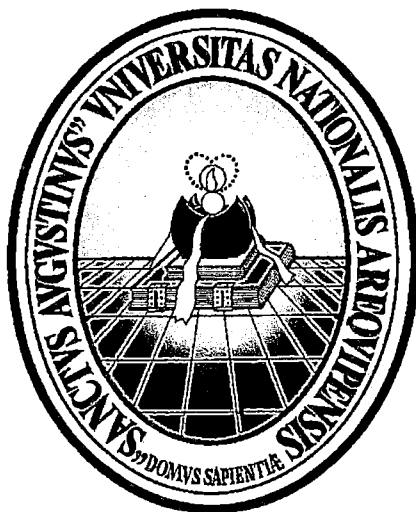


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE
AREQUIPA**

**FACULTAD DE GEOLOGÍA GEOFÍSICA Y MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MICHELIN EARTHMOVER
MANAGEMENT SYSTEM EVOLUTION 2 EN FLOTA
DE VOLQUETES MINA CUAJONE”**

**TESIS PRESENTADA POR EL BACHILLER
CAJAVILCA CONDORI, GONZALO JESUS
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE MINAS**

**AREQUIPA – PERÚ
2015**

UNSA - SADI	
No. Doc.	B2-M-18226
No Ej.	01
Fecha	15/08/14
Firma Registrador	

DEDICATORIA

A mis queridos padres y hermanos, por su amor, cuidado y apoyo constante e incondicional para mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Antes que nada, agradecer a Dios, por guiar cada paso que di, y estar presente en cada decisión que tuve que tomar para para hacer realidad mis sueños.

Agradecer a una persona muy especial que siempre tuvo fe en mi he hizo realidad todo esto a Elizabeth Lidia Cayllahua Pilares y familia.

Mi gran agradecimiento a la Universidad Nacional de San Agustín, mi Alma Mater, y de manera muy especial a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, y mi agradecimiento a los docentes, por la formación impartida durante mi paso por la universidad.

A mis compañeros, amigos y amigos del trabajo a todos aquellos que hicieron posible la elaboración de este proyecto de investigación.

RESUMEN

El presente estudio titulado “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MICHELIN EARTHMOVER MANAGEMENT SYSTEM EVOLUTION 2 EN FLOTA DE VOLQUETES MINA CUAJONE”, involucra criterios técnicos y económicos orientados a controlar en tiempo real la presión y temperatura de los neumáticos de los volquetes.

Capítulo II: El presente capítulo ha sido la orientado hacia la introducción y definición de conceptos de los neumáticos, así como de la definición y componentes del Sistema Mems Evolution 2.

Capítulo III: Se ubicó geográficamente la Mina y se realizó la descripción de sus principales características, en cuanto a geología se hizo detalle de la geología local y regional, así como los aspectos del ciclo de minado.

Capítulo IV: Se fundamenta la instalación del Sistema Mems Evolution 2 en los neumáticos de los volquetes, se detalla la configuración de Hubs JigSaw y el sistema de comunicación que utiliza el sistema Mems.

Capítulo V: En este sentido, se realizará el estudio económico orientado a determinar el ahorro anual y por equipo, se hizo dar a conocer todos los beneficios obtenidos con la implementación del Sistema Mems Evolution 2.

ÍNDICE

	Pag.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1	Justificación	1
1.2	Preguntas de investigación.....	2
1.3	Variables e indicadores	2
1.3.1	Variables independientes	2
1.3.2	Variables dependientes	2
1.3.3	Indicadores	2
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivos generales.....	3
1.4.2	Objetivos específicos.....	3
1.5	Hipótesis	3

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Dinámica de operación de la mina cuajone	4
2.2	Antecedentes del control de neumáticos en flota de volquetes	5
2.3	Control de neumáticos.....	5
2.3.1	Inflado inicial de llantas	5
2.3.2	Inspección de presión y temperatura.....	5
2.4	Tipos de neumáticos.....	6

2.4.1	Neumático macizo	6
2.4.2	Neumático convencional	6
2.4.3	Neumático radial.....	7
2.4.4	Neumático radial tubeless	7
2.5	Familias de neumáticos	8
2.5.1	Neumáticos estándar (serie 100).....	8
2.5.2	Neumáticos anchos (serie 80).....	8
2.5.3	Neumáticos anchos (serie <80).....	9
2.6	Tipos de gomas	9
2.6.1	Michelín:	9
2.6.2	Bridgestone:	10
2.7	Motivos de desecho de un neumático	10
2.7.1	Cortes	10
2.7.2	Separaciones	11
2.7.2.1	Separación por corte	11
2.7.2.2	Separación por calor	12
2.7.2.3	Separación por esfuerzo (separación mecánica)	13
2.8	Presión de inflado	13
2.8.1	Sobre inflado	13
2.8.2	Inflado insuficiente.....	13
2.9	Sistema Mems evalution 2.....	14
2.9.1	Descripción del sistema.....	14
2.9.1.1	Componentes de mems	15
2.9.1.1.1	Sensor.....	15
2.9.1.1.2	Sensor adjunto	16
2.9.1.1.3	Transceptor	16
2.9.1.1.4	Unidad de Comando (PDA).....	17

2.9.1.1.5	MEMS'Box.....	19
2.9.1.1.6	Centro de control de MEMS	19
2.9.1.2	Funcionamiento del sistema mems	21
2.9.2	Fundamentos de la temperatura y presión	21
2.10	Definición del TKPH.....	25
2.10.1	TKPH del neumático.....	26
2.10.1.1	TKPH explotación de base.....	26
2.10.1.1.1	Carga media por neumático (Qm)	26
2.10.1.1.2	Velocidad media del ciclo de referencia (Vm).....	27

CAPITULO III

MATERIAL DE ESTUDIO

3.1	Ámbito de estudio	28
3.2	Unidad de estudio.....	28
3.3	Ubicación y acceso.....	28
3.4	Topografía y fisiografía	29
3.5	Clima y vegetación	30
3.6	Flora y fauna.....	31
3.7	Recursos	31
3.7.1	Geomorfología.....	31
3.8	Geología regional	31
3.8.1	Formación Chocolate.	32
3.8.2	Grupo Toquepala.....	32
3.8.3	Rocas Intrusivas.....	35
3.8.4	Formación Moquegua.....	36
3.8.5	Formación Huaylillas.	37

3.8.6	Formación Chuntacala.	38
3.8.7	Formación Capillune.	38
3.8.8	Formación Barroso.	38
3.8.9	Depósitos Cuaternarios.	39
3.9	Geología local.	41
3.9.1	Litoestratigrafía.	41
3.9.2	Volcánicos pre-mineral.	43
3.9.2.1	Complejo intrusivo.	43
3.9.2.2	Brechas post – mineral.	44
3.9.2.3	Volcánicos post – mineral.	44
3.10	Geología estructural	44
3.10.1	Brechas.	48
3.10.2	Falla Mayor Sur.	49
3.10.3	Alteraciones hidrotermales.	50
3.10.4	Alteración Supérgena.	53
3.11	Geología económica.	55
3.11.1	Mineralización de molibdeno.	58
3.11.2	Reservas	62
3.12	Propiedades mecánicas de las rocas	62
3.12.1	Taludes del tajo	63
3.12.2	Sectores y ángulos de talud	63
3.13	Método de explotación.	65
3.13.1	Planeamiento de minado.	65
3.13.2	Ley de Corte (Cut Off)	65
3.13.3	Relación de Desbroce	66
3.13.4	Rutas de los volquetes	66
3.14	Operaciones unitarias.	67

