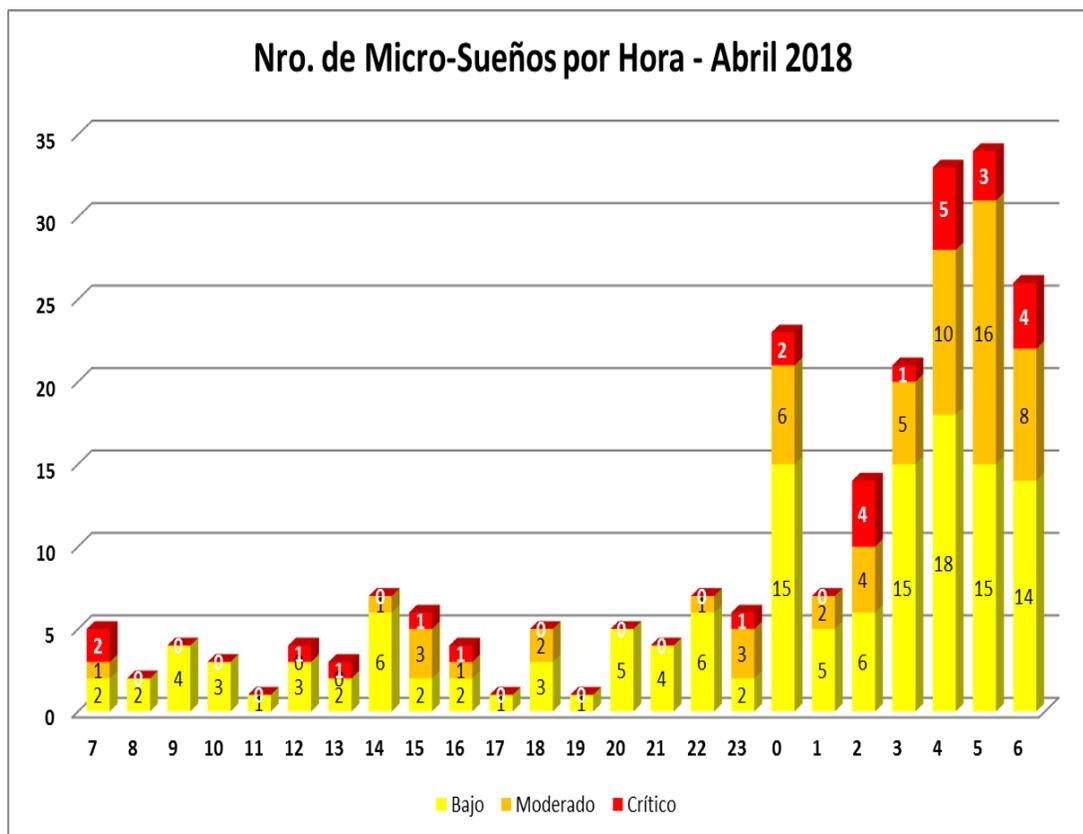


Tabla 5, 5 FRECUENCIA DE MICRO SUEÑOS POR HORA – ABRIL 2019.

| abr-19 | Hora | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Sub Total |
|-----------------------|----------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|---|----|----|-----|---|-----------|
| Nivel de Fatiga | Bajo | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 6 | 3 | 9 | 5 | 5 | 3 | 2 | 0 | 1 | 4 | 2 | 3 | 8 | 14 | 5 | 17 | 18 | 17 | 3 | 133 |
| | Moderado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 9 |
| | Crítico | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Total de micro-sueños | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 145 | | |

Fuente: Elaboración propia.

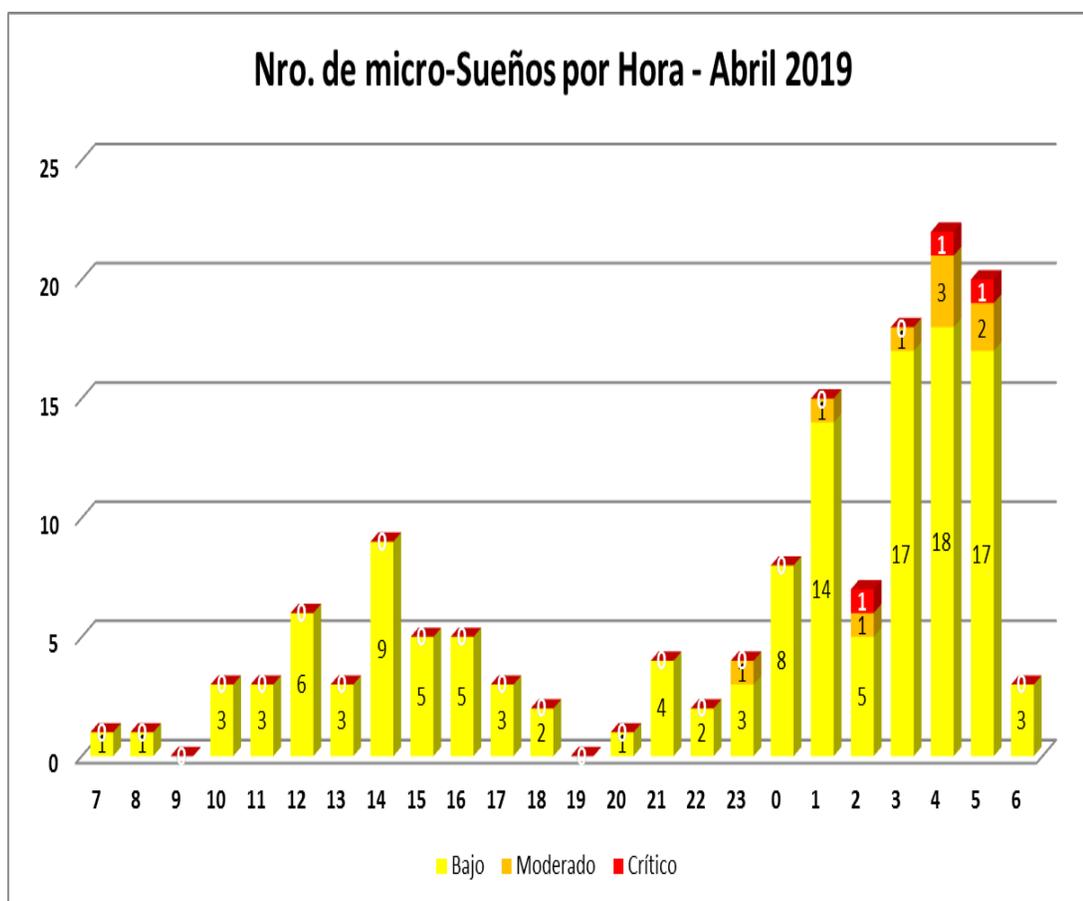


Tabla 5, 6 FRECUENCIA ACUMULADA DE MICRO SUEÑO DESDE ENERO 2018 – ABRIL 2019.

| Hora del día | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Subtotal | |
|---------------------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|------|----------|------|
| Nivel de Fatiga | Bajo | 26 | 42 | 25 | 33 | 35 | 63 | 60 | 81 | 53 | 59 | 36 | 61 | 17 | 30 | 39 | 54 | 41 | 93 | 123 | 91 | 141 | 170 | 161 | 107 | 1641 |
| | Moderado | 7 | 5 | 2 | 4 | 4 | 7 | 11 | 8 | 7 | 14 | 5 | 8 | 0 | 1 | 3 | 7 | 12 | 20 | 16 | 22 | 24 | 39 | 38 | 30 | 294 |
| | Crítico | 10 | 3 | 3 | 1 | 1 | 7 | 9 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 10 | 6 | 13 | 6 | 18 | 12 | 10 | 128 |
| Nro. Total de micro sueño | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2063 | | |

Nota: E.MS.N.: Evento de micro sueño de nivel. Fuente: Elaboración propia.

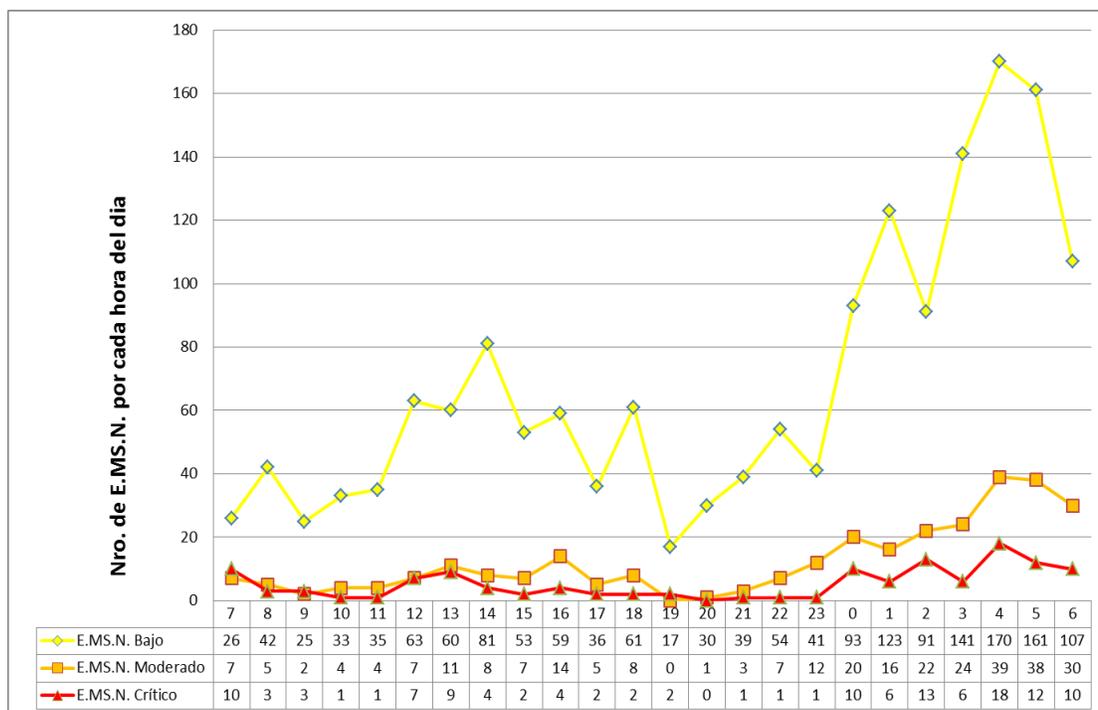
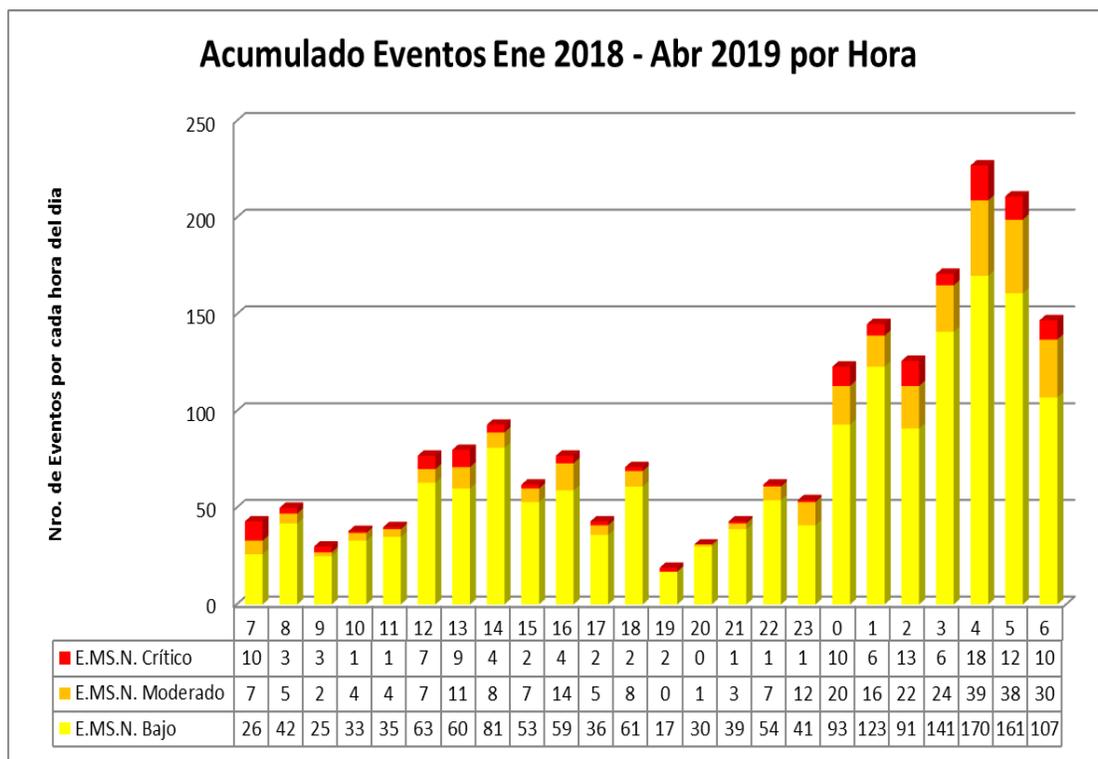


Figura 5, 3 Gráfica de E.MS.N. por cada hora del día, periodo enero 2018 - abril 2019.
 Fuente: Elaboración propia.

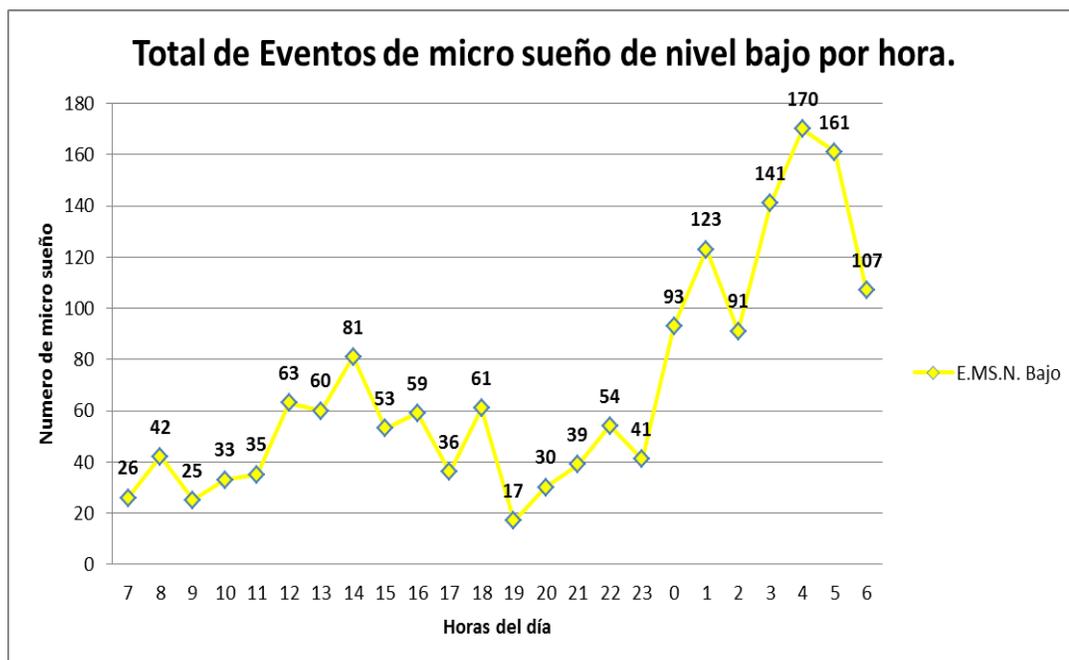


Figura 5, 4 Gráfico de eventos de micro sueño de nivel bajo por hora del periodo enero 2018 - abril del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

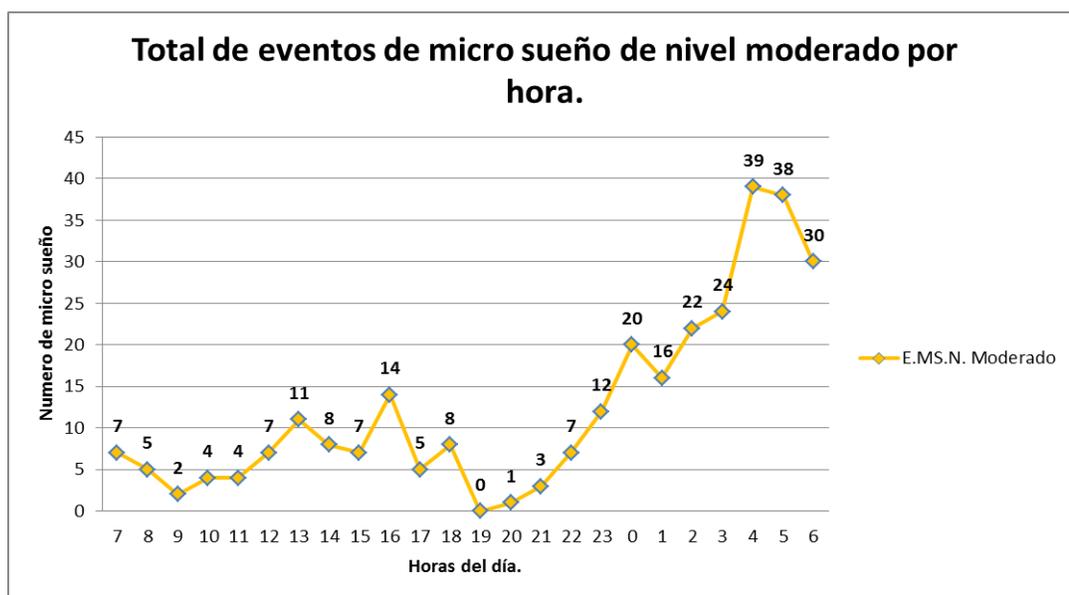


Figura 5, 5 Gráfico de eventos de micro sueño de nivel moderado por hora del periodo enero 2018 - abril 2019.

Fuente: Elaboración propia.

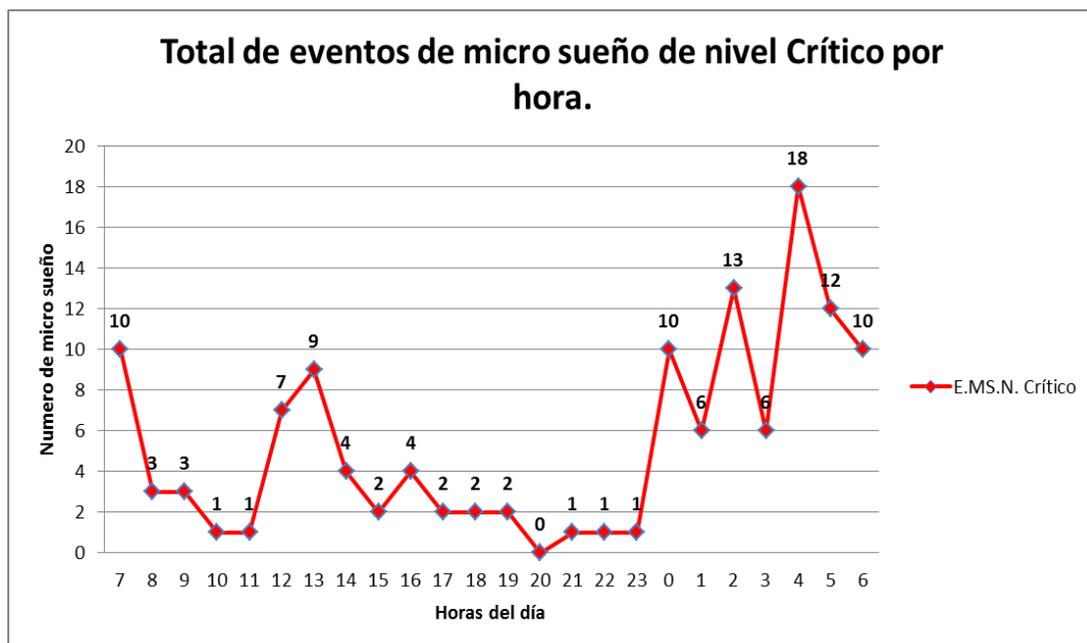


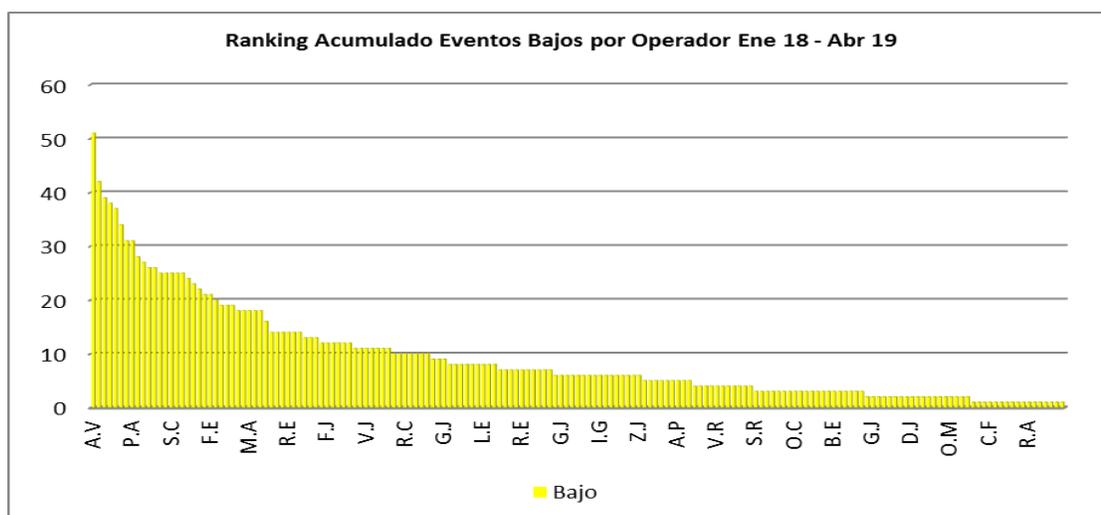
Figura 5, 6 Gráfico de eventos de micro sueño de nivel crítico por hora del periodo enero 2018 - abril 2019.

Fuente: Elaboración propia.