3.14.1 Perforación 67

3.14.1.1 Perforación primaria 67

3.14.1.2 Columna de perforación 68

3.14.1.3 Amortiguador o shock absorber 68

3.14.1.4 Adaptadores o top sub 68

3.14.1.5 Barras de perforación.....68

3.14.1.6 Bit sub o reamer.....69

3.14.1.7 Guiadores o deck bushing.....69

3.14.1.8 Brocas 70

3.14.1.9 Equipos de perforación de producción 71

3.14.1.10 Perforación precorte.....71

3.14.1.11 Perforación secundaria. 72

3.14.2 Voladura 73

3.14.3 Equipo para voladura 73

3.14.4 Carguío.....74

3.14.5 Acarreo.....75

3.14.6 Equipo Auxiliar.....76

3.15 Depósitos lixiviales 76

3.16 Sistema truck dispatch.....76

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Alcance de investigación 77

4.2 Diseño de investigación.....77

4.3 Técnicas 77

4.4 Procedimientos 86

4.5 Instrumentos 87

4.6	Forma actual del control de neumáticos	87
4.6.1	Generalidades	87
4.6.2	Mediciones del inflado de neumáticos	88
4.6.3	Control de la presión y temperatura de los neumáticos.....	88
4.6.4	Factores usados para su aplicación	88
4.6.4.1	Factores desfavorables	89
4.7	Implementación del sistema MEMs Evolution 2.....	89
4.7.1	Estudio del sistema MEMS Evolution 2	89
4.7.2	Desarrollo y recolección de datos.....	89
4.7.3	Requerimientos	89
4.7.4	Componentes	90
4.8	Uso de Hubs JigSaw	90
4.8.1	Configuración de Hubs JigSaw.....	90
4.8.2	Transmisión de datos por red	91
4.8.3	Sistemas de alarmas	92
4.8.4	Uso de la unidad de comando	94
4.9	Sistemas de comunicación	96
4.10	Equipos y accesorios utilizados	96

CAPITULO V

RESULTADOS, DISCUSIÓN Y COMENTARIOS

5.1	Aplicación del sistema MEMs Evolution 2	97
5.1.1	Alternativa de aplicación y diseño	97
5.2	Cálculo del costo de aplicación.....	98
5.2.1	Costo de operaciones.....	98
5.2.1.1	Costo de equipos	98
5.2.1.2	Costos de materiales e insumos	98

5.2.1.3	Costo total de implementación del sistema	99
5.2.2	Costo de mantenimiento.....	99
5.3	Resultados obtenidos de la aplicación del sistema.....	100
5.3.1	Generación de reportes	100
5.3.2	Ganancias obtenidas con la aplicación	101
5.4	Factores de seguridad en la aplicación del sistema	103
5.5	Beneficios obtenidos con la aplicación del sistema MEMs Evalution 2 ..	104

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	Pág.
Diagrama N° 01: Dinámica de operación Mina Cuajone	5
Diagrama N° 02: Sistema Mems evolution 2.....	15
Diagrama N° 03: Costos de minado.....	88
Diagrama N° 04: Diagrama de conectividad MEMS Evolution 2	92

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 01: Neumatico estándar serie 100	8
Figura N° 02: Neumático ancho serie 80	8
Figura N° 03: Neumático ancho serie < 80	9
Figura N° 04: Transceptor	17
Figura N° 05: Unidad de comando PDA.....	18
Figura N° 06: Ley de Boyle	22
Figura N° 07: Ley de Charles	23
Figura N° 08: Ley de Gay Lussac	24
Figura N° 09: Columna estratigráfica de Cuajone.	42
Figura N° 10: Geología y ángulos inter-rampas del tajo final	64
Figura N° 11: Ubicación equipos de acarreo.....	66
Figura N° 12: Perfil de ruta de volquetes de pala 02 y 07	67
Figura N° 13: Columna de perforación.....	70
Figura N° 14: Sistema Mems enviando información	85
Figura N° 15: Información de presión y temperatura.....	85
Figura N° 16: Prueba de registro de información	86
Figura N° 17: Configuración de Hubs.....	90
Figura N° 18: Aplicación de parches del sistema Mems	91
Figura N° 19: PDA.....	95
Figura N° 20: Estado de presión y temperatura de V-133.....	100
Figura N° 21: Graficas de presión y temperatura	101
Figura N° 22: Daños en los neumáticos	105
Figura N° 23: Grafico perdida de presión	107

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 01: Neumáticos Brigestone	10
Tabla N° 02: Distribución de roca mineralizada	55
Tabla N° 03: Ángulos Inter-Rampas Del Tajo Final.....	64
Tabla N° 04: Plan de minado anual 2015.....	65
Tabla N° 05: Ruta de volquetes	67
Tabla N° 06: Equipos de perforación	71
Tabla N° 07: Equipos de perforacion de Pre-corte.....	72
Tabla N° 08: Equipos de Perforación Secundaria	72
Tabla N° 09: Equipos de carguio.....	75
Tabla N° 10: Alarmas por temperatura.....	93
Tabla N° 11: Alarmas por incremento de presión.....	93
Tabla N° 12: Alarmas por pérdida de Presión	93
Tabla N° 13: Presión y temperatura recomendada por el sistema Mems	94
Tabla N° 14: Costo de equipos	98
Tabla N° 15: Costo de materiales e insumos	99
Tabla N° 16: Costo de implentacion del sistema Mems	99
Tabla N° 17: Costo de mantenimiento	100
Tabla N° 18: Comparación horas promedio de neumáticos 2013-2014.....	102
Tabla N° 19: Ahorro anual por el sistema Mems.....	102
Tabla N° 20: Ahorro anual por volquete	102
Tabla N° 21: Comparación de TKPH 2013 y 2014.....	104

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía N° 01: Corte de neumático.....	11
Fotografía N° 02: Separación por corte.....	12
Fotografía N° 03: Separación por calor.....	12
Fotografía N° 04: Sobre inflado de neumático	13
Fotografía N° 05: Inflado insuficiente de neumático.....	14
Fotografía N° 06: Sensor sistema Mems	16
Fotografía N° 07: Perforadora P&H 320XPC - Perforadora D17.....	71
Fotografía N° 08: Rock L8 (DTH1).....	72
Fotografía N° 09: Sandvik DX700	73
Fotografía N° 10: Cargador Bobcat.....	74
Fotografía N° 11: Ubicación del parche	78
Fotografía N° 12: Preparación de la superficie para el parche.....	78
Fotografía N° 13: Punto de comprobación de secado.....	79
Fotografía N° 14: Aplicación de cemento al parche	80
Fotografía N° 15: Fijación del parche al neumático.....	81
Fotografía N° 16: Colocación del sensor al parche	82
Fotografía N° 17: Fijación del sensor al parche	83
Fotografía N° 18: Sensor fijado al neumático.....	83
Fotografía N° 19: Sensor colocado	84
Fotografía N° 20: Instalación del transceptor	84
Fotografía N° 21: Inspección de neumático	103
Fotografía N° 22: Inflado inicial de neumático.....	103
Fotografía N° 23: Seguridad del operador	104
Fotografía N° 24: Neumático con desgaste	105
Fotografía N° 25: Separación térmica del neumático.....	106
Fotografía N° 26: Pérdida de presión del neumático.....	106