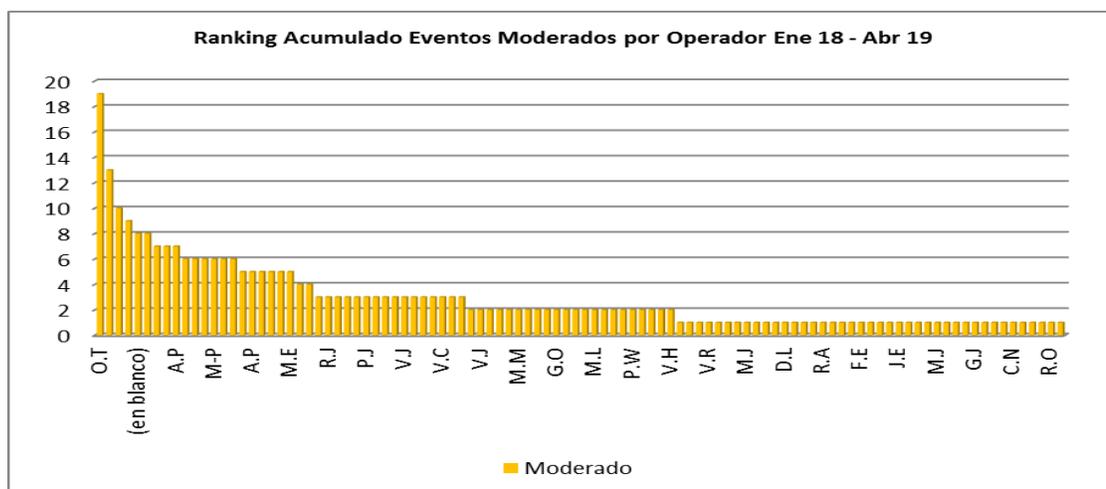
En estas gráficas de eventos de micro sueño por cada hora de trabajo se puede apreciar que las horas en que hay mayor frecuencia de eventos son las 13, 14, 16 y 18 horas para el turno de día. Esto coincide mucho por ser las horas luego de la hora de almuerzo y las 18 horas debido a estar cerca a las 19 horas que es cuando acaba el turno de día. Ahora durante la noche las horas punta son: 00, 01, 06 a.m. Y las horas críticas de mucha mayor frecuencia de micro sueños y atención para la supervisión de campo son: 02, 03, 04, y 05 am. Aquí se observa claramente que la frecuencia de los eventos de micro sueños tiene una incidencia muy fuerte y esto debe ser tomado en cuenta por los supervisores y operadores para poder tomar mayores controles y así poder evitar accidentes.

5.2.2. Ranking de micro sueños por operador.

Ahora se mostrará las gráficas del ranking del micro sueño acumulados por operador, solo se mostrarán las iniciales de los operadores por motivos de protección y confidencialidad de datos, durante el periodo de enero 2018 hasta abril del 2019.



*Figura 5, 7 Gráfica del ranking acumulado de micro sueños de nivel bajo por operador.
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 5, 8 Gráfica del ranking acumulado de eventos de micro sueño de nivel moderado por operador.
Fuente: Elaboración propia.*

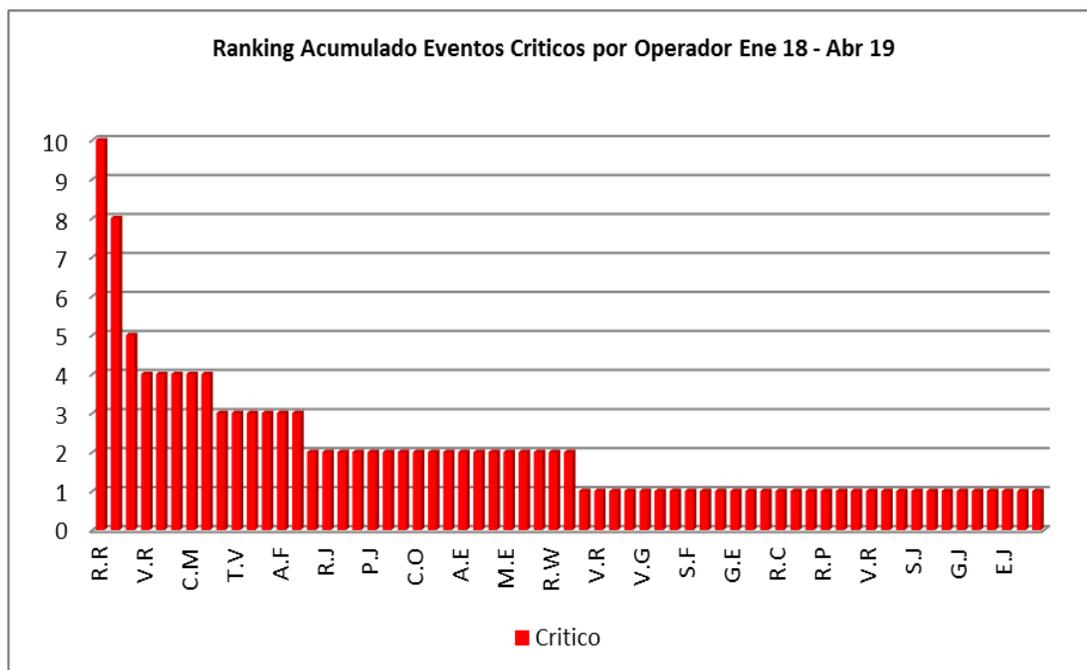


Figura 5, 9 Gráfica del ranking acumulado de eventos de micro sueño de nivel crítico por operador.
 Fuente: Elaboración propia.

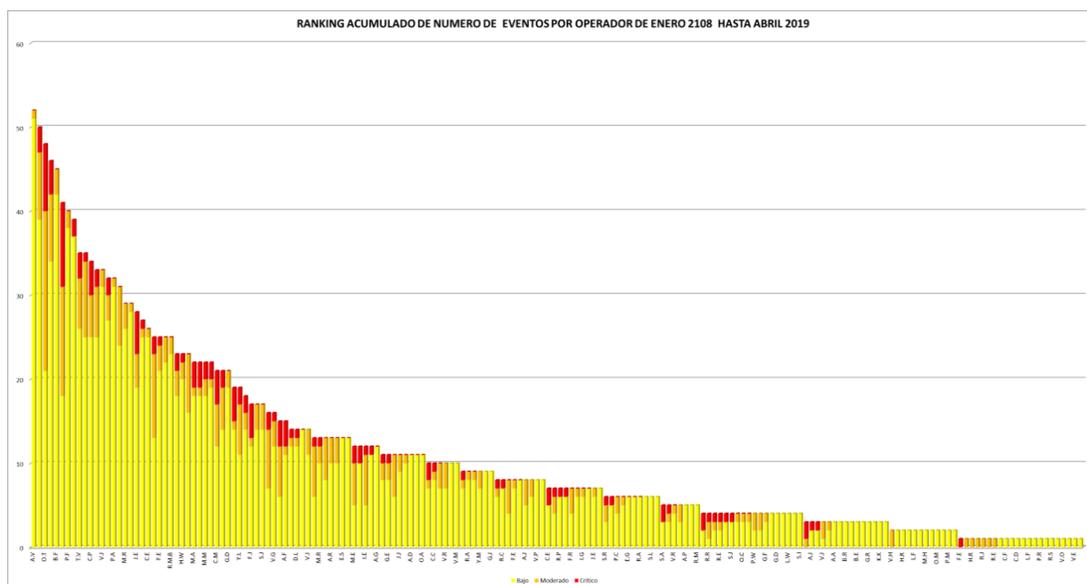


Figura 5, 10 Grafica total del ranking de todos los eventos de micro sueño por operador.
 Fuente: Elaboración propia.

Esta gráfica nos muestra que el Sr. A.V es el operador que ha presentado 52 eventos de micro sueño en este periodo haciendo que sea el que tiene la mayor frecuencia de eventos. Cabe resaltar que de los primeros 20 casi el 60% de estos operadores han trabajado en otro equipo diferente al camión de acarreo y el grupo restante si han permanecido todo este tiempo manejando el camión. Además, también se tuvo como resultado que 22 operadores solo presentaron 1 evento de micro sueño durante todo este periodo, cabe resaltar que muchos de ellos son operadores multifuncionales ya que más están trabajando en otros equipos distintos al Camión Komatsu 730E. De estos 22 operadores 3 de estos si operaron solo Camión Komatsu 730 E todo este periodo ya que es el único equipo en el cual están autorizados para operar.

5.2.3. Frecuencia de velocidades por evento de micro sueño.

Ahora analizaremos en que velocidades ocurren los distintos eventos de micro sueños, así como también la frecuencia con la que ocurren. Se presenta a continuación:

Tabla 5, 7 RELACION ENTRE LA VELOCIDAD Y LA FRECUENCIA DE LOS MICRO SUEÑOS.

| Velocidad km/hr | 0 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------------|----|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| E.MS.N. Bajo | 70 | 1 | 1 | 6 | 100 | 165 | 166 | 149 | 120 | 103 | 83 | 68 | 54 | 49 | 39 | 32 | 26 | 42 | 37 |
| E.MS.N. Moderado | 16 | 0 | 0 | 0 | 20 | 37 | 25 | 19 | 26 | 21 | 14 | 12 | 9 | 8 | 3 | 6 | 7 | 6 | 5 |
| E.MS.N. Critico | 6 | 0 | 0 | 1 | 15 | 18 | 18 | 10 | 10 | 8 | 4 | 6 | 5 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Total E.MS | 92 | 1 | 1 | 7 | 135 | 220 | 209 | 178 | 156 | 132 | 101 | 86 | 68 | 60 | 44 | 40 | 35 | 51 | 45 |

| Velocidad km/hr | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| E.MS.N. Bajo | 28 | 36 | 36 | 35 | 29 | 30 | 17 | 18 | 22 | 22 | 13 | 18 | 9 | 6 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| E.MS.N. Moderado | 7 | 7 | 4 | 4 | 7 | 2 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| E.MS.N. Critico | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Total E.MS | 35 | 43 | 40 | 40 | 36 | 33 | 23 | 25 | 25 | 28 | 18 | 20 | 11 | 9 | 3 | 1 | 6 | 3 |

*Nota: E.MS. N = Evento de micro sueño de nivel. Velocidades menores a 7 km/hr están en el rango de 0 km/hr.
Fuente: Elaboración propia.*

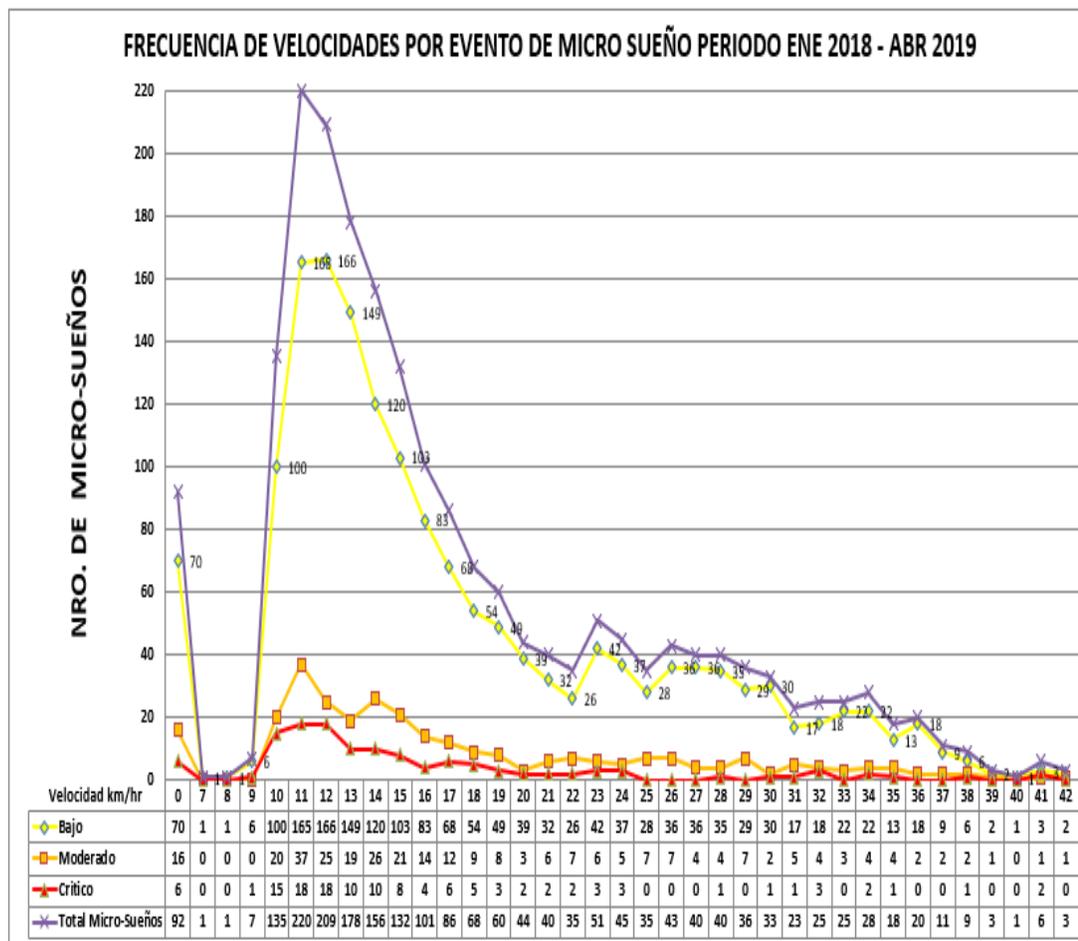


Figura 5, 11 Gráfica de relación entre los eventos de micro sueño y la velocidad.
Fuente: Elaboración propia.

Esta gráfica de velocidades por evento nos muestra que para el intervalo de velocidades que va desde los 10 km/hr hasta los 16 km/hr son los que tiene mayor frecuencia de eventos de micro sueños. Y conforme va avanzando la velocidad la frecuencia de eventos va disminuyendo. Normalmente las menores velocidades suceden cuando el camión está subiendo cargado por las rampas hacia su destino de descarga. Al contrario de las mayores velocidades se da cuando el camión está vacío y bajando por las rampas hacia su punto de carguío.

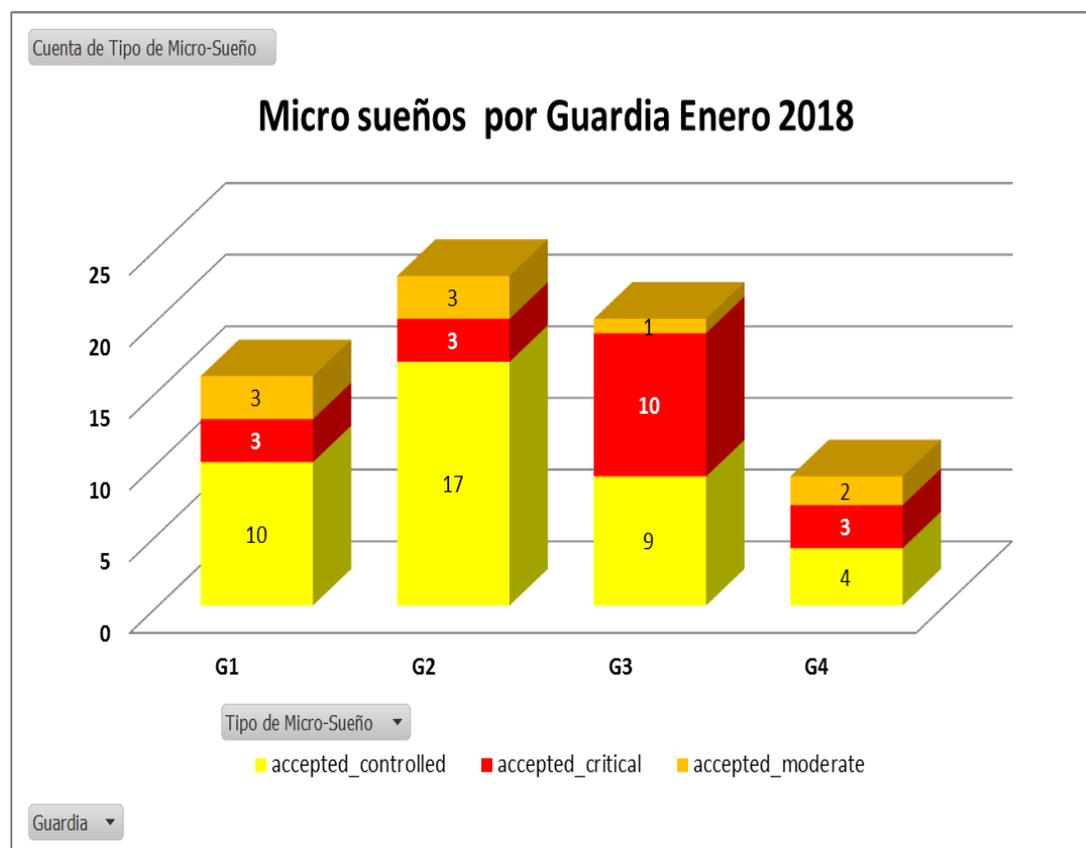
5.2.4. Frecuencia de eventos de micro sueño por guardia.

Los eventos también fueron clasificados por Guardia, en la actualidad se trabaja en el Área de Operaciones Mina con 4 Guardias las cuales son: Guardia 1. Guardia 2, Guardia 3 y Guardia 4. A continuación se mostrará las tablas con su respectiva gráfica de los meses de enero 2018, abril 2018 y abril 2019 de los eventos de micro sueño.

Tabla 5, 8 FRECUENCIA DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO POR CADA GUARDIA.

| GUARDIA | accepted_controlled | accepted_critical | accepted_moderate | Total general |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| G1 | 10 | 3 | 3 | 16 |
| G2 | 17 | 3 | 3 | 23 |
| G3 | 9 | 10 | 1 | 20 |
| G4 | 4 | 3 | 2 | 9 |
| Total general | 40 | 19 | 9 | 68 |

*Nota: G1= Guardia 1; G2= Guardia 2; G3= Guardia 3; G4=Guardia 4.
Fuente: Elaboración propia.*



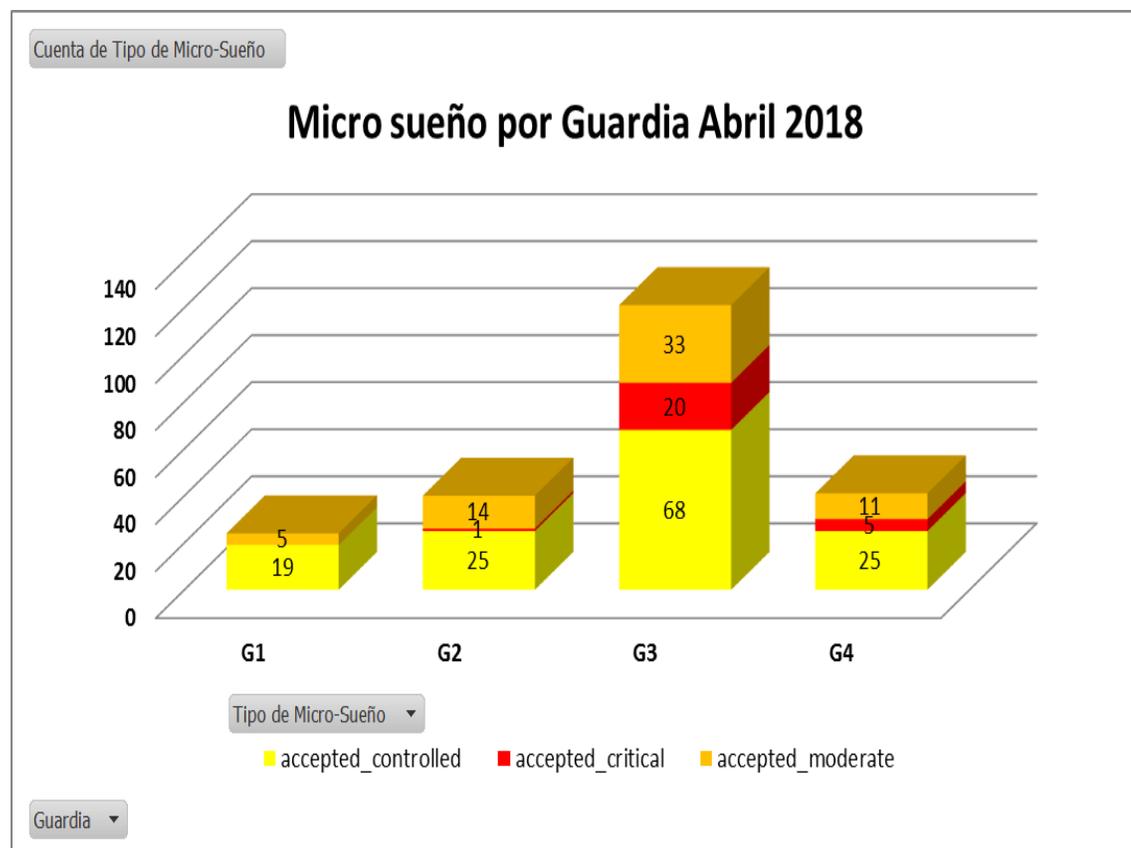
Los tipos de micro sueño están representados de la siguiente forma: “accepted_controlled”: nivel de micro sueño bajo y representado con las barras de color amarillo, “accepted_moderate”: nivel de micro sueño moderado y representado con las barras de color naranja y “accepted_critical”: nivel de micro sueño crítico y representado con las barras de color rojo.

Todas las tablas y gráficas de barras en adelante tienen la misma nomenclatura.

Tabla 5, 9 FRECUENCIA DE MICRO SUEÑO POR GUARDIA – ABRIL 2018.

| GUARDIA | accepted_controlled | accepted_critical | accepted_moderate | Total general |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| G1 | 19 | | 5 | 24 |
| G2 | 25 | 1 | 14 | 40 |
| G3 | 68 | 20 | 33 | 121 |
| G4 | 25 | 5 | 11 | 41 |
| Total general | 137 | 26 | 63 | 226 |

Fuente: Elaboración propia.

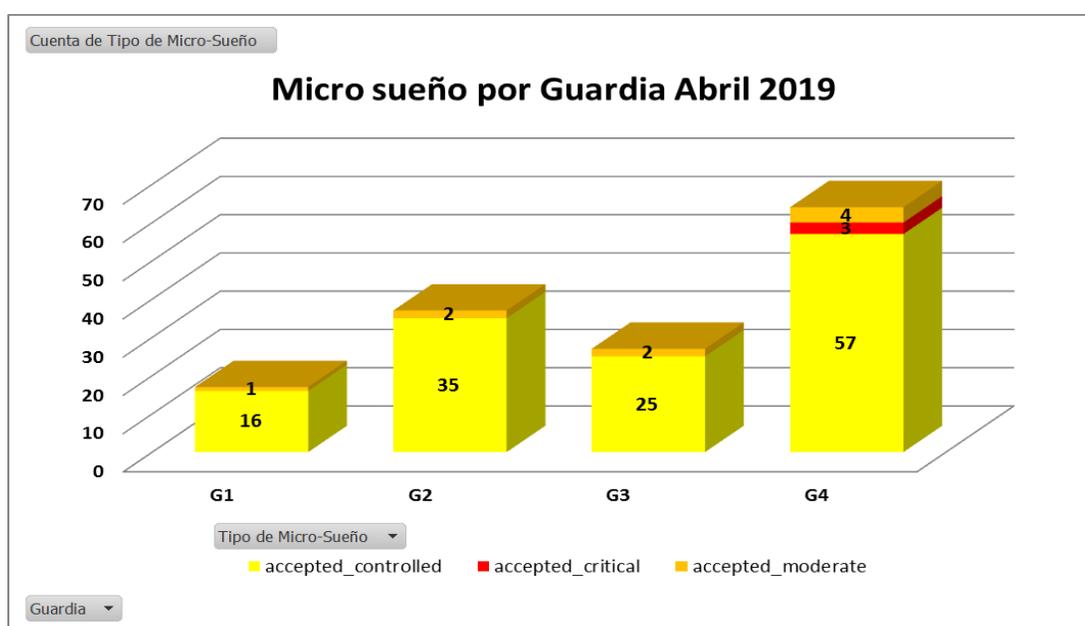


Para el mes de abril del 2019 tenemos los siguientes resultados:

Tabla 5, 10 FRECUENCIA DE MICRO SUEÑO POR GUARDIA – ABRIL 2019.

| GUARDIA | accepted_controlled | accepted_critical | accepted_moderate | Total general |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| G1 | 16 | | 1 | 17 |
| G2 | 35 | | 2 | 37 |
| G3 | 25 | | 2 | 27 |
| G4 | 57 | 3 | 4 | 64 |
| Total general | 133 | 3 | 9 | 145 |

Fuente: Elaboracion propia.

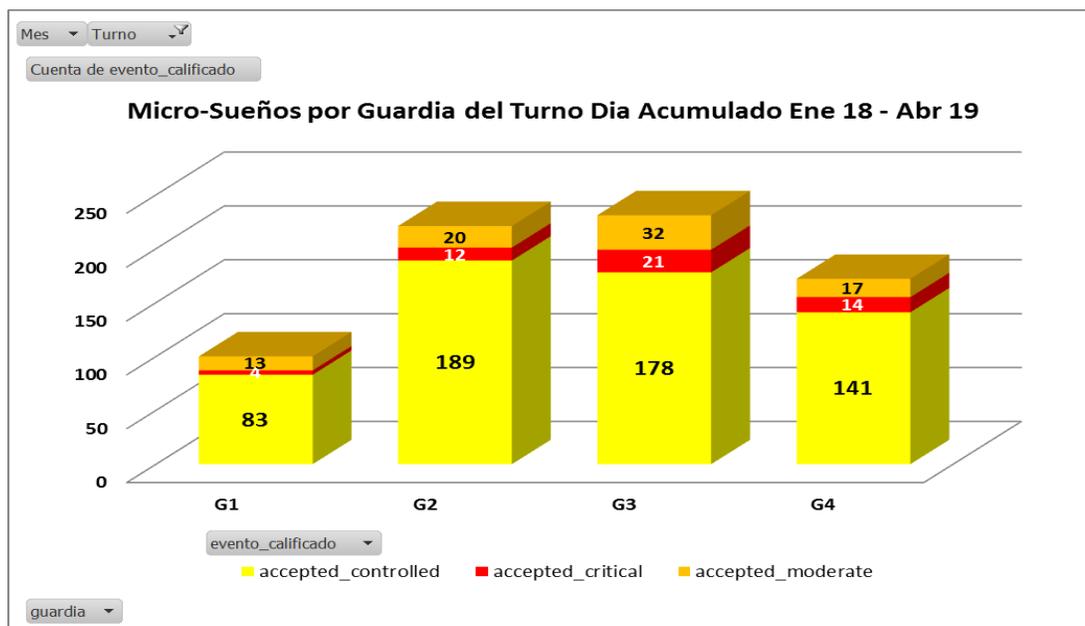


Los resultados para el periodo desde enero 2018 hasta abril del 2019 por evento de micro sueño y por guardia en el turno de día tenemos:

Tabla 5, 11 FRECUENCIA ACUMULADA DE MICRO SUEÑO EN EL TURNO DE DIA DESDE ENERO 2018 - ABRIL 2019.

| Numero de Guardia | accepted_controlled | accepted_critical | accepted_moderate | Total general |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| G1 | 83 | 4 | 13 | 100 |
| G2 | 189 | 12 | 20 | 221 |
| G3 | 178 | 21 | 32 | 231 |
| G4 | 141 | 14 | 17 | 172 |
| Total general | 591 | 51 | 82 | 724 |

Fuente: Elaboración propia.

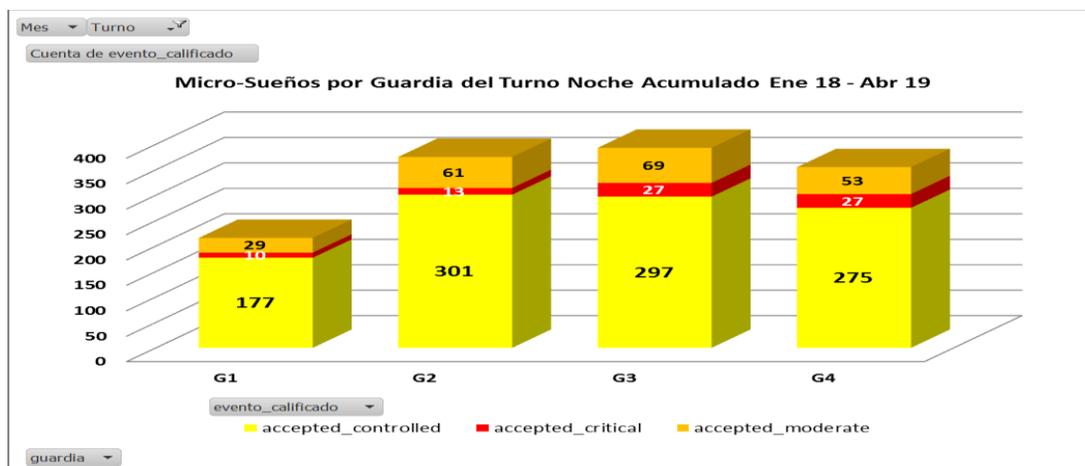


Los resultados para el periodo desde enero 2018 hasta abril del 2019 por evento de micro sueño y por guardia en el turno de noche tenemos:

Tabla 5, 12 FRECUENCIA ACUMULADA DE MICRO SUEÑO EN EL TURNO DE NOCHE DESDE ENERO 2018 - ABRIL 2019.

| Numero de Guardia | accepted_controlled | accepted_critical | accepted_moderate | Total general |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| G1 | 177 | 10 | 29 | 216 |
| G2 | 301 | 13 | 61 | 375 |
| G3 | 297 | 27 | 69 | 393 |
| G4 | 275 | 27 | 53 | 355 |
| Total general | 1050 | 77 | 212 | 1339 |

Fuente: Elaboración propia.

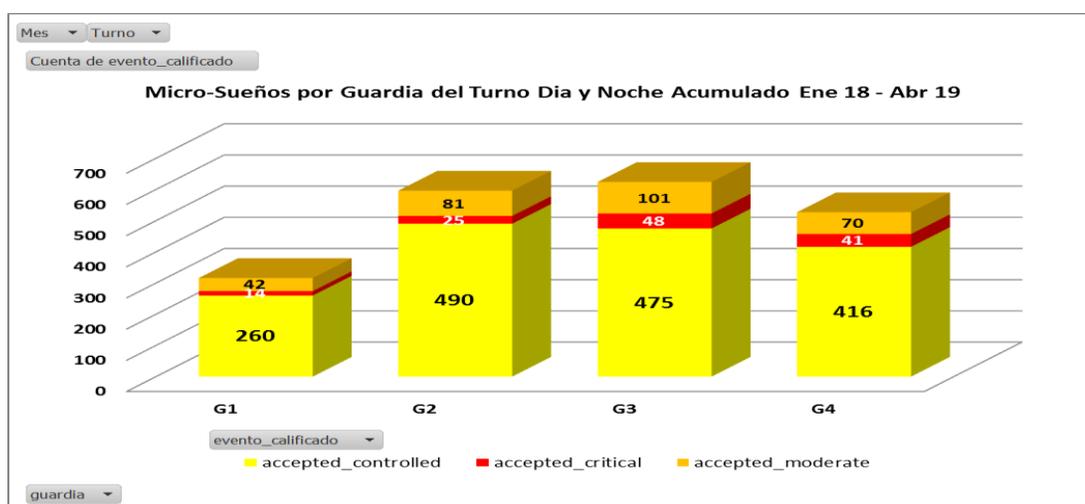


El resultado total de los eventos de micro sueño del periodo por guardia es la siguiente:

Tabla 5, 13 FRECUENCIA ACUMULADA DE MICRO SUEÑO POR GUARDIA DESDE ENERO 2018 - ABRIL 2019.

| Numero de Guardia | accepted_controlled | accepted_critical | accepted_moderate | Total general |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| G1 | 260 | 14 | 42 | 316 |
| G2 | 490 | 25 | 81 | 596 |
| G3 | 475 | 48 | 101 | 624 |
| G4 | 416 | 41 | 70 | 527 |
| Total general | 1641 | 128 | 294 | 2063 |

Fuente: Elaboración propia.



El gráfico de barras total por guardias de día y noche nos muestra que la Guardia 1 (G1) es la que tiene la menor frecuencia de micro sueños con un total de 316 y la Guardia 3 (G3) es la que tiene la mayor frecuencia de eventos de micro sueño con un total de 624.

5.2.5. Frecuencia de eventos de micro sueño por día de trabajo.

Se realizó también el análisis de los eventos de micro sueño por número de día de trabajo. Teniendo así que los jueves siempre es el primer día de trabajo para todas las guardias y los miércoles es el séptimo y último día de trabajo. Hay que aclarar que las guardias empiezan su jornada de trabajo efectiva los jueves a diferencia de los miércoles que es cuando suben a la mina solo a escuchar charlas de seguridad y capacitación

mientras se adaptan a la altura. Es así como se presenta a continuación las siguientes tablas y gráficos para su posterior análisis.

Tabla 5, 14 ACUMULADO DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO POR DIA DE TRABAJO EN EL TURNO DIA.

| Nro. de Dia de Trabajo | accepted_controlled | accepted_critical | accepted_moderate | Total general |
|------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Jueves | 114 | 8 | 21 | 143 |
| Viernes | 96 | 12 | 19 | 127 |
| Sabado | 84 | 7 | 10 | 101 |
| Domingo | 59 | 7 | 9 | 75 |
| Lunes | 85 | 4 | 10 | 99 |
| Martes | 78 | 9 | 8 | 95 |
| Miercoles | 75 | 4 | 5 | 84 |
| Total general | 591 | 51 | 82 | 724 |

Fuente: Elaboración propia.

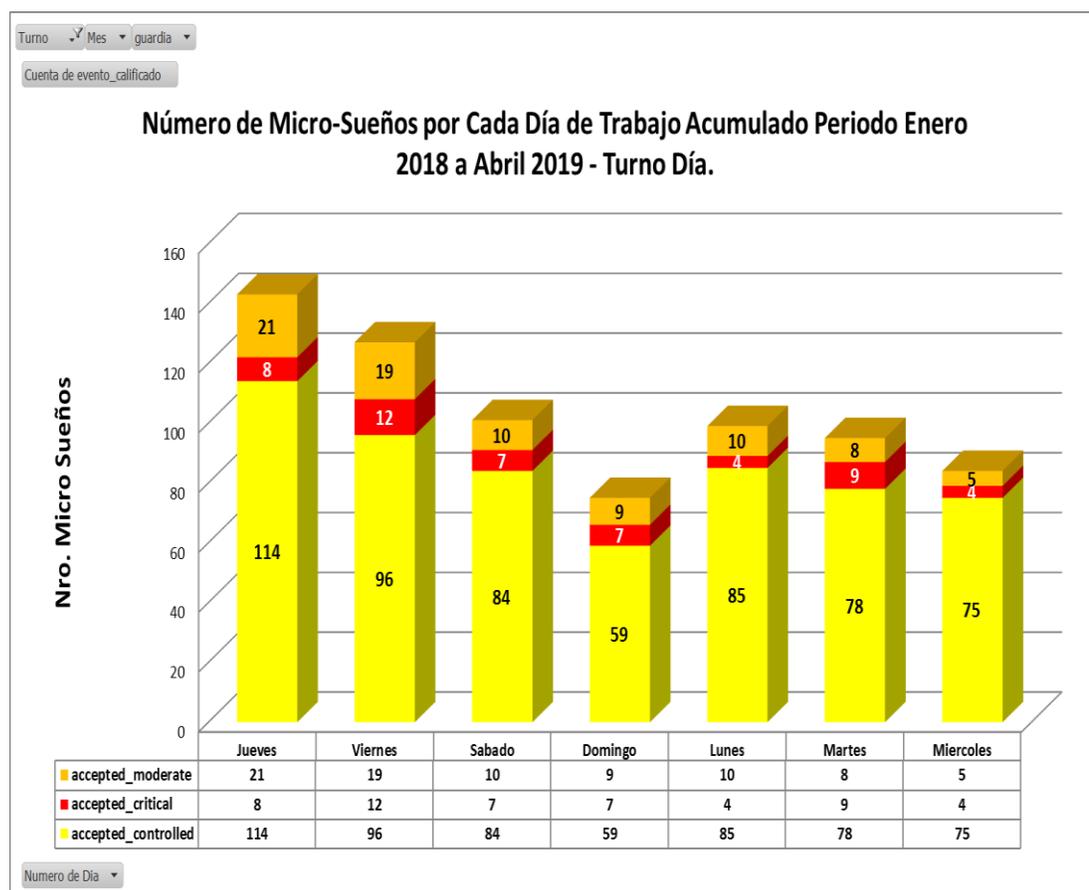


Figura 5, 12 Acumulado de eventos de micro sueño por día de trabajo - turno día.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5, 15 ACUMULADO DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO POR DÍA DE TRABAJO EN EL TURNO DE NOCHE.

| Nro. de Día de Trabajo | accepted_controlled | accepted_critical | accepted_moderate | Total general |
|------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Jueves | 209 | 21 | 62 | 292 |
| Viernes | 157 | 13 | 39 | 209 |
| Sabado | 141 | 6 | 22 | 169 |
| Domingo | 141 | 9 | 18 | 168 |
| Lunes | 99 | 10 | 19 | 128 |
| Martes | 158 | 8 | 23 | 189 |
| Miercoles | 145 | 10 | 29 | 184 |
| Total general | 1050 | 77 | 212 | 1339 |

Fuente: Elaboración propia.

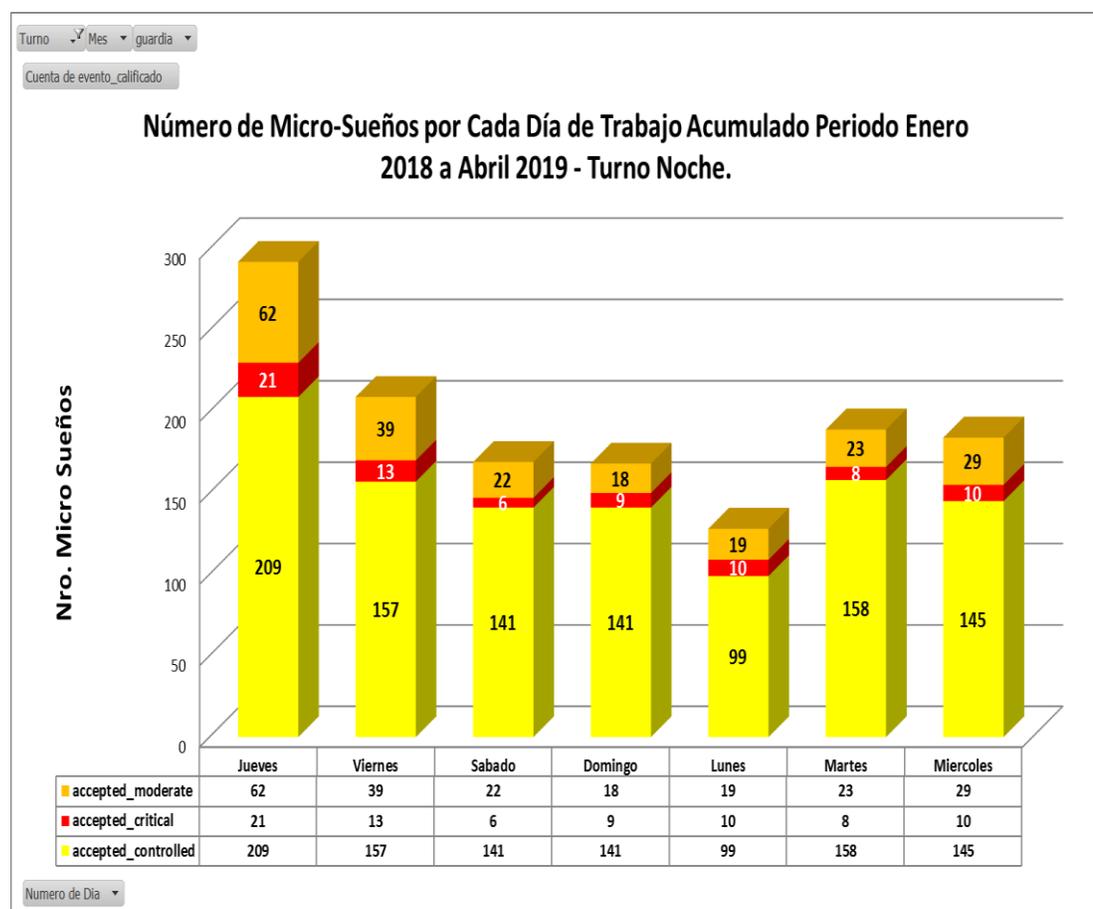


Figura 5, 13 Acumulado de eventos de micro sueño por día de trabajo - turno noche.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5, 16 . ACUMULADO DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO POR DÍA DE TRABAJO TURNO DÍA Y NOCHE.

| Nro. de Día de Trabajo | accepted_controlled | accepted_critical | accepted_moderate | Total general |
|------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Jueves | 323 | 29 | 83 | 435 |
| Viernes | 253 | 25 | 58 | 336 |
| Sabado | 225 | 13 | 32 | 270 |
| Domingo | 200 | 16 | 27 | 243 |
| Lunes | 184 | 14 | 29 | 227 |
| Martes | 236 | 17 | 31 | 284 |
| Miercoles | 220 | 14 | 34 | 268 |
| Total general | 1641 | 128 | 294 | 2063 |

Fuente: Elaboración propia.

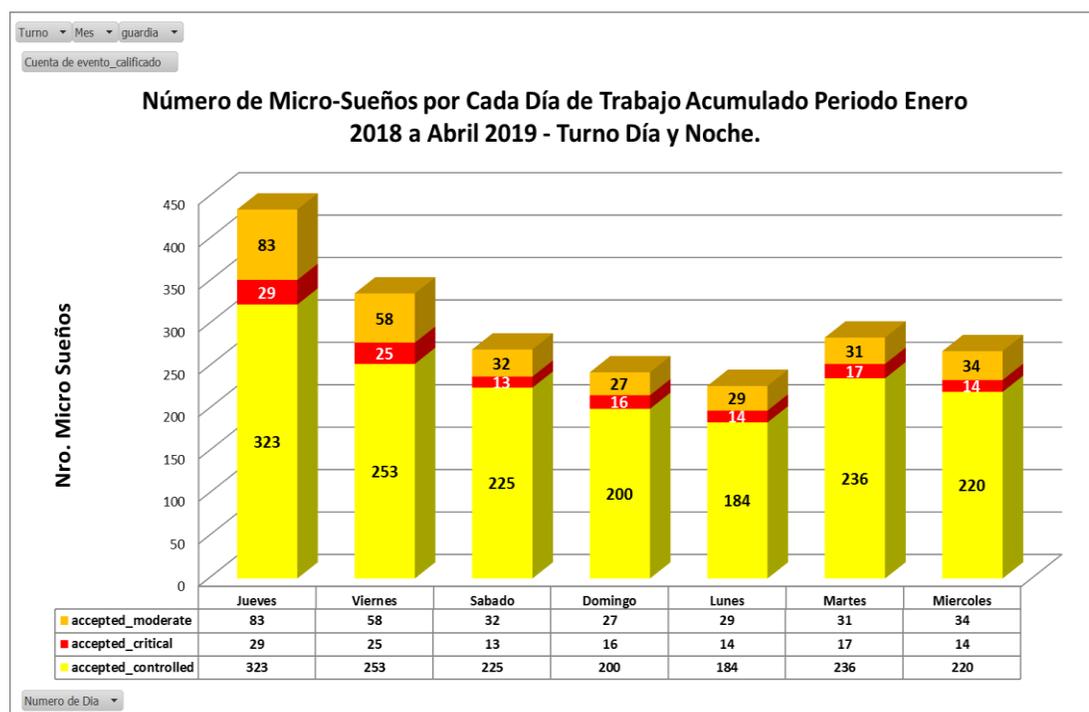


Figura 5, 14 Acumulado de eventos de micro sueño por día de trabajo.

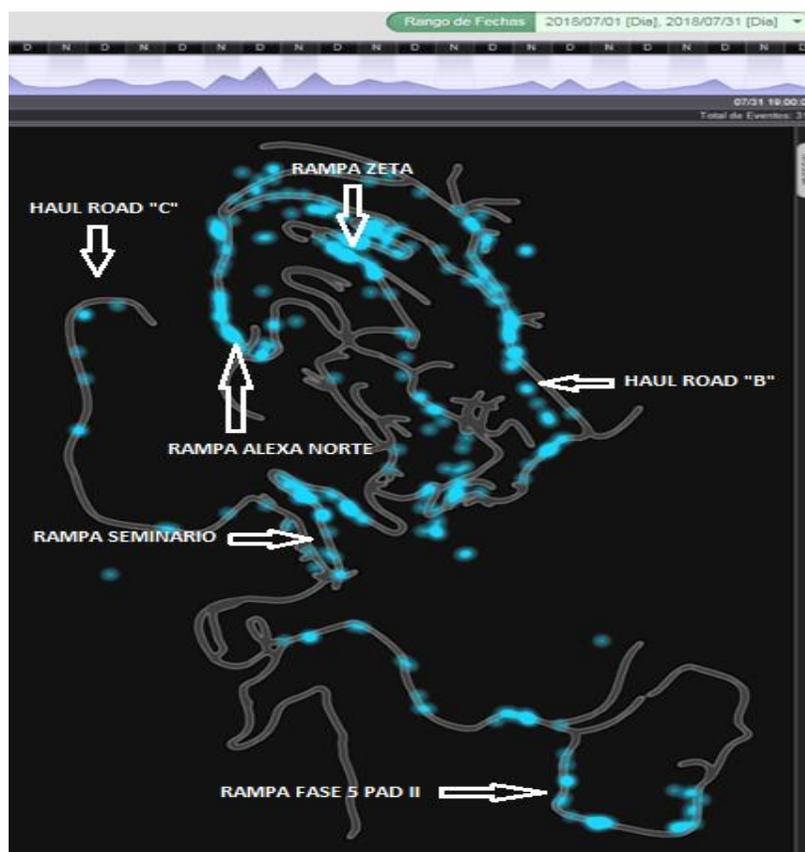
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que los sábados, domingos y lunes son los que tienen la menor cantidad de eventos de micro sueño, y el jueves que es el primer día de trabajo tanto para el turno de día y de noche se tiene la mayor cantidad de eventos por micro sueños. Esto

obedece a que el operador se está adaptando al trabajo en altura ya que viene de estar 6 días de descanso y el jueves representa su segundo día de permanencia en la mina, pero su primer día de trabajo efectivo. Los viernes, martes y miércoles la frecuencia de eventos disminuye, pero aun así no deja de ser importante.