ÍNDICE DE PLANOS

	Pág.
Plano N° 01: Ubicación Mina Cuajone	29
Plano N° 02: Geología Mina Cuajone	40
Plano N° 03: Geología estructural de la mina.	47
Plano N° 04: Superficie de alteraciones Cuajone.....	54
Plano N° 05: Mineralización reservas minables y Cut off.....	60
Plano N° 06: Distribución de cobre y molibdeno	61
Plano N° 07: Reservas Mina Cuajone.....	62

ANEXOS

	Pág.
Anexo N° 1: Historial de neumáticos malogrados 2012-2013	111

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN

El inflado de llantas en los volquetes se realiza sin tener la certeza de que la presión aplicada sea la ideal para trabajar en una determinada temperatura, de igual manera la inspección de presión y temperatura se realiza manualmente esto con lleva a que las llantas de los volquetes cargados en pendientes negativas se sobrecalientes ocasionando daños en los neumáticos (separaciones de capas de los neumáticos) y minimizando el tiempo de vida útil.

Este sobrecalentamiento de neumáticos también ocasiona paradas de los equipos con la finalidad de enfriar el neumático ocasionando pérdidas a la empresa.

Como solución a los problemas ante mencionados la empresa decide la aplicación del sistema MEMs que es una herramienta que monitorea presión y temperatura en tiempo real, por medio de un sensor instalado

dentro de las llanta. Con el propósito de minimizar el riesgo de separaciones termo mecánicas y eliminar separaciones térmicas puras.

Visualiza el estado de todas las posiciones de un equipo específico, es enviado hasta la sala de control y sala de enllante vía wireless. Identificando en tiempo real la caída súbita de presión permitiendo tiempos de respuesta. También se toma los antecedentes de este sistema aplicado en la minera Yanacocha que le genera óptimos resultados

1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las condiciones técnicas de aplicación del sistema MEMs Evolution 2 en la mina Cuajone?

¿Cómo diseñar la configuración del Hubs Jigsaw para el enrutamiento de tráfico del receptor MEMs Evolution 2?

¿Serán técnica y económicamente rentable el sistema MEMs Evolution 2 en Mina Cuajone?

1.3 VARIABLES E INDICADORES

1.3.1 Variables independientes

- Sistema MEMs Evolution 2.

1.3.2 Variables dependientes

- Implementación de sistema MEMs Evolution 2.
- Configuración del Hub Jigsaw

1.3.3 Indicadores

- Factores de seguridad en el sistema.
- Vida útil de los neumáticos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivos generales

Maximizar la vida útil de los neumáticos y eliminar el tiempo de paradas por sobrecalentamiento de los neumáticos, los cuales generan costos innecesarios a la empresa, Con la aplicación del sistema MEMs Evolution 2

1.4.2 Objetivos específicos

- Maximizar la dinámica de operación en la Mina Cuajone.
- Desarrollar óptimamente la aplicación del Sistema MEMs Evolution 2.
- Medir en tiempo real la temperatura y la presión de inflado en los neumáticos y parar los vehículos
- Cuantificar la oportunidad de ahorro.

1.5 HIPÓTESIS

“La instalación del sistema MEMs Evolution 2 se podrá medir a tiempo real la productividad de neumáticos en la flota de volquetes generando así un ahorro económico para la mina Cuajone”

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 DINÁMICA DE OPERACIÓN DE LA MINA CUAJONE

Cuajone es una mina a tajo abierto, cuya producción alcanza las 525 000 TM/día. Entre desmonte y mineral, se procesa alrededor de 120 000 TM/día de mineral en su planta concentradora, con una ley promedio de 0,65 % Cu recuperable y un ratio de desbroce 1: 5.

Mina Cuajone cuenta con 53 volquetes: 2 volquetes Caterpillar 793D, 4 volquetes Caterpillar 793C, 12 volquetes Komatsu 830, 17 volquetes Komatsu 930, 18 volquetes Caterpillar 797F distribuidos en las siete palas que cuenta la mina las cuales solo dos palas extraen en mineral y las otras cinco extraen el desmonte, el mineral es depositado en las tolvas de transferencia y luego el mineral es llenado a los vagones de los trenes para ser enviado hacia la chancadora.

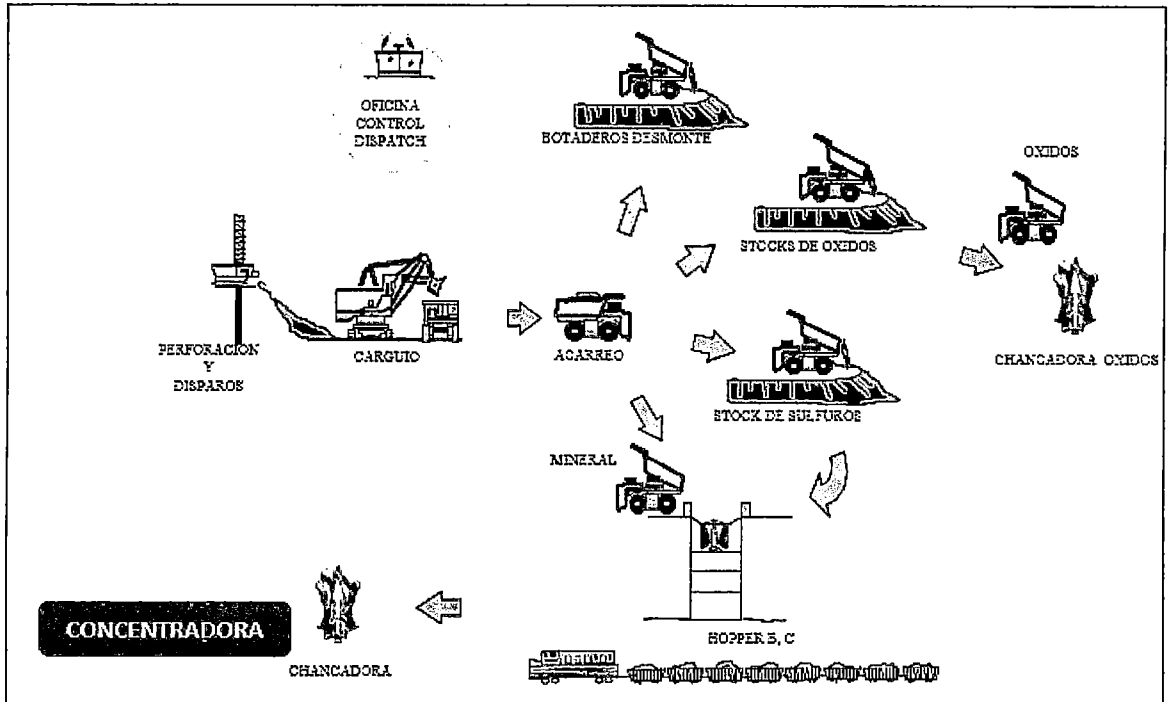


Diagrama N° 01: Dinámica de operación Mina Cuajone

2.2 ANTECEDENTES DEL CONTROL DE NEUMÁTICOS EN FLOTA DE VOLQUETES

Anteriormente en la Unidad de Cuajone no existía un método para el control de los neumáticos tanto en la medición y temperatura solo se realizaba cuando el volquete iba a grifo donde se revisaba la temperatura y presión del neumático en forma manual.