5.2.6. Mapeo general de la mina en las zonas donde se ocasionan los eventos de fatiga y somnolencia.

El Sistema Antifatiga “Guardvant” puede hacer un mapeo total de la mina identificando todos los puntos o vías donde suceden los eventos de micro sueño. Así tenemos el siguiente mapa perteneciente al mes de Julio del 2018:



*Figura 5, 15 Mapa de eventos de micro sueño en la mina.
Fuente: Generado por el sistema Guardvant.*

Como se puede apreciar en el mapa superior las zonas con mayor densidad de puntos de eventos de micro sueños registrados por el sistema “Guardvant” están fuertemente vinculadas a las rampas de salida del fondo de la mina hacia los niveles superiores en donde se realizan las descargas de material como las rampas Alexa Norte y Zeta.

5.2.7. Análisis usando el Diagrama de Pareto.

Tabla 5, 17 RANKING DE HORAS DEL DIA POR NUMERO DE FRECUENCIA DE EVENTOS DE MICRO SUEÑO.

| Rank | Frecuencia de Micro-Sueños | | | | | |
|-------|----------------------------|------------|---------|------|------|--|
| | Horas | Frecuencia | % | Acu | %Acu | |
| 1 | 4 | 227 | 11% | 227 | 11% | |
| 2 | 5 | 211 | 10% | 438 | 21% | |
| 3 | 3 | 171 | 8% | 609 | 30% | |
| 4 | 6 | 147 | 7% | 756 | 37% | |
| 5 | 1 | 145 | 7% | 901 | 44% | |
| 6 | 2 | 126 | 6% | 1027 | 50% | |
| 7 | 0 | 123 | 6% | 1150 | 56% | |
| 8 | 14 | 93 | 5% | 1243 | 60% | |
| 9 | 13 | 80 | 4% | 1323 | 64% | |
| 10 | 12 | 77 | 4% | 1400 | 68% | |
| 11 | 16 | 77 | 4% | 1477 | 72% | |
| 12 | 18 | 71 | 3% | 1548 | 75% | |
| 13 | 15 | 62 | 3% | 1610 | 78% | |
| 14 | 22 | 62 | 3% | 1672 | 81% | |
| 15 | 23 | 54 | 3% | 1726 | 84% | |
| 16 | 8 | 50 | 2% | 1776 | 86% | |
| 17 | 7 | 43 | 2% | 1819 | 88% | |
| 18 | 17 | 43 | 2% | 1862 | 90% | |
| 19 | 21 | 43 | 2% | 1905 | 92% | |
| 20 | 11 | 40 | 2% | 1945 | 94% | |
| 21 | 10 | 38 | 2% | 1983 | 96% | |
| 22 | 20 | 31 | 2% | 2014 | 98% | |
| 23 | 9 | 30 | 1% | 2044 | 99% | |
| 24 | 19 | 19 | 1% | 2063 | 100% | |
| Total | | 2063 | 100.00% | | | |

Nota: Celdas de color celeste pertenecen a las horas del turno de la noche y las de color amarillo al turno de día.
Fuente: Elaboración propia.

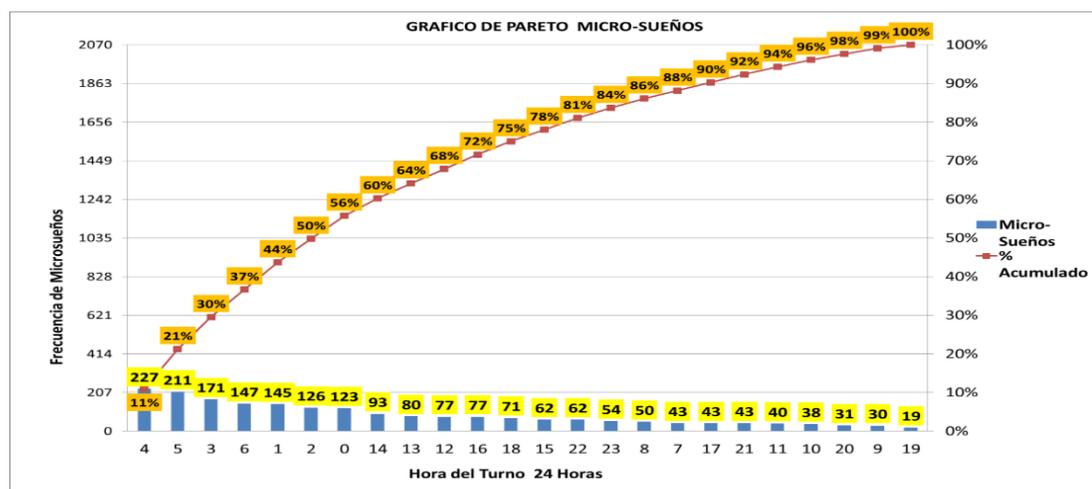


Figura 5, 16 Gráfica de Pareto de micro sueño.
Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de Pareto nos muestra que las 7 primeras horas con mayor frecuencia de incidencia de micro sueño están relacionadas al turno de la noche y las siguientes 6 horas con frecuencia intermedia pertenecen al turno de día. Las horas con menos frecuencia son las 20, 9 y 19 respectivamente. En conclusión, nos ayuda para que la supervisión este más alerta a las horas con mayor frecuencia de micro sueño y poder realizar las acciones preventivas.

5.3. Resultados de los Eventos obtenidos por Distracciones.

El resultado arroja 4149 distracciones durante el periodo de enero 2018 hasta abril del 2019, las gráficas se mostrarán a continuación:

Tabla 5, 18 FRECUENCIA DE DISTRACCIONES POR CADA MES.

| Año | 2018 | | | | | | | | | | | | 2019 | | | | Total |
|---------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-------|
| Mes | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sept | oct | nov | dic | ene | feb | mar | abr | |
| Frec. Distracciones | 97 | 119 | 102 | 219 | 249 | 296 | 199 | 240 | 300 | 272 | 315 | 604 | 336 | 280 | 242 | 279 | 4149 |
| Nro. Camiones | 4 | | | 13 | | | | | | 16 | | | | 17 | | | |

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5, 17 Gráfica de barras de cantidad de distracciones por mes.

Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de los eventos por distracciones por mes se puede observar claramente que en el mes de diciembre del 2018 se tiene el mayor reporte de eventos con 604 distracciones y con 16 camiones que tienen el sistema “Guardvant” instalado. Esto obedece una vez más a las distintas actividades que se celebran en ese mes por Navidad y Año Nuevo.

5.3.1. Gráfica de tiempo en segundos por la frecuencia de distracciones ocurridas para dicho tiempo en segundos de enero 2018 hasta abril 2019.

Tabla 5, 19 TIEMPO EN SEGUNDOS VS FRECUENCIA DE DISTRACCIONES.

| Tiempo_segundos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Total |
|------------------------|---|---|---|-----|------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Frecuencia_distracción | 6 | 1 | 0 | 984 | 1454 | 917 | 466 | 152 | 63 | 41 | 16 | 15 | 14 | 4 | 2 | 6 | 0 | 1 | 1 | 6 | 4149 |

Fuente: Elaboración propia.

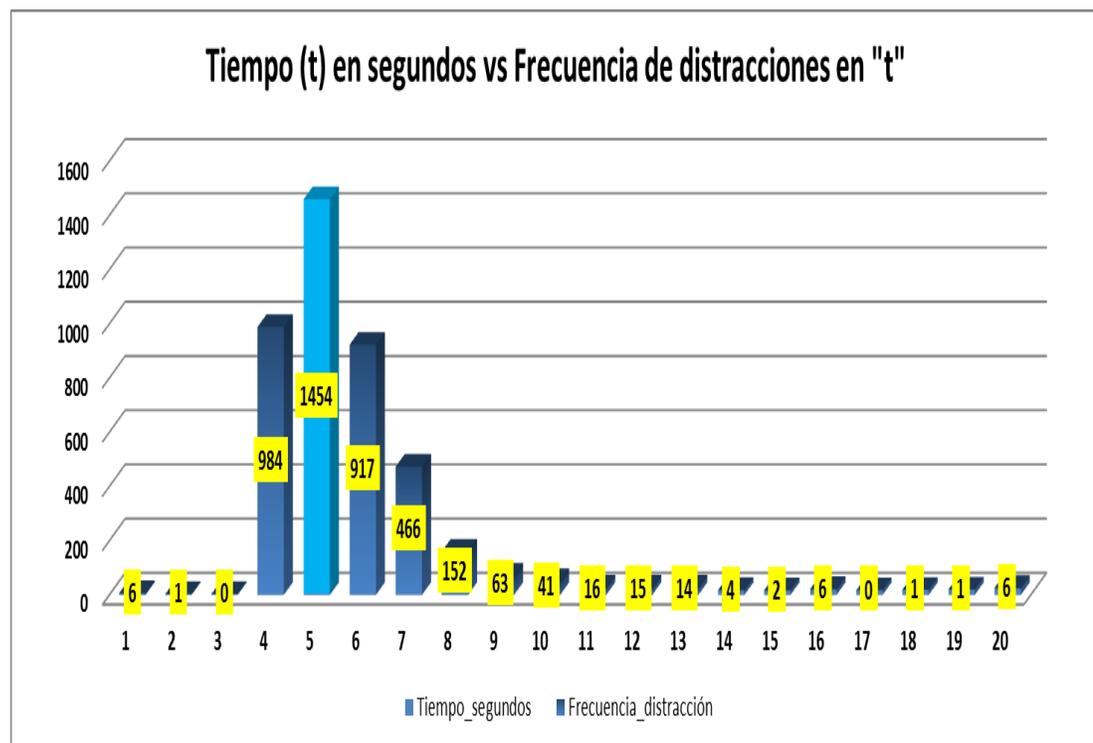


Figura 5, 18 Gráfica de barras del tiempo en segundos vs frecuencia de distracciones.
Fuente: Elaboración propia.

Notamos claramente que las distracciones tienen en su mayoría una duración de 5 segundos con 1454 eventos seguida por las distracciones de 4 segundos con 984 eventos y tercero las distracciones de 6 segundos con 917 eventos. Del total de 4149 eventos de distracción en las 24 horas los que se produjeron en el día fueron 2353 en las 4 Guardias como se muestra a continuación. De donde los eventos de distracciones mayores o iguales a los 10 segundos hacen un total de 106 eventos.

Durante el turno de día se reportaron alrededor de 2353 distracciones, se mostrará a continuación y divididas por guardia:

Tabla 5, 20 TIEMPO VS FRECUENCIA DE DISTRACCIONES EN DICHO TIEMPO PARA EL TURNO DE DIA.

| Turno | Día | Tiempo (t) en Seg. Vs Frec. Distracciones en "t" | | | |
|-----------------------------|----------------------|--|------------|------------|---------------|
| Cuenta de evento_calificado | Etiquetas de columna | | | | |
| Duracion en Segundos | G1 | G2 | G3 | G4 | Total general |
| 1 s | 1 | | | | 2 |
| 4 s | 108 | 158 | 134 | 143 | 543 |
| 5 s | 173 | 164 | 246 | 236 | 819 |
| 6 s | 119 | 136 | 138 | 140 | 533 |
| 7 s | 51 | 65 | 68 | 91 | 275 |
| 8 s | 21 | 23 | 20 | 25 | 89 |
| 9 s | 4 | 11 | 9 | 9 | 33 |
| 10 s | 2 | 11 | 5 | 4 | 22 |
| 11 s | 1 | 4 | 3 | 2 | 10 |
| 12 s | 2 | 5 | | 4 | 11 |
| 13 s | 1 | 5 | | 2 | 8 |
| 14 s | | | 1 | | 1 |
| 15 s | | | 1 | | 1 |
| 16 s | | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 20 s | 1 | 2 | | | 3 |
| Total general | 484 | 585 | 626 | 658 | 2353 |

Nota: G1= Guardia 1, G2= Guardia 2, G3=Guardia 3, G4= Guardia 4, t= tiempo en segundos.

Fuente: Elaboración propia.

Las guardias 1 y 2 trabajan juntas, por ejemplo, guardia 1 en el turno de día y la guardia 2 en la noche, mientras las guardias 3 y 4 están descansando en la ciudad y viceversa.

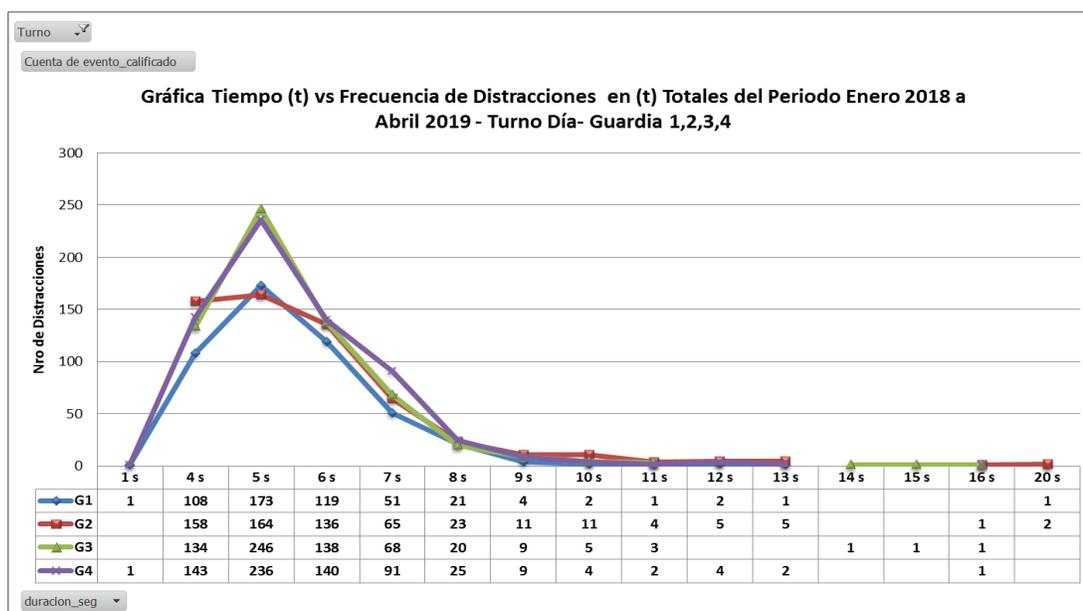


Figura 5, 19 Gráfica de tiempo en segundos versus frecuencia de distracciones en el turno de día.
Fuente: Elaboración propia.

Y durante el Turno de Noche se produjeron 1796 como se muestra a continuación:

Tabla 5, 21 TIEMPO VS FRECUENCIA DE DISTRACCIONES EN DICHO TIEMPO PARA EL TURNO DE NOCHE.

| Turno | Noche | Tiempo (t) en Seg. Vs Frec. Distracciones en "t" | | | | |
|-----------------------------|----------------------|--|------------|------------|------------|---------------|
| Cuenta de evento_calificado | Etiquetas de columna | G1 | G2 | G3 | G4 | Total general |
| 1 s | | 1 | | 3 | | 4 |
| 2 s | | | | 1 | | 1 |
| 4 s | | 63 | 155 | 91 | 132 | 441 |
| 5 s | | 86 | 216 | 144 | 189 | 635 |
| 6 s | | 57 | 121 | 93 | 113 | 384 |
| 7 s | | 30 | 67 | 34 | 60 | 191 |
| 8 s | | 8 | 18 | 10 | 27 | 63 |
| 9 s | | 3 | 17 | 5 | 5 | 30 |
| 10 s | | 1 | 6 | 6 | 6 | 19 |
| 11 s | | | 4 | 2 | | 6 |
| 12 s | | | 4 | | | 4 |
| 13 s | | | 2 | 2 | 2 | 6 |
| 14 s | | | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 15 s | | | | 1 | | 1 |
| 16 s | | | 1 | | 2 | 3 |
| 18 s | | | | | 1 | 1 |
| 19 s | | 1 | | | | 1 |
| 20 s | | 1 | | | 2 | 3 |
| Total general | | 251 | 612 | 393 | 540 | 1796 |

Nota: G1= Guardia 1, G2= Guardia 2, G3=Guardia 3, G4= Guardia 4, t= tiempo en segundos.
Fuente: Elaboración propia.

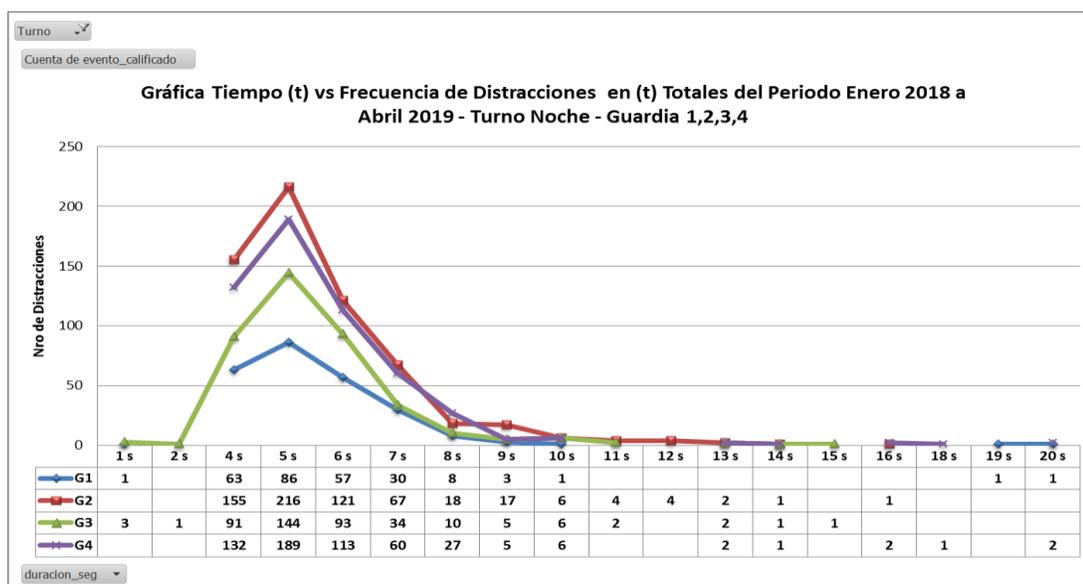


Figura 5, 20 Gráfica de tiempo en segundos versus frecuencia de distracciones en el turno de noche.

Fuente: Elaboración propia.

El total de distracciones en el día y en la noche para el periodo comprendido desde enero 2018 – abril 2019 se muestra a continuación.

Tabla 5, 22 TIEMPO VS FRECUENCIA DE DISTRACCIONES EN DICHO TIEMPO.

| Turno | (Todas) | Tiempo (t) en Seg. Vs Frec. Distracciones en "t" | | | |
|-----------------------------|----------------|--|-------------|-------------|---------------|
| Cuenta de evento_calificado | Etiquetas de c | mna | | | |
| Duracion en Segundos | G1 | G2 | G3 | G4 | Total general |
| 1 s | 2 | | 3 | 1 | 6 |
| 2 s | | | 1 | | 1 |
| 4 s | 171 | 313 | 225 | 275 | 984 |
| 5 s | 259 | 380 | 390 | 425 | 1454 |
| 6 s | 176 | 257 | 231 | 253 | 917 |
| 7 s | 81 | 132 | 102 | 151 | 466 |
| 8 s | 29 | 41 | 30 | 52 | 152 |
| 9 s | 7 | 28 | 14 | 14 | 63 |
| 10 s | 3 | 17 | 11 | 10 | 41 |
| 11 s | 1 | 8 | 5 | 2 | 16 |
| 12 s | 2 | 9 | | 4 | 15 |
| 13 s | 1 | 7 | 2 | 4 | 14 |
| 14 s | | 1 | 2 | 1 | 4 |
| 15 s | | | 2 | | 2 |
| 16 s | | 2 | 1 | 3 | 6 |
| 18 s | | | | 1 | 1 |
| 19 s | 1 | | | | 1 |
| 20 s | 2 | 2 | | 2 | 6 |
| Total general | 735 | 1197 | 1019 | 1198 | 4149 |

Nota: G1= Guardia 1, G2= Guardia 2, G3=Guardia 3, G4= Guardia 4, t= tiempo en segundos.

Fuente: Elaboración propia.

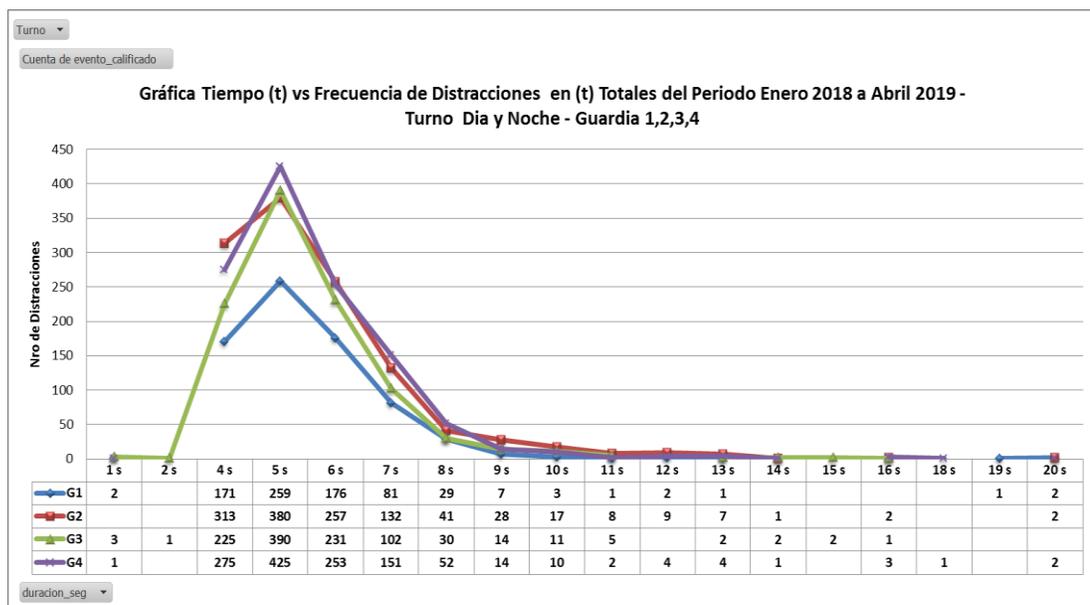


Figura 5, 21 Gráfica de tiempo en segundos versus frecuencia de distracciones en dicho tiempo.
Fuente: Elaboración propia.

El número de distracciones en el turno de día es de 2353 y en el turno de noche es de 1796. Esto se debe a que en el día la visibilidad es mayor y la atención de los operadores es total. Además, en el turno de día se trabaja con mayor número de contratistas, así como también se cuenta con mayor personal de supervisión por parte de minera. Al ser mayor el número de personas, estas se transportan en camionetas, el cual hace que los operadores de camión estén constantemente mirando de izquierda a derecha en cada cruce para así evitar algún accidente. Se observa que las distracciones van con mayor frecuencia desde los 4 a 8 segundos. Muchas de estas distracciones están dadas porque el operador está manejando con una mano y la otra comiendo una fruta, tomando una botella de agua, mirando su tablero de control, mirando su asignación o mirando hacia otro lado que no sea de frente.

5.3.2. Gráficas de frecuencia de distracciones por número de día de trabajo de enero 2018 hasta abril 2019.

Tabla 5, 23 FRECUENCIA DE DISTRACCIONES POR DIA DE TRABAJO.

| Nro. de Dia de Trabajo | Nro de Distracciones |
|------------------------|----------------------|
| 1er - Jueves | 638 |
| 2do - Viernes | 693 |
| 3er - Sabado | 673 |
| 4to - Domingo | 673 |
| 5to - Lunes | 485 |
| 6to - Martes | 464 |
| 7mo - Miercoles | 523 |
| Total | 4149 |

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5, 22 Gráfica de frecuencia de distracciones por día de trabajo.
Fuente: Elaboración propia.