2.3 CONTROL DE NEUMÁTICOS

2.3.1 INFLADO INICIAL DE LLANTAS

El inflado inicial de las llantas se realiza en forma manual en los grifos de abastecimiento de combustible donde personal de la empresa contratista Neuma Perú realiza el inflado de los neumáticos.

2.3.2 INSPECCIÓN DE PRESIÓN Y TEMPERATURA

Al igual que el inflado de las llantas la inspección de la presión y temperatura de los neumáticos se realiza en forma manual en los

abastecimiento de combustible donde personal de la empresa contratista Neuma Perú realizar el inflado de los neumáticos.

2.4 TIPOS DE NEUMÁTICOS

2.4.1 Neumático macizo

En las carretillas elevadoras, se utiliza el bandaje macizo desde hace tiempo. Consta de un apilado de gomas con distintas propiedades con objeto de dotarle de la adherencia y la tracción necesaria.

Se han podido ver sus limitaciones en una utilización intensiva: rápido desgaste, debido, tanto al importante calentamiento de la goma, como a riesgos de deterioro al paso de obstáculos.

El neumático macizo se “rompe”.

2.4.2 Neumático convencional

Un neumático convencional de estructura diagonal consta de capas textiles de nylon o de rayón, cruzadas unas con otras y unidas entre sí por una mezcla de gomas.

El número de capas aumenta con la capacidad de carga exigida al neumático.

En un neumático diagonal, las fricciones entre las capas provocan calentamientos perjudiciales, mientras que se observa una deformación de la superficie de contacto con el suelo, debido a una fuerte unión flanco / cima. De ello se desprende un desgaste más rápido y una menor adherencia.

Este tipo de estructura presenta, asimismo, una mayor sensibilidad a las perforaciones.

2.4.3 Neumático radial

Lo ideal era disociar el trabajo de los flancos y de la cima del neumático, y especializar cada una de sus partes, para que presenten mejores prestaciones.

Asocia capas metálicas o textiles, que van de un talón al otro, a una cintura de lonas de acero indeformable que refuerza la cima del neumático.

En resumen, la arquitectura radial reduce el roce y el consumo de energía.

Mejora la adherencia y reduce el desgaste, mientras que su cintura de acero resiste mejor a las perforaciones.

La carcasa del neumático radial está integrada por una o más capas metálicas que van de un talón al otro. Está ceñida por tres o cuatro capas en la cima de acero indeformable. Esta estructura radial permite disociar el trabajo de la cima con el de los flancos. La separación de las funciones proporciona al neumático mayores prestaciones.

Es por ello que el neumático radial permite obtener mayor adherencia minimizando el deslizamiento, reduciendo, de este modo, la velocidad de desgaste. La cima del neumático radial cinturada resiste mejor a las agresiones y perforaciones. Su gran espesor de goma le asegura una mayor longevidad.

Sus flancos, más flexibles, proporcionan mayor confort, sin que ello vaya en detrimento de la estabilidad, lo que aporta una mayor seguridad.

2.4.4 Neumático radial tubeless

Un neumático radial tubeless es un neumático que se monta sin cámara sobre una llanta especial provista de una válvula apropiada.

El neumático radial tubeless se presenta, en su parte exterior, como un neumático tube type (montaje con cámara de aire).

Su fabricación es idéntica desde el punto de vista arquitectónico; pero, por dentro de la cubierta, una capa de goma especial (butyl) garantiza su estanqueidad total.

2.5 FAMILIAS DE NEUMÁTICOS

Hay varias familias de neumáticos de Ingeniería, caracterizados por su relación de aspecto H / S (relación entre la altura del flanco y la anchura de sección del neumático).

2.5.1 Neumáticos estándar (serie 100)

La relación H/S es sensiblemente igual a 1.

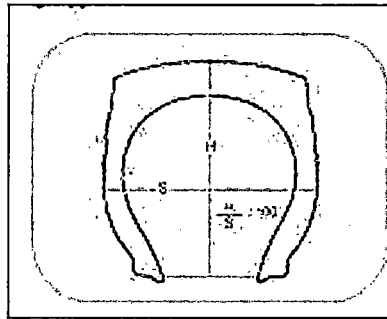


Figura N° 01: Neumatico estándar serie 100

El ancho de sección se expresa en número entero de pulgadas.

2.5.2 Neumáticos anchos (serie 80)

La relación H/S es sensiblemente igual a 0,80.

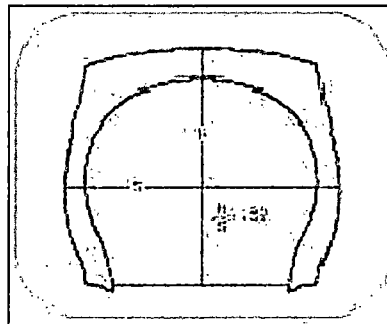


Figura N° 02: Neumático ancho serie 80

El ancho de sección se expresa: Bien en número entero de pulgadas y fracción de pulgadas.

2.5.3 Neumáticos anchos (serie <80)

Ejemplo: serie 65

La relación H/S es sensiblemente igual a 0,65.

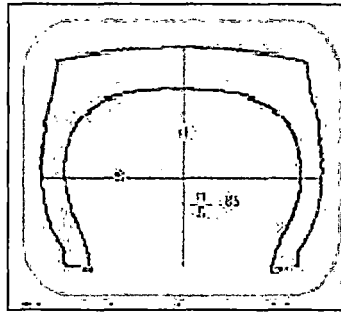


Figura N° 03: Neumático ancho serie < 80

El ancho de sección se expresa en número entero en pulgadas o en número entero en milímetros, seguido del número 65.

2.6 TIPOS DE GOMAS

2.6.1 Michelin:

- **Tipo A4:** Particularmente resistente a los cortes, arrancamientos y abrasión.
- **Tipo A:** Particularmente resistente a los cortes, arrancamientos, abrasión y a velocidades medias más elevadas que el tipo A4.
- **Tipo B4:** Compromiso entre la resistencia a la abrasión y al calentamiento sobre suelos de poca agresividad (a partir de 49 pulgadas).
- **Tipo B:** Resistencia al calentamiento sobre suelos poco agresivos.
- **Tipo C4:** Particularmente adaptado a los rodajes muy rápidos en ciclos largos.
- **Tipo C:** Muy resistente al calentamiento durante largos trayectos y rodaje intensivo.