La frecuencia de las distracciones durante este periodo de enero del 2018 a abril del 2019 tiene la mayor incidencia en los primeros días de trabajo de Jueves a Domingo y tiene una bajada los días Lunes, Martes y Miércoles que son los últimos días para terminar la jornada. Esto tiene relación ya que el fin de semana la supervisión que trabaja con jornada de 4x3 o de Lunes a Jueves y Jueves al medio día, se van de días libres dejando a la mina con menos cantidad de supervisores en el campo.

5.3.3. Ranking de distracciones por operador de Enero 2018 hasta Abril 2019.

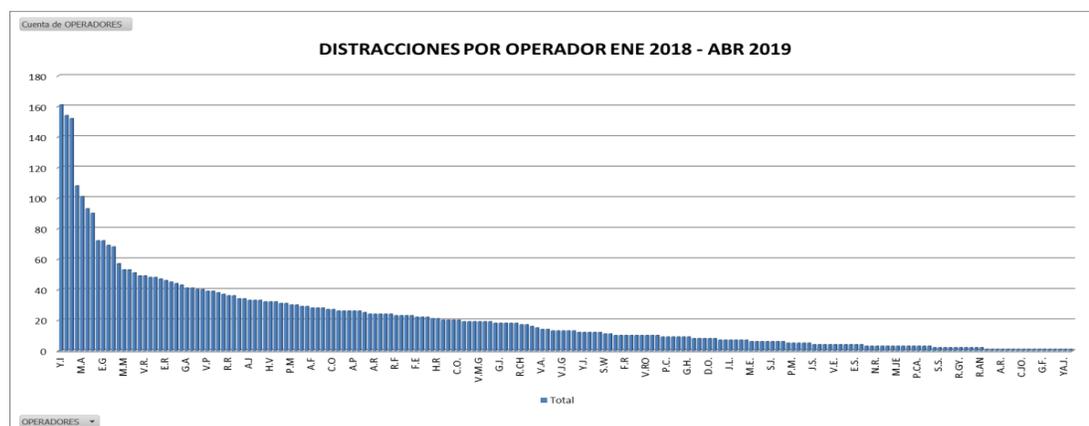


Figura 5, 23 Ranking de distracciones por operador, periodo enero 2018 - abril 2019.
Fuente: Elaboración propia.

Para este periodo se observa que los Señores Y.I. (161) y A.J. (154) son los que tiene la mayor cantidad de eventos por distracciones. Un total de 17 operadores solo han presentado 1 evento de distracción para este mismo periodo.

5.3.4. Frecuencia de distracciones por guardia (Turno Día, Turno Noche y Total) de Enero 2018 hasta Abril 2019.

Tabla 5, 24 FRECUENCIA DE DISTRACCIONES POR GUARDIA DURANTE EL TURNO DE DIA.

| Turno | Día | | |
|-----------------------------|----------------------|---------------|--|
| Cuenta de evento_calificado | Etiquetas de columna | | |
| GUARDIA | distraccion | Total general | |
| G1 | 484 | 484 | |
| G2 | 585 | 585 | |
| G3 | 626 | 626 | |
| G4 | 658 | 658 | |
| Total general | 2353 | 2353 | |

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 5, 24 Gráfica de distracciones por guardia turno de día.
Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 5, 25 FRECUENCIA DE DISTRACCIONES POR GUARDIA DURANTE EL TURNO DE NOCHE.

| Turno | Noche | |
|-----------------------------|----------------------|---------------|
| Cuenta de evento_calificado | Etiquetas de columna | |
| GUARDIA | distraccion | Total general |
| G1 | 251 | 251 |
| G2 | 612 | 612 |
| G3 | 393 | 393 |
| G4 | 540 | 540 |
| Total general | 1796 | 1796 |

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 5, 25 Gráfica de distracciones por guardia turno de noche.
Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 5, 26 FRECUENCIA DE DISTRACCIONES POR GUARDIA, PERIODO ENERO 2018- ABRIL 2019.

| Turno (Todas) | | |
|--|-------------|---------------|
| Cuenta de evento_calificado Etiquetas de columna | | |
| GUARDIA | distraction | Total general |
| G1 | 735 | 735 |
| G2 | 1197 | 1197 |
| G3 | 1019 | 1019 |
| G4 | 1198 | 1198 |
| Total general | 4149 | 4149 |

Fuente: Elaboración propia.

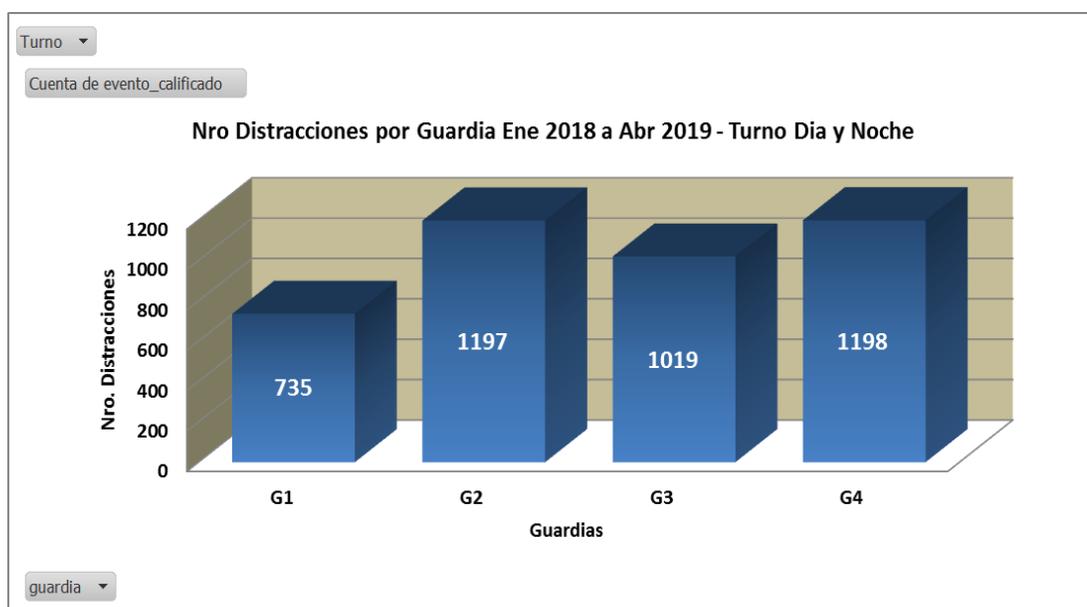


Figura 5, 26 Gráfica de distracciones por guardia, periodo enero 2018 a abril 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Las distracciones también fueron agrupadas por guardia, dando como resultado que la Guardia 1 solo tiene 735 distracciones siendo la guardia con menor frecuencia y la Guardia 2 y la Guardia 4 tienen la mayor frecuencia con 1197 y 1198 respectivamente.

5.3.5. Gráfica de frecuencia de distracciones por hora de trabajo.

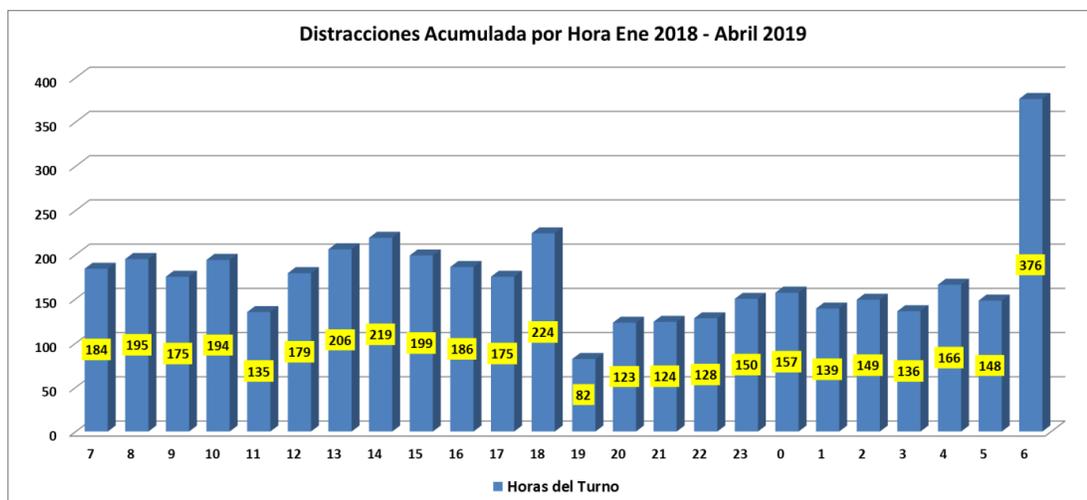


Figura 5, 27 Gráfica de frecuencia de distracciones totales por hora, periodo enero 2018 a abril 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Notamos que tanto la hora 6 y las 18 horas son las que tienen la mayor frecuencia en eventos de distracción con 376 y 224 eventos acumulados respectivamente. La razón es porque ambas horas representan el cambio de noche a día para las 6 horas y el cambio de día a la noche para las 18 horas. Otra de las razones es porque para ambas horas es la última hora de trabajo de los operadores de camión en la jordana tanto para el turno de día y de noche.

Se puede apreciar una tendencia menor de distracciones durante la noche que durante las horas del día. Las horas 11 y 19 son las que tienen la menor frecuencia de eventos por distracción. Las 11 horas es cuando empieza la hora del almuerzo y algunos equipos paran para que el operador **baje de su equipo** y pueda relevar posteriormente a los que falte almorzar. Las 19 horas es cuando los operadores entran en el turno de noche y hacen la

revisión de sus equipos **en piso** con la ayuda de linternas para poder visualizar cualquier anomalía en sus equipos y así poder realizar los reportes a mantenimiento. **Dichas horas en ambos casos no son al 100%**. Durante la noche no se trabaja con camionetas de supervisión del área de servicios técnicos.

5.4. Resultados de los Eventos obtenidos por Uso de Celular.

Se presentaron solo 10 eventos por uso de celular durante este periodo y se muestran a continuación:

Tabla 5, 27 EVENTOS DE CELULAR.

| Nro. Eventos de Celular por Fechas de Evento de Celular | Guardias | | | Total general |
|---|----------|----------|----------|---------------|
| | G1 | G2 | G3 | |
| 2018-02-22 | | | 1 | 1 |
| 2018-02-9 | | | 1 | 1 |
| 2018-03-14 | | | 1 | 1 |
| 2018-05-19 | | | 1 | 1 |
| 2018-05-30 | | | | 1 |
| 2018-05-6 | | 1 | | 1 |
| 2018-06-1 | | | 1 | 1 |
| 2018-06-27 | | | | 2 |
| 2018-08-21 | | | | 1 |
| Total general | | 1 | 5 | 4 |
| | | | | 10 |

*Nota: G1= Guardia 1. G2= Guardia 2, G3= Guardia 3, G4= Guardia 4.
Fuente: Elaboración propia.*

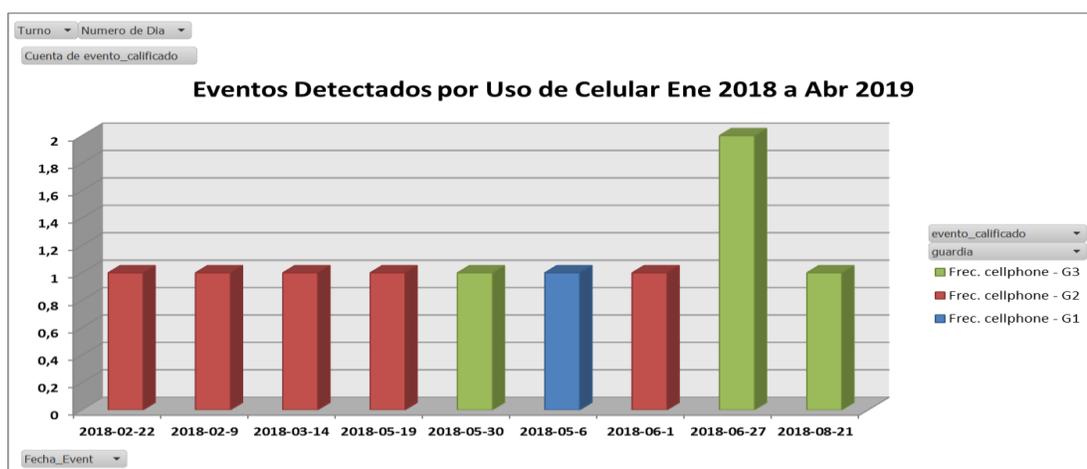


Figura 5, 28 Gráfica de eventos de celular.
Fuente: Elaboración propia.

Según la Política de Uso de Dispositivos electrónicos nos dice: **“Esta terminantemente prohibido el uso de celulares mientras se conduce u opera vehículos o equipos”**.

Además, también nos advierte lo siguiente: **“El incumplimiento de esta norma dará lugar a sanciones disciplinarias”**.



Política de Uso de Dispositivos electrónicos

*Figura 5, 29 Política sobre el uso del celular en la Unidad Minera RM.
Fuente: Unidad Minera RM.*

Desde el 21 de agosto del 2018 no se reportaron más eventos por uso de celular, esto es a que la empresa tuvo que tomar acciones disciplinarias severas que fueron tomadas como ejemplo para que esto no se vuelva a repetir. Todo esto en favor que nos cuidemos entre todos.

5.5. Resultado de los Eventos de Distracción mayor a los 10 segundos.

El sistema también clasifica a las distracciones con duración mayor a los 10 segundos, aquellas en donde el operador gira su cabeza al lado derecho o izquierdo por un tiempo mayor a los 10 segundos, es decir, falla en mirar la ruta en frente del equipo de acarreo.

Tabla 5, 28 DISTRACCIONES > 10 SEGUNDOS.

| Distracciones > 10 seg. | | Velocidad kph | | | | | | | | | | Total general | |
|---------------------------|------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|-----------|
| Tiempo (segundos)/ Fechas | | 14 | 16 | 17 | 18 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 26 | 27 | |
| 12 | | 1 | | 1 | | | | 1 | | | | | 3 |
| | 2018-08-10 | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| | 2018-11-11 | | | 1 | | | | 1 | | | | | 2 |
| 13 | | | 2 | | | 1 | | | | 1 | | | 4 |
| | 2018-08-22 | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| | 2018-11-11 | | 2 | | | | | | | | | | 2 |
| | 2019-02-8 | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| 14 | | | | 2 | | | | | | | 1 | | 3 |
| | 2018-09-7 | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| | 2018-11-7 | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | 2019-01-14 | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 15 | | | | | 1 | | 1 | | | | | 1 | 3 |
| | 2018-11-11 | | | | 1 | | 1 | | | | | 1 | 3 |
| 16 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | 2018-09-7 | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 17 | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| | 2018-11-11 | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 18 | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | 2018-11-7 | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| Total general | | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 16 |

Fuente: Elaboración propia.

Estos eventos fueron puntuales y a la vez solucionados al momento mediante la retroalimentación directa al operador. Aquí las razones que se encontraron llegaron desde cepillarse los dientes, buscar un lugar en la mina donde tenía que llegar el operador, hasta estar buscando alguna cosa u objeto perdido dentro de la cabina del camión o en el asiento del copiloto.

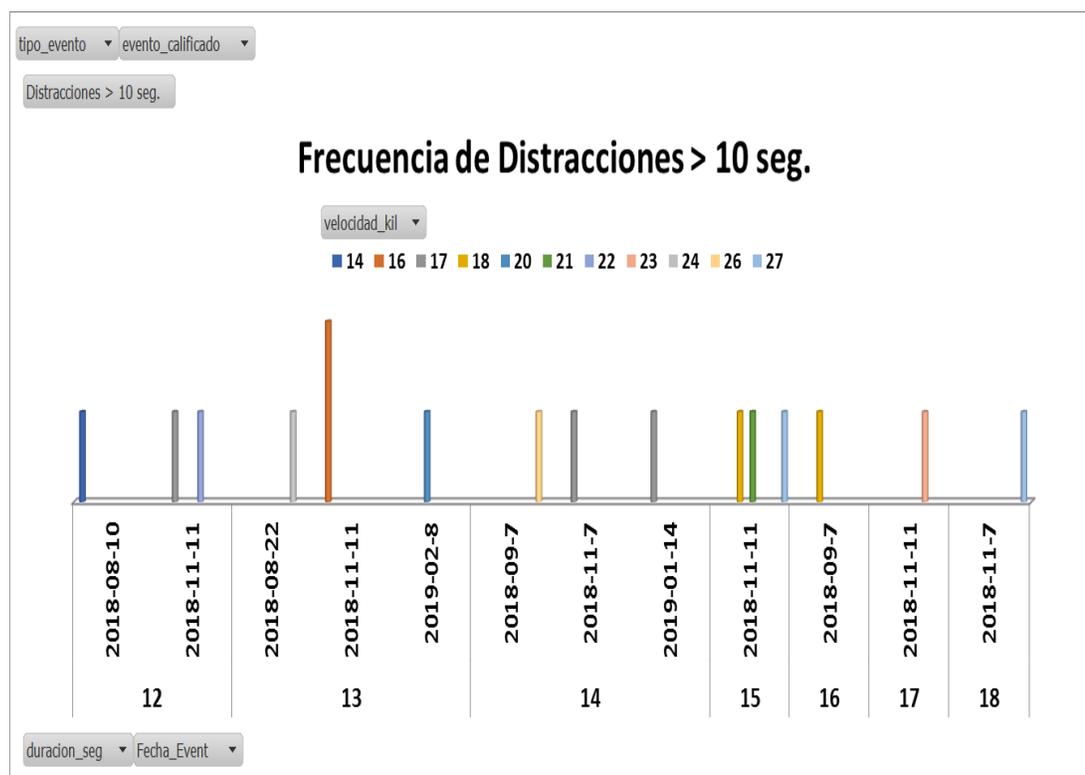


Figura 5, 30 Frecuencia de distracciones mayores a 10 segundos.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran solo 16 eventos de esta naturaleza entre los meses de agosto del 2018 y febrero del 2019. Solo un evento de mayor duración con 18 segundos a una velocidad de 27 km/hr. Tres eventos con duración de 12 segundos a velocidades de 14, 17 y 22 km/hr. Desde el 8 de febrero del 2019 no se registraron más eventos de distracción mayores a los 10 segundos. La concientización y charlas sobre el riesgo que significa manejar teniendo la mirada a otro lado que no sea de frente fueron de suma importancia para contrarrestar estos eventos.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN CON LA HIPÓTESIS

El análisis de los resultados es el siguiente:

Para los eventos de Micro Sueño: Se obtuvo que la mayor cantidad de eventos por micro sueño se dio en el turno de noche con un 64.91% y en el turno de día con 35.09%, la diferencia es clara y se evidencia que nuestro organismo está diseñado para trabajar en el día y en la noche es para descansar, aquí el descanso en el día es importante para poder enfrentar el turno de noche.

En los primeros meses de instalación del sistema “Guardvant” se obtuvo un número alto de eventos por micro sueño, esto es debido a la adecuación por parte de los operadores de camión a la nueva medida de control. Sin embargo, el mes de diciembre se obtuvo una alta frecuencia de micro sueños ya que en este mes se celebran diversos tipos de actividades relacionados por las fiestas de Navidad y Año Nuevo.

Las últimas horas previas al cambio de guardia tanto a las 6:00 a.m. y las 18:00 p.m. se puede apreciar una alta frecuencia de micro sueños, esto obedece también a que

muchos de operadores ya llevan más de 10 horas al volante manejando el camión de acarreo de forma continua y solo han descansado 1 hora para su relevo.

Los días Jueves por ser el primer día de trabajo tiene también una alta frecuencia de eventos de micro sueño ya que los operadores están en un proceso de ambientación a la altura, a los turnos de día y noche, etc. Esta frecuencia va disminuyendo conforme van pasando los días.

Las bajas velocidades entre 10 km/hr y 20 km/hr están fuertemente ligados a los eventos de micro sueño y es porque cuando el camión termina de cargar y se dirige a su destino, tiene que salir de las partes bajas del tajo para poder descargar en los niveles superiores, estas velocidades son lentas cuesta arriba y por lo mismo el trayecto se hace largo y tedioso.

Se identificó también que la Guardia 1 es la que tiene la menor frecuencia de micro sueño respecto de las otras guardias, aquí las capacitaciones, el seguimiento y el soporte por parte de la supervisión para contrarrestar estos eventos de micro sueño juega un rol importante y así poder identificar las razones y poder tomar las medidas correctivas.

El análisis de eventos de micro sueño por hora del día nos da como resultado que las horas con mayor frecuencia, sobre los 100 eventos acumulados en este periodo y van en orden descendente, son las 04:00 , 05:00, 03:00, 06:00 , 01:00, 02:00 y las 00.00 y las que están con frecuencia de entre 50 y 99 eventos son en orden descendente las 14:00 , 13:00 , 12:00 , 16:00, 18:00, 15:00, 22:00 , 23:00 y las 08:00 y las que están por debajo de los 50 eventos de frecuencia son las 07:00 ,17:00 , 21:00,11:00 ,10:00 , 20:00 , 09:00 y 19:00.

Para los eventos de distracción y uso de celular: La mayor cantidad de ellos tienen una duración de entre 4 a 8 segundos, muchos de ellos relacionados con el giro de la cabeza hacia abajo que hacen los operadores para mirar sus tableros de control del camión o su pantalla “dispatch” para verificar su asignación. Los que están mayores a 8 segundos se le han encontrado al operador comiendo con una mano y con la otra manejando, o sino tomando una botella de agua y algunos casos leyendo.

Además, como se mencionó en el capítulo V en los resultados, la mayor cantidad de distracciones se presentaron en el turno de día primero a causa de la presencia de mayores equipos livianos (supervisión de mina y empresas contratistas) en el campo y segundo porque en el día la visibilidad es mayor y la atención de los operadores de camión es total.

El uso del celular se pudo observar en 10 oportunidades en donde claramente el operador saca su dispositivo para ver algún tipo de información, pero de inmediato es alertado por el sistema para que deje de hacerlo. Las medidas que tomó la empresa fueron disciplinarias y de inmediato esto tuvo repercusión en el personal y fue tomado de buena forma porque entendieron muy bien cuál es la finalidad de no usar el celular durante la conducción.

Por otro lado, las distracciones mayores a 10 segundos se lograron detectarlo en 16 oportunidades y que fueron solucionadas al instante mediante la retroalimentación al operador. Las causas son varias desde cepillarse los dientes, buscar un lugar en la mina donde tenía que llegar el operador, hasta estar buscando alguna cosa u objeto perdido dentro de la cabina del camión.