2.6.2 Bridgestone:

Tabla N° 01: Neumáticos Brigestone

Servicio	Código Bridgestone	Estructura
Movimiento de tierras	1 A	Estándar
	2 A	Resistencia al Corte
	3 A	Resistencia al Calor
Grader	1 A	Estándar
	2 A	Resistencia al Corte
Cargadores y Dozer	2 A	Resistencia al Corte
	2 V*	Resistencia al corte especial (Tipo
	2 Z*	"V") Resistencia al corte especial
Industrial		Estándar

2.7 MOTIVOS DE DESECHO DE UN NEUMÁTICO

2.7.1 Cortes

Este motivo de desecho de neumáticos es uno de los más frecuentes en la mina Cuajone, el 80% de los cortes se producen en la Banda de Rodamiento mientras que el 20% restante se producen en Flanco y Hombro. Esto incrementa las separaciones por cortes de los neumáticos pero también envía a scrap muchos neumáticos que aún no han alcanzado su vida útil (con alta cocada).



Fotografía N° 01: Corte de neumático

2.7.2 Separaciones

Existen básicamente tres tipos de separaciones en neumáticos, las cuales son:

- Separación por corte (corte en banda de rodamiento, flanco).
- Separación por calor (exceso de velocidad del volquete).
- Separación mecánica (esfuerzo al hombro del neumático por sobrecarga).

2.7.2.1 Separación por corte

Generalmente en banda de rodamiento ocasionada por rocas que abren la banda de rodamiento permitiendo el ingreso de agua, polvo, etc. Oxidando los cables de acero internos del neumático y separando la banda de rodamiento, en un inicio esta separación es localizada, pero con el rodaje se puede separar grandes secciones del neumático en la banda de rodamiento.

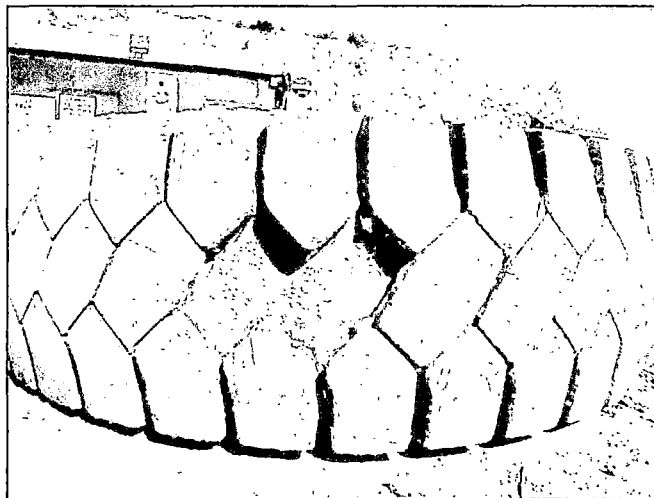


Fotografía N° 02: Separación por corte

2.7.2.2 Separación por calor

Ocasionado por exceso de velocidad del equipo la cual el neumático no puede soportar.

Los neumáticos de minería son diseñados para soportar carga más no velocidad, los retornos en vacío del equipo no deben exceder los 40 km/h para no perjudicar la capacidad de disipación del calor de los neumáticos; esto se manifiesta con olor a quemado y separación de la banda de rodamiento.



Fotografía N° 03: Separación por calor

2.7.2.3 Separación por esfuerzo (separación mecánica)

Ocasionada por sobrecarga, cargas descentradas y/o maniobras penalizantes como curvas cerradas o ingresos a botaderos a alta velocidad. Esto origina que el neumático no pueda soportar las toneladas que sobre ella se aplican rompiéndose los cables internos de acero a la altura del hombro del neumático creando protuberancias visibles, este es el motivo por la cual se pierden muchos neumáticos con alta cocada sin alcanzar su vida útil.

2.8 PRESIÓN DE INFLADO

2.8.1 Sobre inflado

Las presiones de inflado alto generan desgaste prematuro en la banda de rodamiento enviando al neumático prematuramente a desecho (scrap).



Fotografía N° 04: Sobre inflado de neumático

2.8.2 Inflado insuficiente

Los neumáticos con demasiada carga y baja presión de inflado están propensos a demasiada deflexión y por consiguiente a un mayor número de cortes del neumático.



Fotografía N° 05: Inflado insuficiente de neumático

2.9 SISTEMA MEMS EVALUTION 2

2.9.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

MEMS evolution2 (Michelin Earthmover Management System) es un sistema electrónico desarrollado por Michelin que mide e informa de presión de los neumáticos en tiempo real y de la temperatura a través de una serie de sensores electrónicos instalados en los neumáticos de un vehículo. Basándose en los umbrales de alarma predeterminados el sistema proporcionará tanto advertencia y alarmas críticas. Además de notificar a la mina de un estado de advertencia o alarma, MEMS evolution2 ayuda a controlar la presión de inflado correcta en función de las temperaturas de funcionamiento. MEMS evolution2 también proporciona informes y análisis de los datos evolution2 MEMS detallada.

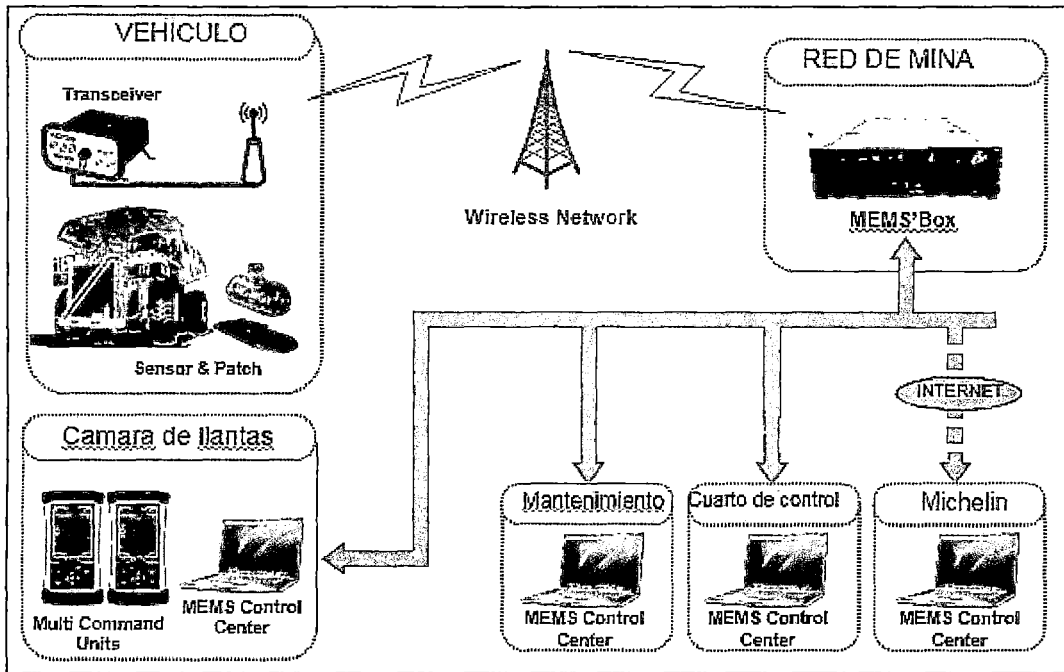
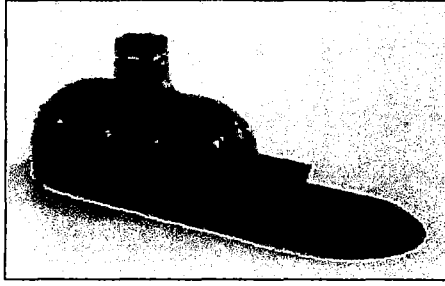


Diagrama N° 02: Sistema Mems evolution 2

2.9.1.1 COMPONENTES DE MEMS

2.9.1.1.1 Sensor

El sensor electrónico está montado en una cola de milano parche de caucho, específicamente situado en el revestimiento interior del neumático. El sensor transmite los datos de presión y temperatura cada minuto al receptor, y cada 10 segundos en el caso de un cambio rápido de presión (la inflación, la penetración), estos datos también se pueden ver directamente a través de la Unidad de Comando (PDA). El sensor también es capaz de enviar mensajes de error, si es necesario, y ha sido equipado con un disparador de baja frecuencia para ser interrogado en la demanda cuando no está montado en un neumático.