Haciendo una discusión con la investigación que hizo (Rey de Castro & Rosales - Mayor, 2010) , en donde hizo una clasificación del tipo B si el periodista describía al menos dos criterios en cual ocurrían los accidentes y fueron divididos por intervalos de horas 01:00 – 06:00 horas y 13:00 – 15:00 horas, con respecto a los resultados obtenidos en esta tesis tenemos que para el primer rango de horas se obtuvo 1027 eventos de micro sueño ocurrieron durante este periodo y representa el 49.78% del total y para el segundo rango de horas se obtuvo 235 eventos de micro sueño haciendo un 11.39% del total . La suma de ambos eventos resulta en total 1262 eventos que representa un 61.17% del total. Con el primer intervalo de horas se ha encontrado bastante igualdad con el estudio realizado por (Rey de Castro & Rosales - Mayor, 2010) en la ocurrencia de eventos de micro sueño para el segundo intervalo de horas que representa las horas del día y en especial que son horas luego del almuerzo también encontramos igualdad en los resultados. Con estos resultados reafirmamos el estudio que hizo Rey de Castro & Rosales a los conductores de buses interprovinciales.

Y si además hacemos una discusión con el estudio que hicieron (Guevara & Lopez, 2016) , encontramos que los primeros meses en que el sistema antifatiga estaba instalado se presentaba una mayor frecuencia de micro sueño debido a la adecuación de los operadores de camión a este nuevo control.

En cuanto al porcentaje de eventos por turno se tiene que (Guevara & Lopez, 2016) obtuvo para el día y la noche 40% y 60% respectivamente y (Ramos, 2019) obtuvo para el día y la noche 35.09% y 64.91% respectivamente. También (Guevara & Lopez, 2016) encontró que en las 06:00 horas la mayor cantidad de eventos ocurridos a diferencia de

(Ramos, 2019) en donde encontró que la mayor cantidad de eventos suceden a las 04:00 horas.

Respecto a las experiencias que se han evidenciado en otras unidades mineras en el mundo coincido que el sistema antifatiga es una solución óptima para el desarrollo y gestión de la fatiga, somnolencia y distracción en la mina. Realizar mensajes de seguridad en las horas críticas sobre todo en los turnos de noche, como en la Mina Los Filos (Anexo 2), ayuda a subir el nivel de alerta de los operadores de camión.

Finalmente, según los resultados encontrados en esta tesis podemos contestar nuestra hipótesis en donde afirmamos que: ***“Si es viable la aplicación del sistema antifatiga Guardvant para la prevención de accidente con camiones de acarreo en la Unidad Minera RM”.***

CONCLUSIONES

- Se concluye que las horas de mayor frecuencia de los eventos por micro sueño están entre las 02 y 05 am de la madrugada y entre las 13 y 18 horas.
- Se concluye que los primeros días de labores de la semana tanto en el turno de día como el de noche tienen la mayor frecuencia de los eventos por micro sueño.
- Se concluye que durante los turnos de noche la frecuencia de eventos de micro sueños es mayor que en turno de día. Pero que aun así debemos de estar alerta en todo momento así sea de turno de día.
- Se concluye que la mayor frecuencia de los eventos por micro sueños está fuertemente ligados a las velocidades bajas, que es cuando el camión está lleno, subiendo las rampas. Al ser la velocidad lenta el trayecto o la ruta se hace más largo y tedioso.
- Se concluye que los accidentes ocurridos en años anteriores, obedece a un incumplimiento a la norma, si estamos fatigados o con somnolencia y no hemos descansado bien, se debe de reportar a su supervisor inmediato para que este tome los controles de forma inmediata.

- Se concluye además que los accidentes por distracciones, en los años anteriores, se debe mucho a la falta de concentración del operador por no tomar las precauciones durante la conducción del camión.
- Se concluye de las entrevistas que se tuvo con los operadores, cuando se presentaron eventos críticos y moderados, que algunos venían al trabajo luego de los días libres con medicación recetada por médicos, los operadores no informaban a sus médicos de la tarea que realizaban en la mina, el cual es el manejo de equipo pesado. Estas recetas tenían contraindicaciones de usarla si se iba a operar o conducir algún vehículo.

También se pudo obtener información de estas mismas entrevistas que aquellos operadores con una duración de descanso de entre 3 a 5 horas o menos de 6 horas, estaban expuestos a que en algún punto de la noche o del día presenten un evento de micro sueño. Si las horas de descanso son intermitentes o interrumpidas como por ejemplo, pararse para ir al baño, también era causa para presentar algún evento de micro sueño. Ya que luego de interrumpir el sueño ya no es tan fácil para muchos volver a retomarlo. Otros manifestaban la falta de sueño a factores psicosociales que no los dejaban descansar o conciliar el sueño, entre estos podemos citar: las deudas que tienen pendientes, problemas con los negocios familiares, discusiones con él o la conyugue, preocupaciones por la salud de un familiar, expectativas por saber si van a renovar contrato, etc.

- Se concluye que aquellos operadores que subían con alguna molestia, sea gripe, dolor de columna, dolor de cabeza, gastritis también estaban expuestos a que presenten algún evento de micro sueño durante el turno.

- Se concluye que el comer almuerzos muy contundentes, con bastante contenido de carbohidratos, también era causa de la aparición de los eventos de los micro sueños durante horas de la tarde en el turno de día.
- Se concluye que las distracciones en el turno de día tuvieron un mayor reporte que las distracciones de noche. Esto es a que durante el turno de día la visibilidad es mayor y las tareas realizadas por otras áreas o contratistas en su camino del operador de camión hacen que voltee la mirada. Se identificó también que las distracciones son mayores los primeros 4 días de la guardia y que van disminuyendo los últimos 3 días. Y por último el sistema nos dio como resultado que la última hora tanto de turno de día como de noche las distracciones aumentan.
- Se concluye que los eventos reportados por uso de celular fueron claramente eliminados ya que la empresa tomo medidas disciplinarias contra estas acciones y quedo como ejemplo para todos. Desde el mes de agosto del 2018 no se registra más eventos por uso de celular.
- Las distracciones clasificadas como mayores a los 10 segundos tuvieron una incidencia de solo 16 eventos y desde febrero del año 2019 no se reportaron más eventos de esta naturaleza. El sensibilizar a los conductores sobre el riesgo de manejar distraído puede ocasionar serios daños. Estas charlas de retroalimentación constante fueron tomadas a bien por los conductores porque entendieron muy bien el objetivo.
- El mes de diciembre del 2018 fue el mes que reporto la mayor cantidad de micro sueños siendo estos 210 eventos y coincidentemente la mayor cantidad de

distracciones con un reporte de 604 eventos. Aquí es cuando este mes en particular; por motivos de las Fiestas de Navidad y Año Nuevo; la supervisión debe tener mayor cuidado y control con el seguimiento del personal. En conclusión, las barreras deben ser más estrictas, los mensajes y la retroalimentación a los operadores y supervisión sobre la fatiga, somnolencia y distracción debe ser más clara. *“Si nos sentimos cansados, fatigados o estamos desconcentrados, PARAMOS el equipo y avisamos a nuestro supervisor inmediato”*

- Se puede notar también claramente como los eventos de micro sueño identificados por el sistema “Guardvant” reportaban un alto índice de frecuencia cuando estos eran instalados en nuevos camiones de acarreo, esto nos hace ver que la fatiga u somnolencia en los choferes de estos equipos siempre estaba presente pero que también con el paso del tiempo y cada mes que pasaba, los eventos de micro sueño iban disminuyendo. Con esto concluimos que como seres humanos todo cambio nos saca un poco de nuestra zona de confort, pero nos hace ver que somos capaces de adaptarnos, aceptarlos y tomarlos como nuestros los nuevos controles que están para salvar vidas. Todo cambio tiene su proceso.
- En conclusión, el sistema de monitoreo antifatiga “Guardvant” es una muy buena herramienta de control contra el sueño, fatiga y distracción en el manejo de camiones de acarreo de material. Desde el año 2017 hasta la actualidad no se ha reportado ningún accidente por fatiga, somnolencia y distracción.

- El realizar capacitaciones de esta herramienta; para poder sensibilizar al personal; fue de mucha ayuda para así realizar un cambio contundente en el comportamiento y en la actitud de los operadores del área de operaciones mina.

RECOMENDACIONES

- Los controles que se recomienda para evitar tener algún accidente por fatiga, somnolencia o distracción son los siguientes:

a). Se recomienda que luego de cada 2 o 3 horas de manejo durante el turno, el operador de camión debe de realizar una “Pausa Activa” que comprende en salir de la cabina del camión, hacer un poco de estiramiento físico con las extremidades, para así poder oxigenarse, también puede bajarse del camión y revisar su equipo dándole la inspección 360 o “vuelta del gallo”, de esta forma también se oxigena. Abrir las puertas de la cabina para que entre aire fresco y así el ambiente de trabajo este ventilado. Luego y en coordinación con control mina retoma su tarea.

b). Si durante el turno, el operador se siente fatigado o con somnolencia se recomienda que se debe avisar a su supervisor inmediato para pedir un cambio u relevo y parar el equipo de inmediato.

c). Se recomienda que durante las horas previas al descanso no se ingiera alimentos muy pesados que dificulten su digestión durante las horas de sueño. Así como también no tomar bebidas que contengan cafeína pues activan y estimulan al cuerpo a estar

despiertos. Se recomienda también no beber muchos líquidos antes de dormir ya que horas más tarde durante el descanso nos veremos obligados a ir a los servicios interrumpiendo y cortando el sueño.

d). Se recomienda que el ambiente de descanso debe ser el adecuado y fresco para que no dificulte las horas de sueño.

e). Antes de dormir no se debe hacer el uso de celular con la luz apagada, esto es a razón que nuestro cerebro se ve estimulado a estar alerta ya que detecta la luz que emite la pantalla de los celulares, y no nos ayuda a conciliar el sueño.

f). Si presentamos alguna dolencia en nuestro cuerpo es mejor ir de inmediato al centro médico para la evaluación con el especialista. Esto es muy importante y es un deber informar al médico de turno sobre la tarea que realizamos en nuestro trabajo.

g). Las horas de descanso ideal para poder estar óptimos en nuestras labores es de 6 a 8 horas para poder rendir las 12 horas de trabajo que es lo que dura cada turno.

h). Si por algún motivo no se ha podido dormir, el operador debe de reportar a su supervisor inmediato para que este tome los controles respectivos.

- Si el sistema identifica un evento de micro sueño bajo es mejor parar el camión y llevar a descansar al operador ya que de no hacerlo esto podría convertirse en un evento moderado o crítico.
- Otro control que se tiene por parte de la empresa y que se puede implementar en otros centros de trabajos es el realizar “exámenes de oximetría” a los operadores que presenten eventos críticos. Este examen ayuda a los operadores a tener conocimiento de su nivel de saturación de oxígeno en la sangre, así como también

mediante el pulso se puede medir su frecuencia cardiaca durante sus horas de sueño. Todo esto para descartar los fenómenos por apnea del sueño. De salir la prueba positiva, los colaboradores son enviados al “Instituto del Sueño Hypnos” para pasar el examen de “polisomnografía” y medir más a detalle la calidad del sueño. Revisar anexos 1 y 2.

- Durante las horas de turno de noche se implemente los mensajes de seguridad cada 20 a 30 minutos entre todos los operadores de equipo pesado y liviano para así crear un estado de alerta y conciencia para cuidarnos los unos a los otros como equipo de trabajo. Estos mensajes deben estar entre las 00:00 horas y 06:00 horas y deben ser liderados por el Jefe de Guardia Mina.
- Si algún operador de camión sube a la operación minera en un día posterior a su día de entrada normal, se recomienda que no opere los equipos pesados solo durante ese mismo día que subió y que apoye en cualquier otra actividad de carácter administrativa en oficinas mina, en servicios técnicos o servicios auxiliares, ya que el viaje que realizo durante la noche y parte de la mañana para llegar al centro de trabajo lo ha desgastado física y mentalmente. De lo contrario estará expuesto a que pueda pasar algún accidente por causas de la fatiga u somnolencia.
- Se sugiere la implementación del Sistema “Guardvant” en otras unidades mineras para así evitar más accidentes por fatiga, somnolencia y distracción. Es una herramienta muy útil y que ayuda al operador a tomar conciencia sobre lo

importante que es descansar bien, así como también reportar todo síntoma de fatiga y somnolencia.

- Se recomienda la implementación de este sistema u otro alterno en el mercado, a todas las empresas de transporte interprovincial de personas en nuestro territorio peruano, ya que cada año las víctimas vinculadas a estas tragedias en las carreteras de nuestro país van en aumento.

BIBLIOGRAFIA

- 1.ACHS 1, A. C. (2013). *Portal de la Asociación Chilena de Seguridad*. Recuperado el Marzo de 2019, de Los Medicamentos y Los Efectos en la Conducción.: https://www.achs.cl/portal/Comunidad/Documents/Ficha_Tecnica_Medicamentos_y_Conduccion_.pdf
- 2.ACHS 2, A. C. (2013). *Portal de la Asociación Chilena de Seguridad*. Recuperado el Marzo de 2019, de Como evitar la fatiga y la somnolencia.: https://www.achs.cl/portal/Comunidad/Documents/Ficha_Tecnica_Fatiga.pdf
- 3.APUNTES REVISTA DIGITAL DE ARQUITECTURA. (15 de Febrero de 2011). Obtenido de <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2011/02/el-ciclo-circadiano-y-la-iluminacion.html>
- 4.Área de Entrenamiento Mina, O. M. (2017). *Inducción y Orientación en el Área de Trabajo de Operaciones Mina y Servicios Técnicos*. Quiruvilca: Presentación PPT elaborada por el Área de Entrenamiento Mina.
- 5.Brandt, T., Stemmer, R., Mertsching, B., & Rakotonirainy, A. (2004). Affordable visual driver monitoring system for fatigue and monotony. *International Conference on Systems, Man and Cybernetics - IEEE* (págs. 6451-6456). SMC '04.
- 6.Cartagena, R. (2016). *Portal web de Ortodoncia Funcional*. Recuperado el Julio de 2019, de Apnea Obstructiva del sueño.: <https://www.ortodonciafuncional.es/apnea-obstructiva-del-sueno/>

7. Centro para el Control y la Prevencion de Enfermedades. (15 de Mayo de 2015). *Centro para el Control y la Prevencion de Enfermedades*. Obtenido de https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/bmi/adult_bmi/index.html
8. CODELCO, D. C. (2012). *Portal web de CODELCO - www.codelco.com*. Recuperado el Abril de 2019, de Sistema Detector de Somnolencia "DSS": https://www.codelco.com/flipbook/innovacion/codelcodigital6/PDF_PRESENTACIONES/dia-miercoles/7%20Codelco%20Sistema%20Somnolencia%20en%20mina%20ENMIS.pdf
9. Craig, A., & Saroj K. L., L. (2001). A critical review of psychophysiological of driver fatigue. En *Biological Psychology* (págs. 173 -194). Sydney: ELSEVIER.
10. El Pais Online. (12 de Septiembre de 2016). Obtenido de <https://www.elpaisonline.com/index.php/noticiastarija/item/228981-incrementa-accidentes-por-uso-del-celular-al-conducir>
11. EuroTaller. (13 de Enero de 2017). *Portal web de EuroTaller*. Recuperado el Setiembre de 2019, de <https://www.eurotaller.com/noticia/que-son-los-microsuenos-y-cuales-son-sus-peligros-al-volante>
12. Evans, L., Miranda, H., & Scholey, B. (21 de Marzo de 2016). *Portal web de MINING NEWS*. Recuperado el Junio de 2019, de Technical report on the LN Mine, La Libertas region, Peru: https://www.miningnewsfeed.com/reports/LagunasNorte_Technical_Report_03212016.pdf

13. Flores Calero, M. (Septiembre de 2009). *Portal web de la Universidad Calor III de Madrid*. Recuperado el Mayo de 2019, de Sistema avanzado de asistencia a la conducción mediante visión por computador para la detección de la somnolencia.: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/5678#preview>
14. FUNDACIÓN CEA 1, C. E. (Julio de 2015). *Portal web de la Fundación CEA*. Recuperado el Marzo de 2019, de El sueño y la fatiga en la conducción ¿Cuáles son los hábitos de los conductores españoles? Informe sobre la influencia y el sueño en la conducción. pp. 19 - 20.: <https://www.fundacioncea.es/np/pdf/estudio-somnolencia-al-volante.pdf>
15. FUNDACIÓN CEA 2, C. E. (Julio de 2015). *Portal web de la Fundación CEA*. Recuperado el Marzo de 2019, de El sueño y la fatiga en la conducción ¿Cuáles son los hábitos de los conductores españoles? Informe sobre la influencia de la fatiga y el sueño en la conducción. pp. 21 - 22.: <https://www.fundacioncea.es/np/pdf/estudio-somnolencia-al-volante.pdf>
16. FUNDACIÓN CEA 3, C. E. (Julio de 2015). *Portal web de la Fundación CEA*. Recuperado el Marzo de 2019, de El sueño y la fatiga en la conducción: ¿Cuáles son los hábitos de los conductores españoles? Informe sobre la influencia de la fatiga y el sueño en la conducción. pp. 22 - 25.: <https://www.fundacioncea.es/np/pdf/estudio-somnolencia-al-volante.pdf>
17. FUNDACIÓN CEA 4, C. E. (Julio de 2015). *Portal web de la Fundación CEA*. Recuperado el Marzo de 2019, de El sueño y la fatiga en la conducción: ¿Cuáles son los hábitos de los conductores españoles? Informe sobre la influencia de la

fatiga y el sueño en la conducción. pp. 25 - 28.:
<https://www.fundacioncea.es/np/pdf/estudio-somnolencia-al-volante.pdf>

18.FUNDACIÓN CEA 5, C. E. (Julio de 2015). *Portal web de la Fundación CEA*.

Recuperado el Marzo de 2019, de El sueño y la fatiga en la conducción: ¿Cuáles son los hábitos de los conductores españoles? Informe sobre la influencia de la fatiga y el sueño en la conducción. pp. 29 - 30:
<https://www.fundacioncea.es/np/pdf/estudio-somnolencia-al-volante.pdf>

19.FUNDACION CEA 6, C. E. (2018). *Portal web de la Fundación CEA*. Recuperado el

Agosto de 2019, de Distracciones al volante, principal causa de accidentes mortales.: <https://www.cea-online.es/blog/460-distracciones-al-volante-principal-causa-de-accidentes-mortales>

20.García Daza, I. (2011). *Portal Biblioteca Nacional de la Universidad de Alcala -*

España. Recuperado el Marzo de 2019, de <https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/16621/main.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

21.Grandjean, E. (1979). Fatigue in Industry. *British Journal of Industrial Medicine*, 175-186.

22.Guardvant, O. (2015). *Portal web de Guardvant*. Recuperado el 2019, de Manual de Usuario de la aplicación OpWeb.: <http://www.guardvant.com>

23.Guevara, J. C., & Lopez, C. J. (2016). *Implementación del sistema antifatiga Guardvant para la prevención de accidentes laborales en el área de operaciones Mina de la Unidad Minera Cujone - Moquegua*. Recuperado el 2019, de

Universidad Tecnológica del Perú UTP - Facultad de Ingeniería.:
http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/860/6/Jose%20Tong_Crystian%20Vigil_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional_Titulo%20Profesional_2017.pdf

- 24.Hermilio Esparzalara. (01 de Agosto de 2013). *Slide Share*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/hermiloesparzalara/fatigue-kills>
- 25.IPN, I. (2017). *INSTITUTO PERUANO DE NEUROCIENCIAS*. Recuperado el 2019, de <http://ipn.pe/servicios/polisomnografia/>
- 26.Jimenez Moreno 1, R. (2011). *Portal de la Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el Marzo de 2019, de Sistema de Detección de Nivel de cansancio en conductores mediante técnicas de visión por computador.p. 4.: <http://bdigital.unal.edu.co/6239/1/299970-2011.pdf>
- 27.Jimenez Moreno 2, R. (2011). *Portal de la Universidad Nacional de Colombia - www.bdigital.unal.edu.co*. Recuperado el Marzo de 2019, de Sistema de Detección de Nivel de cansancio en conductores mediante técnicas de visión por computador.pp. 4 - 8.: <http://bdigital.unal.edu.co/6239/1/299970-2011.pdf>
- 28.LeasePlan. (Noviembre de 2016). *Portal de LeasePlan*. Recuperado el Marzo de 2019, de Fatiga al Volante: Causas , efectos y riesgos.: <http://www.leaseplango.es/blog/seguridad-vial/fatiga-al-volante-causas-efectos-riesgos/>
- 29.Liang, Y., Reyes, M., & J. D., L. (Junio de 2007). *Portal web de ACM DL Digital Library*. Recuperado el Mayo de 2019, de Real Time Detection of Driver

Cognitive Distraction Using Support Vector Machines, Published in Journal IEE Transactions on Intelligent Transportation Systems - Volume 8 Issue 2:
<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2218854>

- 30.LN, U. (2007). *Proyecto Vigilancia de EMNS*. Programa Laboral de Desarrollo.
- 31.Martinez, C. (2017). *Peru 21*. Recuperado el Noviembre de 2019, de "El 79% de conductores en Lima usa su celular mientras maneja".: <https://peru21.pe/lima/el-79-de-conductores-en-lima-usa-su-celular-mientras-maneja-noticia/>
- 32.MENA, D. M. (Julio de 2017). *DOCPLAYER*. Obtenido de DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA DETERMINAR CONDICIONES DE FATIGA EN UNA PERSONA MEDIANTE EL ÍNDICE PERCLOS, UTILIZANDO OPEN CV Y UNA TARJETA RASPBERRY PI 3 : <https://docplayer.es/95660410-Escuela-politecnica-nacional.html>
- 33.MINING MAGAZINE 1, A. I. (2016). *Portal web de MINING MAGAZINE USA*. Recuperado el Abril de 2019, de Newmont opts for Guardvant Solutions.: <https://www.miningmagazine.com/sustainability/news/1263545/newmont-opts-guardvant-solutions>
- 34.MINING MAGAZINE 2, A. (2016). *Portal web de MINING MAGAZINE USA*. Recuperado el Abril de 2019, de OpGuard helps Goldcorp prevent accidents.: <https://www.miningmagazine.com/fleet/news/1262746/opguard-helps-goldcorp-prevent-accidents>

35. MINING MAGAZINE 3, A. I. (2015). *Portal web de MINING MAGAZINE USA*. Recuperado el Abril de 2019, de Caterpillar launches 24/7 fatigue monitor.: <https://www.miningmagazine.com/sustainability/news/1262253/caterpillar-launches-fatigue-monitor>
36. Navarro, F. (Marzo de 2016). *Portal Revista Digital*. Recuperado el Marzo de 2019, de INESEM: <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/la-fatiga-laboral/>
37. NICHD. (9 de Julio de 2018). *National Institute of Neurological Disorders and Stroke*. Obtenido de <https://espanol.nichd.nih.gov/salud/temas/sleep/informacion/circadianos>
38. Nilsson, T., Thomas M, N., & Carlson, D. (1997). Development of Fatigue Symptoms During Simulated Driving. *Accid. Anal. and Prev. Vol 29*, 479-488.
39. NONIN. (14 de Setiembre de 2018). *Guia del usuario NVISION. Software de gestion de datos de pulsioximetria Version 6.4. Español*. Obtenido de DocPlayer: <https://docplayer.es/80603500-Guia-del-usuario-nvision-software-de-gestion-de-datos-de-pulsioximetria-version-6-4-espanol.html>
40. Revista ENERGIMINAS de Perú, R. (2018). *Portal web de la Revista ENERGIMINAS de Perú*. Recuperado el Abril de 2019, de Compañía Minera Antamina instalará sistemas antifatigas en sus 120 camiones mineros.: <https://www.energiminas.com/compania-minera-antamina-instalara-sistemas-antifatiga-guardvant-en-sus-120-camiones-mineros/>
41. Rey de Castro, J., & Rosales - Mayor, E. (Junio de 2010). *Portal Scielo*. Recuperado el Febrero de 2018, de

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342010000200012&lng=es&nrm=iso

42. RM, U. M. (2019). *Portal web de Unidad Minera RM*. Recuperado el Junio de 2019, de Presencia de Unidad Minera RM en el Perú: <https://www.barrick.com/Spanish/presencia/peru/default.aspx>
43. U. Complutense Madrid. (Febrero de 2013). *Portal Universidad Complutense Madrid*. Recuperado el Marzo de 2019, de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2013-02-18-1-FATIGA%20LABORAL.%20CONCEPTOS%20Y%20PREVENCIÓN.pdf>
44. UPC, U. (Julio de 2017). *Portal Prevencionar - Lo Primero tu Seguridad*. Recuperado el Marzo de 2019, de <http://prevencionar.com.pe/2017/07/31/la-fatiga-laboral/>
45. Useche Mora, L. G. (2008). *Portal Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el Marzo de 2019, de Revista Avances en Enfermería: <http://www.bdigital.unal.edu.co/20538/1/16689-52246-1-PB.pdf>
46. Valbuena, V., & Cordova, V. (2007). *Portal de ASIQUM - www.achs.cl*. Recuperado el Marzo de 2019, de Boletín Técnico de Ergonomía ISSN 0718-4700: http://www.asiquim.com/asiquim2/documentos/achs2015/BoletinACHSConducciondevehiculosFatiga_1.pdf
47. Vazques, R. (27 de Marzo de 2017). *Portal web de Prevencionar.com - "lo primero tu seguridad"*. Recuperado el Mayo de 2019, de La teoría de la causalidad de Frank Bird.: <https://prevencionar.com/2017/03/27/la-teoria-la-causalidad-frank-bird/>
48. Williamson, A., Feyer, A.-M., & Friswell, R. (1996). The Impact of Work Practices on Fatigue in Long Distance Truck Drivers. *Accid. Anal. Prev. Vol 28*, 709-719.

49. Wylie, D., & Hartley, L. (1998). Study of Commercial vehicle driver rest periods and recovery of performance in an operational environment. En *Managing Fatigue in Transportation*. (págs. 119 - 165). Oxford: Laurence Hartley.

ANEXOS

**ANEXO N°1: RESUMEN DE LOS ACCIDENTES OCASIONADOS POR FATIGA
U SOMNOLENCIA Y DISTRACCIÓN EN LA UNIDAD MINERA RM.**

1. Camión Komatsu 730 E Nro. 15 pierde el equilibrio.

| Fecha | Hora | Lugar | Clasificación |
|--------|-------|--------------------|---------------|
| oct-14 | 13:20 | Poza Sedimentadora | DP |

Descripción: Siendo las 13:20 aproximadamente se asigna operador al camión n°15 este sube a su equipo y se dirige a la pala n°01 donde carga y se dispone hacia el frente de descarga, cuando en el camino en el trayecto, el tapasol de sus equipos vibra con el tránsito del equipo el operador busca acomodarlo e ingresa a la cuneta presionando el retardo y entra a la pequeña poza de sedimentación, averiando el lado izquierdo frontal de su equipo.

Diagnóstico: Operador Ileso

Daños Materiales: Daños en la parte inferior del camión.

Causas: Distracción por parte del operador por querer acomodar el tapasol mientras se realiza la tarea de conducir.

Costos: \$ 15,000.00

**2. Camión Komatsu 730E Nro. 04 impacta con Camión Komatsu 730E Nro. 18 en
Haul Road en ruta a la descarga.**

| Fecha | Hora | Lugar | Clasificación |
|--------|-------|---------------|---------------|
| feb-15 | 04:50 | Descarga 4145 | PFI |

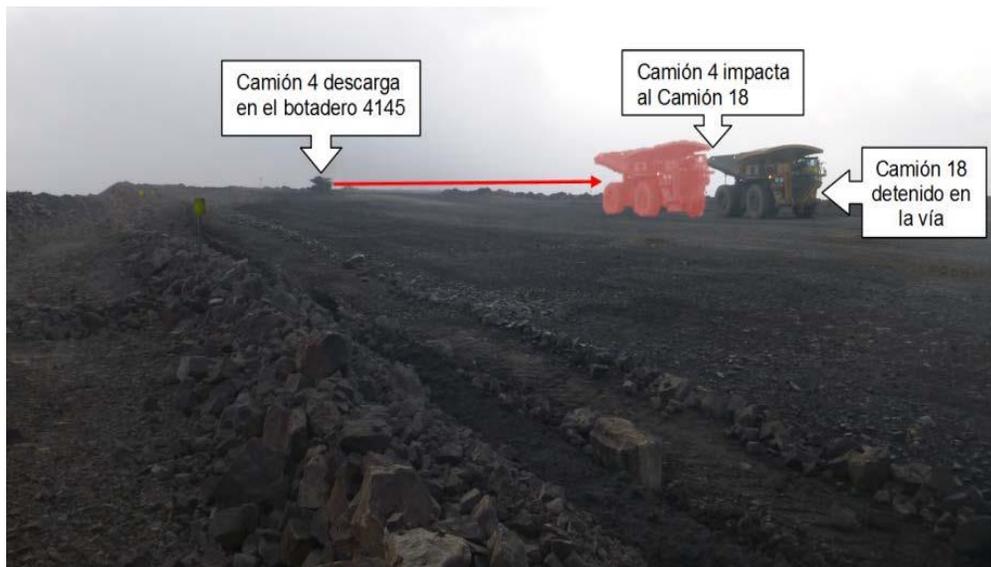
Descripción: Camión Nro. 04 impacta contra el camión Nro. 18 estacionado en la vía. La tolva ingresa a la cabina causando daños a la baranda, rompiendo el parabrisas y causando daños a la estructura de la cabina. El trabajador sufre un corte en un dedo de la mano.

Diagnóstico: Herida superficial en la falange media del 3er dedo de la mano izquierda.

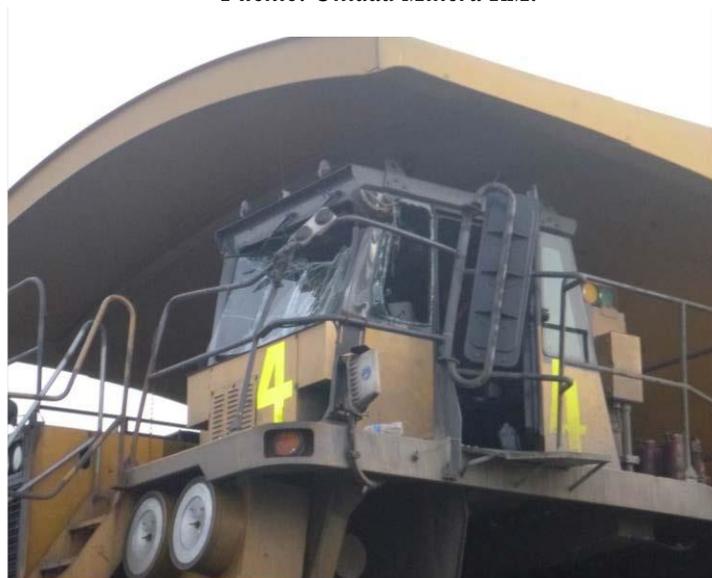
Daños Materiales: Daños en la estructura de la cabina del camión.

Causas: Fatiga por parte del operador de Camión 4.

Costos: \$ 152,550.00



*Figura A1, 1 Recreación evento 2.
Fuente: Unidad Minera RM.*



*Figura A1, 2 Daños en la cabina del camión.
Fuente: Unidad Minera RM.*

3. Colisión de Camión Komatsu 730 E Nro. 8 con el Nro. 5.

| Fecha | Hora | Lugar | Clasificación |
|--------|-------|------------|---------------|
| jun-15 | 20:30 | Nivel 4000 | HP |

Descripción: El camión 730E N° 5 se encontraba estacionado detrás del camión Komatsu 730E N° 8 debido a que el Cargador WA1200 N° 4 estaba siendo revisada por mantenimiento. En ese momento ingresa a la zona una cisterna para regar delante del camión 8, el operador de este camión Nro. 8 decide retroceder para darle más espacio a la cisterna y choca la cabina del camión Komatsu 730e Nro. 5.

Diagnóstico: Operador ileso.

Daños Materiales: Daños en la estructura del Camión 5.

Causas: Distracción.

Costos: \$ 137,325.00.



*Figura A1, 3 Evento 3.
Fuente: Unidad Minera RM.*



*Figura A1, 4 Daños en el evento 4.
Fuente: Unidad Minera RM.*

4. Evento de Retroceso de camión Komatsu 730 E Nro. 2 con Camión Nro. 12.

| Fecha | Hora | Lugar | Clasificación |
|--------|-------|------------|---------------|
| abr-16 | 06:00 | Chancadora | HP |

Descripción: En la zona de descarga de la chancadora primaria se encontraba el camión Komatsu 730E N°02, en esos momentos llega el camión Komatsu 730E N°12 el cual no se percata de la presencia del camión N°2 y se cuadra en posición de retroceso al iniciar la maniobra de retroceso observa al camión N°2 para lo cual ya había avanzado aproximadamente 4 metros, deteniendo inmediatamente el equipo; en esos instantes es alertado también por los operadores del camión 2 y 6 este último se encontraba en el parqueo (frente a la chancadora). Seguidamente procede a dar marcha adelante y ubicarse

en la zona de espera antes de la descarga. La distancia entre ambos volquetes antes de iniciar la maniobra de retroceso era de aproximadamente 22 metros.

Diagnóstico: Operador ileso.

Daños Materiales: Ninguno.

Causas: Distracción.

Costos: \$ 0.00.

5. Camión Komatsu 730E Nro. 11 se sale de la vía impactando contra la berma de seguridad.

| Fecha | Hora | Lugar | Clasificación |
|--------|-------|------------|---------------|
| sep-16 | 05:45 | Nivel 4010 | HP |

Descripción: En momentos que el camión 11 se dirigía del Botadero 4175 (vacío) al Cargador WA1200 Nro. 4, al estar transitando por el nivel 4010, donde se encuentra el pozo de Bombeo DW-D14, el operador se queda dormido saliéndose de la vía y subiéndose al muro de seguridad al sentir el movimiento inmediatamente procede a frenar y detiene el equipo.

Diagnóstico: Ninguna.

Daños Materiales: Alternador principal y cilindro de dirección dañado.

Causas: Fatiga y Somnolencia.

Costos: \$112,241



*Figura A1, 5 Recorrido del camión e impacto.
Fuente: Unidad Minera RM.*



*Figura A1, 6 Posición final del camión.
Fuente: Unidad Minera RM.*

6. Camión Komatsu 730E Nro. 18 se sale de la Vía.

| Fecha | Hora | Lugar | Clasificación |
|--------|-------|-------------------|---------------|
| may-17 | 01:40 | Rampa 4050 a 4100 | PFI |

Descripción: Operador conducía el camión Komatsu 730 E Nro. 18 dirigiéndose por la rampa del 4050 a 4100 desde el cargador 4 hacia la chancadora primaria, en instante se queda dormido cruzando hacia el carril derecho llegando a pasar la cuneta donde el trabajador despierta e intenta frenar el equipo, quedando este inclinado en el talud.

Diagnóstico: Operador ileso.

Daños Materiales: Daños en la estructura de la escalera principal, parte baja y baterías del camión.

Causas: Fatiga por parte del operador de Camión 18.

Costo: \$ 7,667.00



*Figura A1, 7 Daños ocasionados a la escalera del camión.
Fuente: Unidad Minera RM.*



*Figura A1, 8 Posición final del camión minero, fuera de la vía.
Fuente: Unidad Minera RM.*

ANEXO N° 2: EXPERIENCIAS EN OTRAS EMPRESAS MINERAS EN EL MUNDO.

1. Newmont opta por las soluciones tecnológicas que ofrece “Guardvant” en sus operaciones de minería de oro de Akyem y Ahafo en Ghana – África. Fecha: 09 Setiembre 2016.

Emmanuel Kwame Attifu, Gerente de TI para Newmont Ghana, dijo: “Al combinar el monitoreo de fatiga, la detección de proximidad y la prevención de colisiones, Newmont Ghana está combatiendo dos problemas de seguridad muy comunes en las minas. Estos sistemas previenen accidentes, y los datos generados también permiten a los gerentes implementar cambios operativos y desarrollar programas para empleados que reducen aún más la cantidad de accidentes. La reducción de accidentes también afecta positivamente la disponibilidad y productividad del equipo.



***Figura A2, 1 Imagen de un camión minero cruzando una vía pública de equipos livianos.
Fuente: (MINING MAGAZINE 1, 2016).***

"Después de una evaluación intensiva de las soluciones, Guardvant fue seleccionada como la solución más deseable para la región africana en función de la madurez del

sistema en términos de sus funcionalidades, escalabilidad, confiabilidad y estructura de informes".

El sistema de monitoreo de alerta y fatiga del operador de "OpGuard" utiliza una cámara infrarroja no intrusiva para monitorear el cierre del ojo del operador y los movimientos de la cabeza en busca de signos de fatiga y distracción, y los alerta cuando se detectan signos de fatiga. "OpGuard" se enciende automáticamente cuando un camión de carga está en operación, lo que ayuda a los operadores a adoptar la tecnología de manera fácil y consistente.

Newmont Ghana seleccionó tanto "ProxGuard" como "CollisionGuard" para ayudar a reducir los accidentes de proximidad causados por puntos ciegos. "ProxGuard" utiliza radares y videos de largo y corto alcance para detectar objetos en las proximidades. La pantalla de video en la cabina muestra la vista cuando un sensor detecta un objeto dentro de su rango. "CollisionGuard" utiliza el GPS y la comunicación de igual a igual para mostrar la posición relativa de cualquier equipo equipado con "CollisionGuard" en el monitor de la cabina. Fuente: (MINING MAGAZINE 1, 2016).

2. "OpGuard" ayuda a Goldcorp a prevenir accidentes en su Mina Los Filos en México.

Fecha: 06 Enero 2016.

El sistema de monitoreo de alerta y fatiga del operador "OpGuard" de "Guardvant" ha sido acreditado por ayudar a la mina Los Filos de Goldcorp en México a eliminar los accidentes relacionados con la fatiga



*Figura A2, 2 Carguío de camiones con un cargador frontal.
Fuente: (MINING MAGAZINE 2, 2016).*

Durante los primeros seis meses de operación, “OpGuard” registró cerca de 20,000 eventos de fatiga en más de 150,000 horas de operación. “Guardvant” declaró que a través del uso de las alertas de audio y monitoreo en la cabina de “OpGuard”, ninguno de estos eventos resultó en un accidente.

“Guardvant” comentó que “OpGuard” demuestra que estos accidentes ocasionados por fatiga y somnolencia se pueden prevenir. El sistema se activa tan pronto como el operador se sienta detrás del volante y luego usa cámaras infrarrojas para monitorear al operador en busca de signos de fatiga y conducción distraída.

Homero Esparza, superintendente de operaciones en Los Filos, dijo: “En un corto período de tiempo estamos viendo los resultados que queríamos de esta tecnología. En Los Filos ya empleamos una serie de métodos para ayudar a nuestros operadores a reconocer los síntomas de fatiga y ofrecerles la oportunidad de salir de la cabina en intervalos regulares para ayudar a combatir la fatiga. “OpGuard” no solo nos ayuda a mantener a nuestros empleados seguros en el momento del evento de fatiga, sino que los

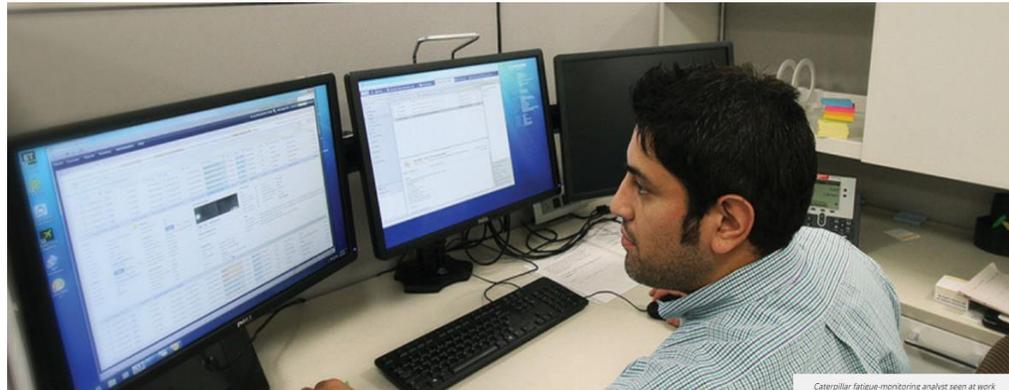
datos generados pueden ayudarnos a implementar aún más cambios que reducen los eventos de fatiga " .

Además del uso de “OpGuard”, Los Filos usa programas de concientización, alienta a los operadores a tomar descansos, ofrece bebidas deportivas para mantener a los operadores hidratados y tiene sistemas de radio en la cabina para brindar mensajes de seguridad y entretenimiento. El personal paramédico de la mina también controla los signos vitales de los operadores que trabajan en turnos nocturnos. Fuente: (MINING MAGAZINE 2, 2016).

3. Nueva Tecnología: Caterpillar lanza su nuevo monitor de fatiga 24/7. Fecha: 05 agosto 2015.

Caterpillar ha anunciado el lanzamiento de un servicio de monitoreo las 24 horas del día, los 7 días de la semana, para los operadores de equipos, que brindará a los clientes la capacidad de ver, mitigar y gestionar el impacto de la fatiga y distracción en sus operaciones.

A través de sus propias tecnologías de seguridad en la cabina y portátiles, Caterpillar proporcionará a los clientes acceso a la información de la máquina y del operador. En su centro de monitoreo 24/7, los analistas correlacionan datos sobre la salud y la productividad de los operadores y equipos para revelar el impacto de la fatiga y la distracción en las operaciones. La nueva solución de monitoreo de fatiga de Caterpillar utiliza el “Sistema de Seguridad del Conductor (DSS)”, desarrollado por el socio de la alianza “Seeing Machines”.



*Figura A2, 3 Monitoreo de la fatiga con el sistema DSS.
Fuente: (MINING MAGAZINE 3, 2015).*

El “DSS” incluye una cámara en la cabina y un sistema de alerta para notificar al operador el momento en que ocurre un evento de fatiga o distracción. Los analistas rastrean los eventos y también capturan la cantidad de sueño del operador y la información de calidad que se proporciona. Fuente: (MINING MAGAZINE 3, 2015).

4. Sistema Detector de Somnolencia “DSS” en la División Chuquicamata de la Empresa Codelco en Chile. Fecha: Julio 2012.

En el año 2012, la Gerencia de la Mina Chuquicamata perteneciente a la empresa Codelco, puso a prueba durante 3 meses el sistema “DSS” de detección de fatiga y somnolencia obteniendo resultados óptimos y posteriormente instalando el sistema en toda su flota de camiones. El camino hacia la implementación costó mucho trabajo en concientizar primero a los trabajadores sobre la importancia del trabajo que realiza este software y segundo en hacerles reflexionar que la empresa esta decidida a cuidar a sus trabajadores y a ayudarlos con los problemas de fatiga y somnolencia ya que la empresa

estaba decidida a no tomar más riesgos con accidentes relacionados a esta naturaleza de eventos. Fuente: (CODELCO, 2012).

5. Compañía Minera Antamina instalará sistemas antifatiga en sus 120 camiones mineros. Fecha: 17 Octubre 2018.

Pestañear en la oficina en horas de trabajo no significa lo mismo frente al volante de un camión de millones de dólares. Compañía Minera Antamina acaba de hacer una inversión crucial para su operación polimetálica situada en la región Áncash, pensada para eliminar dos problemas con un solo objetivo: aumentar la productividad y elevar los indicadores de seguridad y bienestar entre sus trabajadores. El sistema desarrollado por la empresa “GuardVant” se ha instalado en cincuenta camiones de acarreo de la operación y próximamente los camiones restantes contarán con el mismo sistema de medición de fatiga en tiempo real. Antes de tomar la decisión, Antamina probó la tecnología por un período de ocho meses. Esta prueba piloto comenzó el año 2018. El sistema operativo registra los movimientos faciales y oculares. El sistema computarizado alerta tanto al conductor como a la sala de control cuando un evento de fatiga acontece. Fuente: (Revista ENERGIMINAS de Perú, 2018)

ANEXO N° 3: LEY 29783 – LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Artículo 1.- El presente reglamento desarrolla la Ley Nro. 29783, Ley de seguridad y salud en el Trabajo, y tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país sobre la base de la observancia del deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales.

Artículo 3.- Por convenio colectivo, contrato de trabajo o por decisión unilateral del empleador se pueden establecer niveles de protección superiores a los contemplados en la Ley. Asimismo, los empleadores podrán aplicar estándares internacionales en seguridad y salud en el trabajo para atender situaciones no previstas en la legislación nacional.

Artículo 26.- El empleador está obligado a:

c) Disponer de una supervisión efectiva, según sea necesario, para asegurar la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores.

g) Adoptar disposiciones efectivas para identificar y eliminar los peligros y los riesgos relacionados con el trabajo y promover la seguridad y salud en el trabajo.

i) Asegurar la adopción de medidas efectivas que garanticen la plena participación de los trabajadores y de sus representantes en la ejecución de la Política de seguridad y Salud en el Trabajo o el Supervisor de seguridad y Salud en el Trabajo, pueden cumplir los planes y programas preventivos establecidos.

j) Proporcionar los recursos adecuados para garantizar que las personas responsables de la seguridad y salud en el trabajo, incluido el Comité de Seguridad y salud en el Trabajo

o el Supervisor de Seguridad y salud en el Trabajo, puedan cumplir los planes y programas preventivos establecidos.

Artículo 27.- El empleador, en cumplimiento del deber de prevención y del artículo 27 de la Ley, garantiza que los trabajadores sean capacitados en materia de prevención.

La formación debe estar centrada:

c) **En los cambios en las tecnologías o en los equipos de trabajo, cuando estos se produzcan.**

Artículo 32.- La documentación del sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo que debe exhibir el empleador es la siguiente:

- a). La política y objetivos en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- b). El reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo.
- c). La identificación de peligros, evaluación de riesgos y sus medidas de control.
- d). El mapa de riesgos.
- e). La planificación de la actividad preventiva.
- f). El programa anual de seguridad y salud en el trabajo.

La documentación referida en los incisos a) y c) debe ser exhibida en un lugar visible dentro de centro de trabajo, sin perjuicio de aquella exigida en las normas sectoriales respectivas.