Fotografía N° 06: Sensor sistema Mems

2.9.1.1.2 Sensor adjunto

Una cola de milano parche de caucho está actualmente obligado a ser frío vulcanizado a un punto específico del revestimiento interior del neumático, esto es cómo está conectado el sensor a la cubierta de neumático.

2.9.1.1.3 Transceptor

Transceptor tiene que ser instalado en la cabina del conductor y conectado a la energía eléctrica principal del camión.

El transceptor tiene su propia batería interna y puede funcionar durante aproximadamente 24 horas después de que el camión ha sido aislado.

El receptor recibe la presión (PSI) y la temperatura (° C) de cada sensor a través de antenas montadas externamente. Estos datos se analizan por el transceptor que envía los datos de presión / temperatura y avisos de alarma a MEMS'Box a través de la red inalámbrica de la mina, de acuerdo con la presión de inflado en frío (a partir de la presión), sobre y debajo de los límites de la

inflación y los límites de temperatura como entrada de acuerdo con las recomendaciones de Michelin.

El transceptor también puede comunicarse directamente con la unidad de mando (PDA) a través del enlace de radio frecuencia (433,92 MHz)

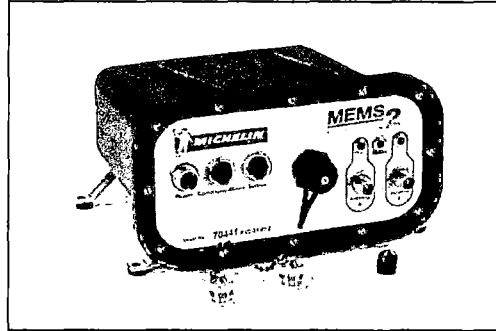


Figura N° 04: Transceptor

2.9.1.1.4 Unidad de Comando (PDA)

La unidad de mando se basa en una PDA industrial adecuado para el entorno de la minería.

Se utiliza para tres tareas principales:

- El uso en el campo de interrogar a los transceptores de los vehículos , y comprobar la presión y temperatura de los neumáticos de forma remota (ITV)
- Administrar la ubicación de los neumáticos y sensores, incluyendo neumáticos cambios y las rotaciones. Esta información se utiliza entonces para cargar los respectivos transceptores para garantizar el seguimiento de los neumáticos correctos en los lugares correctos (Tireshop base de datos)

- Proporcionar el instalador con la presión de inflado de partida correcta, para asegurar que cada neumático Michelin que se ejecuta en el sitio se infla con el volumen correcto de aire, independientemente de la temperatura interna o ambiente. Esto se hace a través de la comunicación directa entre el sensor y la unidad de mando (Monitor de inflado de los neumáticos)

La unidad de mando también permite:

- Establecer los parámetros (número de vehículo, la dirección IP) en el receptor.
- Descarga de datos históricos directamente desde el receptor disparador de baja frecuencia del sensor Evolution2, leer el número de serie del sensor.
- Herramienta de diagnóstico de primer nivel para ayudar a solucionar un receptor o un sensor.

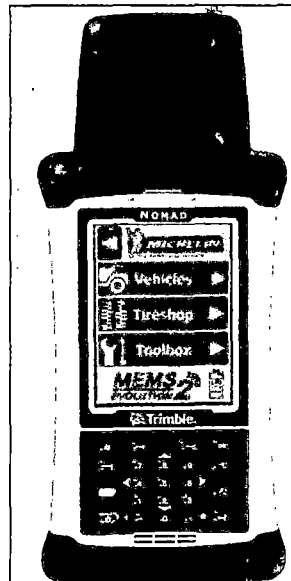


Figura N° 05: Unidad de comando PDA

2.9.1.1.5 MEMS'Box

MEMS'Box es un servidor que ha de ser conectado a través de una red inalámbrica adecuada a todos los transceptores, que contiene una base de datos SQL para recibir, almacenar y mantener todos los neumáticos y los datos relacionadas con el sensor.

MEMS'Box se ejecutará en un hardware dedicado o en una máquina virtual ventana proporcionada por la mina.

2.9.1.1.6 Centro de control de MEMS

El Centro de Control de MEMS es el software cliente que trabaja con MEMS'Box. Esta aplicación contiene 5 módulos:

- **Visualización en tiempo real:**

Esta pantalla se ha construido como una pantalla de resumen que se utilizará en la Sala de Control Mina. Todos los vehículos se muestran con su estado de presión y / o alarmas de temperatura. Información más detallada para un único vehículo también se puede acceder desde esta pantalla, si es necesario, siendo el tipo de datos de alarma, la recomendación, los datos históricos, llantas, sensor, etc.

- **Mantenimiento de Llanta:**

Este módulo se utiliza para gestionar neumáticos y sensores. El uso de un intuitivo de arrastrar y soltar interfaz, los neumáticos, sensores se pueden montar virtualmente. Desmontado fácilmente en un vehículo. Si el MEMS'Box está conectado a transceptores como debe ser en la red inalámbrica, estos cambios de neumáticos / Sensor se transfieren automáticamente al receptor.

- **Análisis:**

Este módulo se utiliza para analizar los datos de presión / temperatura históricos y representan estos datos en forma gráfica.

- **Informes:**

Informes automáticos personalizados pueden ser creados, permitiendo parámetros concretos que se pueden visualizar e imprimir, como por ejemplo una lista de los neumáticos en situación de alarma, llantas y sensores mobiliarios por vehículo, etc.

- **Caja de herramientas:**

Se utiliza para configurar todos los parámetros de configuración. Varias herramientas de diagnóstico también están disponibles para ayudar a solucionar problemas del sistema. Nota: Para lograr todos los aspectos de la nueva funcionalidad de la MEMS'BOX y transceptores deben ser visibles entre sí en la red a través de

reglas de enrutamiento o un proxy de MEMS software suministrado.

2.9.1.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MEMS

Cada llanta de la flota está equipada con un sensor, transmitiendo éste, la presión y la temperatura del fluido interno de la llanta, asegurando una correcta calibración y permanencia de las condiciones ideales recomendadas por Michelin.

Los datos son almacenados a bordo de cada camión y transmitidos periódicamente a la sala de control de la mina.

2.9.2 FUNDAMENTOS DE LA TEMPERATURA Y PRESIÓN

- **Temperatura**

La temperatura (T) ejerce gran influencia sobre el estado de las moléculas de un gas aumentando o disminuyendo la velocidad de las mismas. Para trabajar con nuestras fórmulas siempre expresaremos la temperatura en grados Kelvin. Cuando la escala usada esté en grados Celsius, debemos hacer la conversión, sabiendo que 0° C equivale a + 273,15 ° Kelvin.

- **Presión**

En Física, presión (P) se define como la relación que existe entre una fuerza (F) y la superficie (S) sobre la que se aplica, y se calcula con la fórmula

$$P = \frac{F}{S}$$

Lo cual significa que la Presión (P) es igual a la Fuerza (F) aplicada dividido por la superficie (S) sobre la cual se aplica.

- **Gases**

Los gases constituyen un estado de la materia que se caracteriza por estar formado por moléculas en las que predominan ampliamente las fuerzas de repulsión sobre las de atracción. Esto hace que tengan una gran expansibilidad y que ocupen todo el volumen en el que se contienen.

- **Volumen**

Volumen es todo el espacio ocupado por algún tipo de materia. En el caso de los gases, estos ocupan todo el volumen disponible del recipiente que los contiene.

- **La Ley de Boyle**

Esta ley fue formulada por el químico irlandés Robert Boyle y describe el comportamiento del gas ideal cuando se mantiene su temperatura constante (transformación isotérmica), establece que la presión de un gas en un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente.

$$P \cdot V = K$$

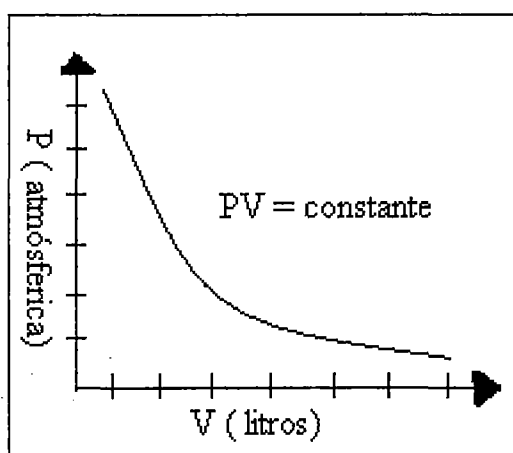


Figura N° 06: Ley de Boyle

- **Ley de Charles**

Es una de las leyes de los gases. Relaciona el volumen y la temperatura de una cierta cantidad de gas ideal, mantenida a una presión constante (Proceso isobárico), mediante una constante de proporcionalidad directa.

$$\frac{V}{T} = K$$

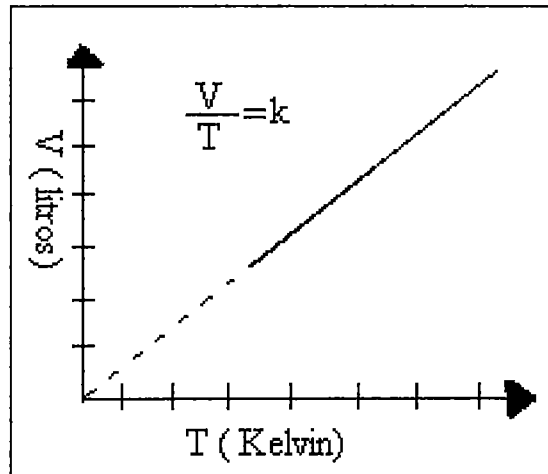


Figura N° 07: Ley de Charles

- **Ley de Gay Lusaac**

Esta ley establece la relación entre la presión (P) y la temperatura (T) de un gas cuando el volumen (V) se mantiene constante (Proceso isócoro), y dice textualmente: La presión del gas es directamente proporcional a su temperatura.

$$\frac{P}{T} = K$$

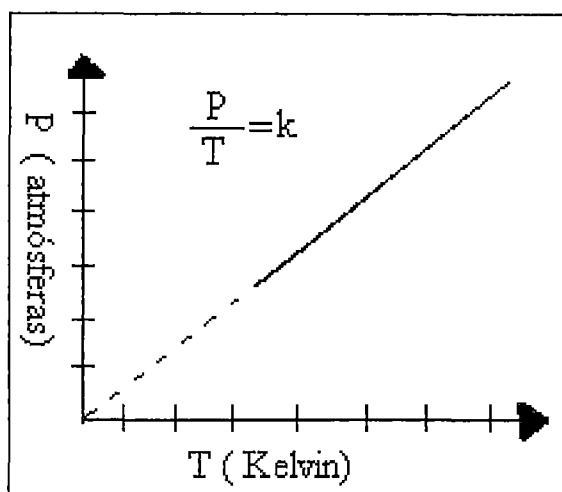


Figura N° 08: Ley de Gay Lussac

- **Ley universal de los Gases:**

Las leyes parciales analizadas precedentemente pueden combinarse y obtener una ley o ecuación que relacione todas las variables al mismo tiempo.

Según esta ecuación o ley general

$$\frac{P \cdot V}{T} = K \text{ (constante)}$$

Esto significa que, si tenemos una cantidad fija de gas y sobre la misma variamos las condiciones de presión (P), volumen (V) o temperatura (T) el resultado de aplicar esta fórmula con diferentes valores, será una constante.

Supongamos que tenemos una cierta cantidad fija de un gas (n_1), que está a una presión (P_1), ocupando un volumen (V_1) a una temperatura (T_1).

Estas variables se relacionan entre sí cumpliendo con la siguiente ecuación:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Donde R es una constante universal, $R = 0.082057 \text{ L atm/mol K}$, 8.3145 J/mol K

El sistema MEMS se fundamenta en la ley universal de los Gases:

$$P \cdot V = N \cdot R \cdot T$$

Donde, si consideramos que el fluido encerrado por un neumático debiera tener un volumen constante y específico para cada dimensión, de manera que este neumático trabaje bajo condiciones óptimas, llegaremos a la siguiente relación:

$$P = \text{cte} \cdot T$$

El fabricante para realizar sus ensayos y pruebas sobre sus neumáticos identifica una temperatura como base fría (en el caso de Michelin 18°C), a la cual hace corresponder una presión de inflado en frío, (para el caso de los neumáticos Michelin 40.00 R57 es de 105 PSI).

De esta manera se define la relación al determinar para cada dimensión, de cada marca, en este caso de ejemplo Michelin 40.00 R57, el valor de la constante "cte".

Sea el valor de la constante:

$$\text{Cte} = K$$

Y conociendo el valor de la temperatura del fluido dentro del neumático, en cualquier instante, mediante el sensor "Tag", el sistema MEMS podrá recomendarnos para cualquier temperatura en la que se encuentre el neumático, la presión que debería tener para que el fluido ocupe el volumen ideal para el óptimo trabajo del neumático.

2.10 Definición del TKPH

El TKPH (Toneladas Kilómetro por Hora) es una característica de la capacidad de trabajo de un neumático. Esta característica tiene en cuenta un factor muy importante en la vida de un neumático que es la temperatura máxima admisible de funcionamiento.