Artículo 81.- En el marco de una política de seguridad y salud en el trabajo basada en la evaluación inicial o las posteriores, deben señalarse objetivos medibles en materia de seguridad y salud en el trabajo:

c) *Focalizados en la mejora continua de la protección de los trabajadores para conseguir resultados óptimos en materia de seguridad y salud en el trabajo.*

Artículo 97.- Con relación a los equipos de protección personal, adicionalmente a lo señalado en el artículo 60 de la Ley, estos deben atender a las medidas antropométricas del trabajador que los utilizará.

**ANEXO N°4: PROCEDIMIENTO CONTROL DE FATIGA, SOMNOLENCIA Y
DISTRACCIÓN EN OPERACIONES MINA.**

OBJETIVO:

Preservar la vida e integridad física de las personas, evitar daños a la propiedad, pérdidas en los procesos y daños al medio ambiente que puedan tener como origen en la fatiga y/o somnolencia durante la operación de equipos en operaciones mina.

ALCANCE Y APLICACIÓN:

El procedimiento es de aplicación a todos los trabajadores de la gerencia de Operaciones Mina y Servicios Técnicos y empresas contratistas que se encuentran en RM.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA:

Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería DS 024-2016-EM y su modificatoria **DS-023-2017-EM.**

Estándar de Gestión Contra los Riesgos de Fatiga/Somnolencia.

Reglamento interno de Tránsito.

Procedimiento de sanciones a las infracciones del reglamento interno de tránsito.

Manejo en Mina.

Manejo Defensivo.

Hoja técnica de “Guardvant”.

PERSONAL:

Es responsabilidad de la Gerencia de Mina y SSTT, Superintendencia de Mina, Jefes de Guardia, Supervisores de Mina y Despachadores, asegurar el cumplimiento del presente procedimiento con el personal involucrado.

PROCEDIMIENTO:

Inicio de Turno

El operador se encuentra en la obligación de reportar si por alguna condición no ha podido dormir adecuadamente o si se encuentra fatigado. En esta condición el operador no podrá operar equipo.

Durante el Turno

En cualquier momento del turno si el operador se siente fatigado o con síntomas de sueño debe comunicar al Jefe de guardia o supervisor que no se siente en condiciones de operar un equipo pesado.

Acciones a Tomar:

Caso 1.- Acciones aplicables a operadores asignados a equipos con el sistema “Guardvant”.

Ante la ocurrencia de un evento catalogado como micro sueño leve, moderado o crítico:

El Supervisor de Despacho de mina se comunicará radialmente con el operador generando que este recupere su estado de alerta. Es imprescindible tener una comunicación radial con el operador y obtener una respuesta. El personal de la guardia dará la prioridad de la comunicación radial.

El operador deberá detener el camión en un lugar seguro. El Jefe de Guardia o supervisor de mina removerá al operador movilizándolo a la zona de descanso.

Caso 2.- Acciones aplicables a personal que opere equipos sin el sistema “Guardvant”.

Todo evento de fatiga o somnolencia deberá ser reportado y el operador deberá tener la responsabilidad y el coraje para reportarlo. El supervisor dará prioridad para que se realice el relevo del operador con síntomas de fatiga o sueño.

Para ambos casos se aplicará el test de fatiga anexos 1 y 2.

Todo caso de reincidencia en eventos de micro sueño detectado por “Guardvant” o reportado por el personal ameritará la evaluación médica correspondiente.

RESTRICCIONES:

El personal que opere los equipos de Operaciones Mina deberá de estar autorizado por el área de Capacitación y Entrenamiento, además de haber llevado el curso de Higiene del Sueño, Fatiga y Somnolencia.

El personal que opere los equipos de Operaciones Mina deberá haber recibido los procedimientos de Capacitación y Entrenamiento del personal del área de Entrenamiento Mina.

El personal que opere los equipos de Operaciones Mina deberá aprobar el curso Manejo Defensivo y Manejo en Tajo.

Está prohibido bloquear, obstruir, retirar, dañar los dispositivos del sistema “Guardvant”.

No se pueden utilizar productos químicos para la limpieza de la pantalla del sensor óptico.

ANEXOS:

Anexo 1: Check List de Fatiga

ANEXO 1: CHECK LIST FATIGA Y SOMNOLENCIA

Nombre del trabajador: _____ Turno: _____
Fecha: _____
Observador/Supervisor: _____

A completar por el evaluador (Marcar si o no con una cruz)

| Evidencia en el trabajador los siguientes aspectos? | SI | No | OBSERVACIONES |
|---|----|----|---------------|
| Ojos Rojos | | | |
| Movimientos más lentos | | | |
| Dificultades para coordinar movimientos y habla | | | |
| Tiempo de respuesta más lento de lo normal (ej. Contacto por radio) | | | |
| Dificultades de atención y/o concentración | | | |
| Tareas sin finalizar | | | |
| Pérdida de memoria a corto plazo (Olvida instrucciones) | | | |
| Cabeceos | | | |
| Tiene antecedentes de incidentes o accidentes a causa de somnolencia o fatiga | | | |
| Irritabilidad o enojos infundados | | | |

Evaluador le consulta al trabajador directamente: (Marcar si o no con una cruz)

| Preguntas | SI | No | OBSERVACIONES |
|--|----|----|---------------|
| Horas transcurridas desde el último sueño: | | | |
| Cuántas horas durmió antes del turno | | | |
| Siente párpados pesados | | | |
| Siente cansancio físico | | | |
| Presenta dolores de cabeza | | | |
| Sedienta en forma constante | | | |
| Ha bebido algún líquido o consumido alguna comida durante su turno | | | |
| Su período de descanso fue satisfactorio | | | |
| Tiene sueño o fatiga? ¿Cuales factores han influido?? | | | |
| Está tomando algún medicamento | | | |
| Requiere descansar más tiempo? | | | |

Observaciones: Se realizó la encuesta en razón al reporte generado el día __ del mes de __ a las __ horas, cuando conducía el camión _____.

Fuente: Unidad Minera RM

Anexo 2: Compromiso: Coraje para Levantar la Mano

COMPROMISO “CORAJE PARA LEVANTAR LA MANO”

Yo.....con DNI.....trabajador de la empresa..... Para la Gerencia de : declaro asumir el compromiso de LEVANTAR LA MANO, donde frente a cualquier indicador de agotamiento, fatiga, somnolencia, cansancio u otra situación que me afecte a mi adecuado desempeño, lo informare de inmediato a mi supervisor, a fin de tomar las medidas pertinentes.

Gráfico1. Periféricos del Sistema



Fuente: Unidad Minera RM.

Anexo 3: Definiciones:

Equipos Pesados: Son los equipos pesados cuya actividad es la de perforación, carguío y acarreo de material.

Estacionamientos: Lugares designados para estacionar equipo y vehículos.

Operador: Personal que opera equipo de acarreo, el cual cuenta con el Sistema OpGuard.

OpGuard: Sistema de Monitoreo de Fatiga.

OpWeb: Aplicación Web que da acceso a la información centralizada generada por los computadores equipados con el sistema OpGuard.

Micro sueño (Evento del sistema): Evento de somnolencia registrado por el sistema OpGuard, en el cual el operador cierra sus ojos por un cierto periodo de tiempo (usualmente segundos), mientras opera el equipo de acarreo. Este podrá ser catalogado según su severidad por el sistema (ver en cuadro a continuación)

Distracción: Evento en el cual el operador falla en mirar la ruta en frente del equipo de acarreo por un tiempo especificado (usualmente 10 segundos) a una velocidad mayor a lo configurado en el sistema OpWeb (típicamente 10 kph).

Estado de Alerta: El estado de atención que un operador presenta al operar el equipo de acarreo y le permite reaccionar ante una situación. Si la atención es buena, el estado de alerta sería bueno también. Si se muestra una atención pobre el estado se considera riesgoso.

Comportamiento errático: El estado anormal del operador, como el: Excesivo bostezo, cansancio, fatiga.

Anexo 4: Descripción de Nivel de Fatiga. Tabla 1. Niveles de Fatiga.

| Tipo de Evento | Descripción | Nivel de Fatiga (Validación) | Razón/Comportamiento |
|----------------|--|---------------------------------|--|
| Micro-Sueño | Evento en el cual el operador cierra sus ojos por un periodo igual o mayor a 1.5 segundos. | Bajo | Ojos cerrados por un periodo de entre 1.5 a 2 segundos. El Operador Bosteza. El operador cierra sus ojos voluntariamente. |
| | | Moderado | Ojos cerrados entre 2 y 3 segundos. El Operador ha Tenido mas de tres eventos de tipo Bajo en la última hora. |
| | | Crítico | Ojos cerrados por más de 3 segundos. El operador no se recupera efectivamente del evento El operador presenta comportamiento errático. |

Fuente: (Guardvant, 2015)

ANEXO N°5: EL RITMO CIRCADIANO.

Los ritmos circadianos regulan los cambios en las características físicas y mentales que ocurren en el transcurso de un día. La palabra circadiano significa "alrededor de un día". Proviene de las palabras latinas "circa" (alrededor) y "diem" (día).

El reloj biológico de su organismo controla la mayoría de los ritmos circadianos. Este reloj se encuentra en una región del cerebro llamada hipotálamo.

Las señales del hipotálamo viajan a diferentes regiones del cerebro que responden a la luz, incluida la glándula pineal. En respuesta a la luz, como la luz solar, la glándula pineal suspende la producción de melatonina, una hormona que provoca la sensación de somnolencia. Los niveles de melatonina en el cuerpo suelen aumentar después de que oscurece, lo cual hace que se sienta somnoliento.

El cambio en la melatonina durante el ciclo sueño/vigilia refleja los ritmos circadianos. El hipotálamo también controla los cambios en la temperatura corporal y la presión arterial que ocurren durante el sueño. Fuente: (NICHD, 2018).

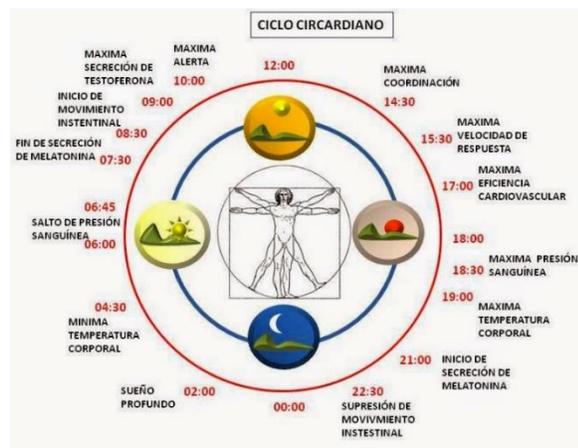


Figura A5, 1 El ciclo circadiano.

Fuente: (APUNTES REVISTA DIGITAL DE ARQUITECTURA, 2011)

Así también tenemos el número de accidentes relacionados con la fatiga durante la conducción en la siguiente gráfica:

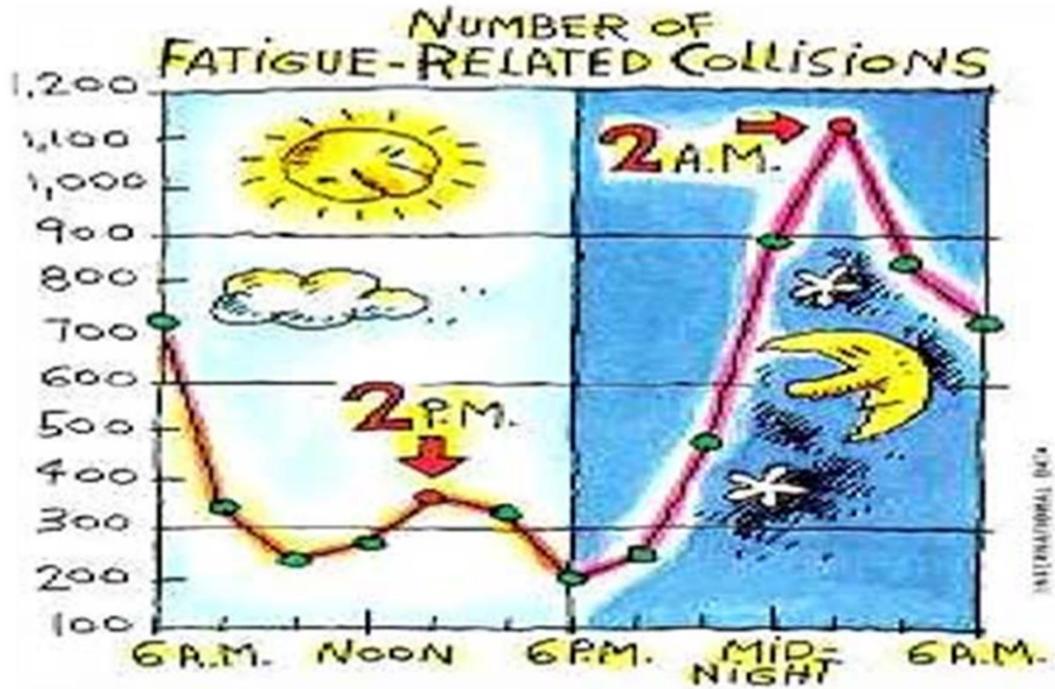


Figura A5, 2 Relación entre los accidentes y las horas del día.
Fuente: (Hermilio Esparzalara, 2013).

ANEXO N°6: EL APNEA DEL SUEÑO.

Dentro de los trastornos del sueño, merece especial atención el síndrome de apneas del sueño, cuya relación con la producción de accidentes se ha analizado extensamente. La apnea del sueño es un trastorno común en el que la persona que lo sufre hace una o más pausas en la respiración o tiene respiraciones superficiales durante el sueño. Las pausas pueden durar entre unos pocos segundos y varios minutos. Menudo ocurren entre 30 veces o más o por hora. Por lo general, la respiración vuelve a la normalidad, a veces con un ronquido fuerte o con un sonido parecido al que una persona hace cuando se atraganta. Casi siempre la apnea del sueño es un problema crónico de salud que altera el sueño. La persona pasa de un sueño profundo a un sueño liviano cuando hay una pausa en la respiración o cuando la respiración se vuelve superficial.

Por esta razón, el sueño es de mala calidad y se siente cansancio durante el día. La apnea del sueño es una de las principales razones por las cuales una persona puede sentir mucho sueño durante el día, que afecta gravemente a la conducción.

Los datos que sustentan el incremento de riesgos provienen en su mayoría de estudios transversales. Muchos incluyen a un pequeño número de pacientes y son numerosos los que no controlan factores de confusión tales como el consumo de drogas o alcohol y los tiempos de exposición a la conducción. A pesar de estas limitaciones, los resultados de estos estudios de base clínica apuntan en la misma dirección, avalando el riesgo incrementado de accidentes en pacientes con apneas del sueño.

Aunque la apnea del sueño influye en algunos accidentes, estos son multifactoriales y en ellos influyen las horas previas de sueño o de trabajo, la toma de medicaciones y otras situaciones clínicas que interactúan.



*Figura A6, 1 Flujo de aire durante la apnea del sueño.
Fuente: (Cartagena, 2016).*

El empeoramiento de la actividad de conducción que produce el síndrome de apneas del sueño es similar al producido por la ingesta de alcohol o por el déficit de sueño; por otro lado, diferentes condiciones o factores de riesgo pueden intervenir en la producción de excesiva somnolencia diurna en una misma persona (síndrome de apneas del sueño, privación de sueño, medicación, etc.).

La apnea del sueño es una enfermedad prevalente que afecta al 9% de las mujeres y al 24% de los varones, pero el síndrome de apneas del sueño, que incluye la aparición de sueño diurno excesivo y anomalías respiratorias en el registro de sueño nocturno, solo está presente en el 2 % de las mujeres y en el 4% de los varones. Algunos estudios han comunicado una alta prevalencia en los conductores profesionales, lo cual podría relacionarse con la obesidad y la actividad sedentaria. Fuente: (FUNDACIÓN CEA 5, 2015).

ANEXO N°7: ANÁLISIS DE UN EXAMEN DE OXIMETRIA.

Report Title

| | | |
|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| Datos del paciente | Nombre: Peterson, John | Sexo: Masculino |
| Edad: 35 | Fecha nacim.: 1965/06/05 | Estatura: 66 pulgadas |
| Médico: Dr. Hope | Peso: 220 libras | IMC: 35.6 |
| Nota 1: | Nota 2: | Id.: 1001 |

Fecha de grabación: 22 April 2000 Hora: 00:54:13 Duración: 02:34:40 Analizada: 02:23:32

Comentarios: sensor fell off making short record

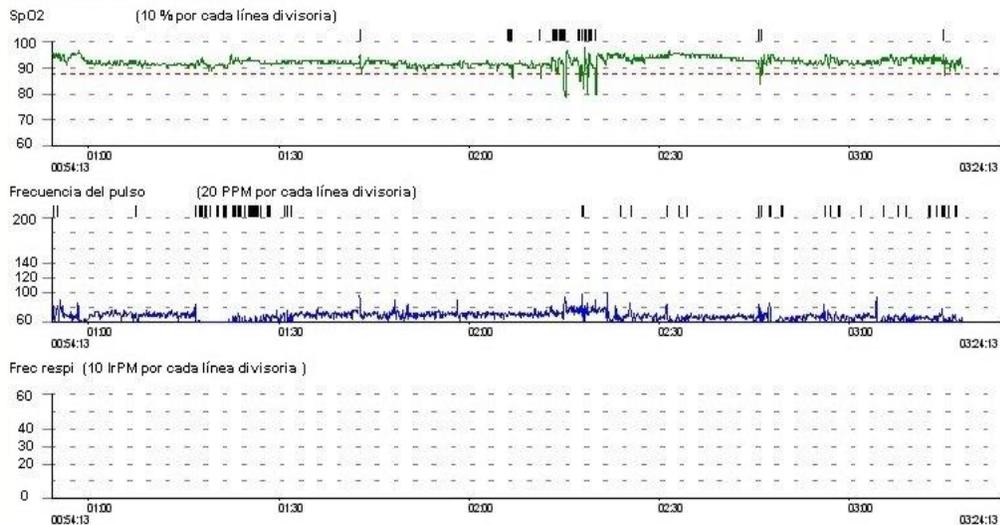


Figura A7, 1 Resultado final de un examen de oximetría.
Fuente: (NONIN, 2018).

La gráfica superior es una prueba de un examen de Oximetría que se obtuvo con un pulsioxímetro de la marca Nonin Modelo Wristox2 3150 para el paciente John Peterson de 35 años con un peso de 220 libras (99.79 Kg) y una estatura de 66 pulgadas o (1.67 mts) y con un índice de masa corporal (IMC) de 35.5.

La prueba se tomó el 22 de abril del 2000 con una hora de inicio de 00:54:13 hora, con una duración de 02:34:40 hora y con un análisis efectivo de tiempo de 02:23:32 horas. La prueba finalizo a las 03:24:13 horas.

La gráfica de saturación de oxígeno (%SpO2) nos muestra el porcentaje de oxígeno en la sangre mediante una línea de color verde. Entre las 02:00 horas y 02:30 horas se

presenta una alteración en los valores % SpO2 que están por debajo del 88% de %SpO2. Se visualiza un evento con 79% SpO2. Esto quiere decir que durante el sueño de este paciente en este intervalo de tiempo el cuerpo no está recibiendo una correcta oxigenación. Además, si observamos la gráfica inferior que nos muestra la frecuencia del pulso para este intervalo de tiempo (línea azul), también se aprecia alteraciones en la frecuencia cardiaca que claramente aumenta alcanzando puntos cerca a los 100 latidos por minuto para un estado de reposo del cuerpo.

En conclusión, estas faltas de oxígeno en el cuerpo hacen que el corazón suba su ritmo, el corazón empieza a bombear sangre más rápido para poder llevar el oxígeno a los distintos órganos del cuerpo. El paciente está padeciendo de una apnea del sueño durante este intervalo de tiempo. Esto es peligroso porque el paciente puede presentar una taquicardia durante su tiempo de sueño. El paciente según la tabla de IMC y para un valor de 35.5 está considerado como Obeso. El peso es el factor principal de la aparición de la apnea del sueño.

Para el cálculo del Índice de Masa Corporal (IMC), se presenta la siguiente tabla:

| Unidades de medida | Fórmula y cálculo |
|--|--|
| Kilogramos y metros (o centímetros) | <p>Fórmula: peso (kg) / [estatura (m)]² Con el sistema métrico, la fórmula para el IMC es el peso en kilogramos dividido por la estatura en metros cuadrados. Debido a que la estatura por lo general se mide en centímetros, divide la estatura en centímetros por 100 para obtener la estatura en metros.</p> <p>Ejemplo: Peso = 68 kg, Estatura = 165 cm (1.65 m) Cálculo: $68 \div (1.65)^2 = 24.98$</p> |
| Libras y pulgadas | <p>Fórmula: peso (lb) / [estatura (in)]² x 703 Calcule el IMC al dividir el peso en libras (lb) por la altura en pulgadas (in) cuadradas y multiplicar por un factor de conversión de 703.</p> <p>Ejemplo: Peso = 150 lb, Estatura = 5'5" (65") Cálculo: $[150 \div (65)^2] \times 703 = 24.96$</p> |

Fuente: (Centro para el Control y la Prevencion de Enfermedades., 2015).

Luego el resultado obtenido se compara con la siguiente tabla de valores para el IMC:

| IMC | Nivel de peso |
|--------------------|----------------------|
| Por debajo de 18.5 | Bajo peso |
| 18.5 – 24.9 | Normal |
| 25.0 – 29.9 | Sobrepeso |
| 30.0 o más | Obeso |

Fuente: (Centro para el Control y la Prevencion de Enfermedades., 2015)

ANEXO N°8: ¿QUÉ ES UN EXAMEN DE POLISOMNOGRAFÍA?

La Polisomnografía o estudio del sueño consiste en una exploración diagnóstica no invasiva que permite estudiar de manera simultánea y continua distintas variables fisiológicas durante el sueño nocturno normal: actividad electroencefalográfica, electrooculografía, electromiografía, electrocardiografía, flujo aéreo oronasal, presión de flujo aéreo nasal, movimientos respiratorios torácicos y abdominales, oximetría, posición corporal, ronquidos.

Asimismo, se graba al paciente en video digital en forma simultánea y sincronizada bajo luz infrarroja, la prueba dura aproximadamente 9 horas y se realiza en el laboratorio de sueño.

Permite estudiar diversas variables: arquitectura del sueño, electroencefalograma, eventos respiratorios: apneas, hipopneas, despertares; frecuencia cardiaca, ronquidos, movimientos oculares, saturación de oxígeno, movimientos del mentón y de las extremidades la misma que es evaluada en forma manual.

Está indicado para el estudio diagnóstico de los trastornos del sueño y patologías asociadas, tales como:

- Apnea obstructiva de sueño.
- Apnea central de sueño.
- Roncopatía. (IPN, 2017)
- Hipersomnias o excesos de sueño.
- Terrores nocturnos.
- Trastorno del sueño REM.

➤ Piernas inquietas.



*Figura A8, 1 Paciente en la cama conectado a sensores en el cuerpo.
Fuente: (IPN, 2017).*