2.10.1 TKPH del neumático

El TKPH del neumático depende de la concepción de los neumáticos y varía según los tipos de cubiertas y dimensiones.

Los valores de TKPH de base figuran en las características de nuestros neumáticos.

Estos valores están en función de la carga nominal propia de cada dimensión, del número de km (millas) permitidos a la hora por tipo de neumático y están dados para una temperatura ambiente normalizada de 38 °C (100 °F).

2.10.1.1 TKPH explotación de base

Define la necesidad específica de la explotación y se obtiene por la relación:

TKPH explotación de base = $Q_m \times V_m$

Donde:

Q_m = Carga media por neumático.

V_m = Velocidad media de un ciclo en kilómetros.

2.10.1.1.1 Carga media por neumático (Q_m)

Se obtiene por la relación:

$$Q_m = \frac{(Q_c + Q_v)}{2}$$

Donde:

- Q_c = peso por neumático, vehículo en carga, expresado en toneladas (TKPH)
- Q_v = peso por neumático, vehículo en vacío, expresado en toneladas (TKPH).

2.10.1.1.2 Velocidad media del ciclo de referencia (Vm)

Se obtiene por la relación:

$$Vm = \frac{L}{H}$$

Donde:

- L = longitud del ciclo en kilómetros (TKPH), el ciclo de referencia debe ser aquel donde la velocidad media es la más elevada.
- H = duración del ciclo de referencia en horas.

CAPITULO III

MATERIAL DE ESTUDIO

3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

Mina a tajo abierto.

3.2 UNIDAD DE ESTUDIO

Unidad Cuajone – Southern Peru.

3.3 UBICACIÓN Y ACCESO

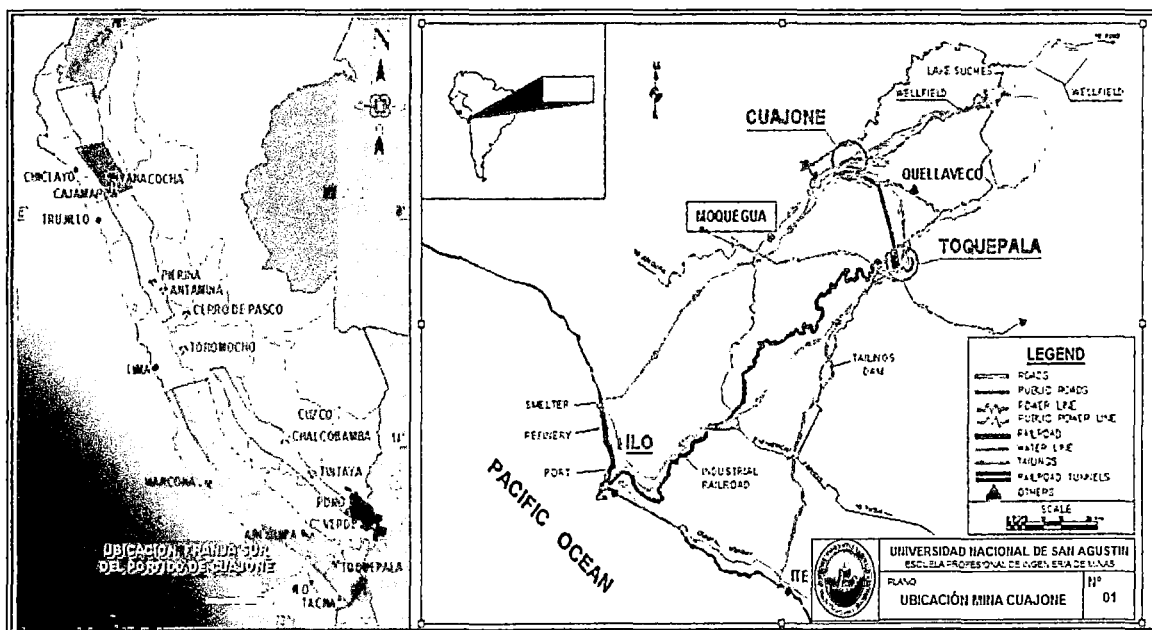
La mina de cobre a tajo abierto, está ubicada aproximadamente a 42 km al noreste del departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, distrito de Torata, al sur del Perú. Se emplaza en el flanco andino de la cordillera occidental de los Andes entre los 3 150 y 3 850 m.s.n.m.

Geográficamente se encuentra entre las coordenadas UTM: 538 200 y 542 000 Este; 84 000 y 87 800 Norte.

El acceso a la mina Cuajone se puede realizar mediante vía terrestre y aérea:

- Vía terrestre: Para acceder a la mina Cuajone primero se toma la vía que comunica con Moquegua, desde cualquier punto del país, la cual es la Panamericana Sur, de allí, se sigue por la ruta que conduce a la Mina la cual demora alrededor de una hora hasta el Campamento de Cuajone (Villa Botiflaca). Desde Arequipa hasta Moquegua se demora alrededor de 4 horas, recorriendo 217 Km.
- Vía aérea: También se puede llegar a la mina, vía aérea, aterrizando en el aeropuerto de Moquegua, ubicado a unos 42 kilómetros al Noroeste de del Open Pit de Cuajone.

Plano N° 01: Ubicación Mina Cuajone



3.4 TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA

Fisiográficamente se puede diferenciar: La Cordillera de la Costa, la Llanura Costanera, el Flanco Andino y la Cadena de Conos Volcánicos. Estas áreas fisiográficas se encuentran emplazadas longitudinalmente de Sureste a Noroeste y se encuentran definidos mayormente por la altitud, relieve, el clima y la geología.

La Cordillera de la Costa forma una serie de montañas de hasta 1 800 m.s.n.m. que se presentan en forma discontinua. Están compuestas mayormente por rocas intrusivas de edades que varían entre 140 y 190 MA. Se observan dioritas, granodioritas, dioritas cuarcíferas, monzonitas, riolacitas latitas, diabasas, aplitas, etc.

La Llanura Costanera está constituida mayormente por la formación Moquegua que viene a ser un relleno de una cuenca longitudinal entre la cadena costanera y el pie de los andes. Se encuentra emplazada entre 3 500 y 3 000 m.s.n.m. con una leve inclinación hacia el Suroeste.

El Flanco Andino está constituido por rocas volcánicas y macizos intrusivos que muestran una topografía abrupta con fuertes pendientes cuyas cumbres llegan a los 4 000 m.s.n.m. En las partes altas se presenta una topografía moderadamente ondulada con algunos sectores planos mayormente cubierto por rocas volcánicas.

La cadena de los conos volcánicos abarca una franja de 20 a 30 km. de ancho con un rumbo Noroeste Sureste cuyas cimas alcanzan altitudes hasta 5 815 m.s.n.m. (Volcán Tutupaca) que gran parte del año se encuentra cubierto por nieve.

3.5 CLIMA Y VEGETACIÓN

Las condiciones climáticas varían con la altitud, desde moderadamente templadas hasta el frío intenso. En la zona de Moquegua, el clima es cálido durante todo el año. En las partes media y alta, la temperatura se torna cada vez más baja, las mañanas tardes son muy frías y en las noches la temperatura desciende por debajo de 0°.

En el área los recursos de agua de cultivo y pastos son escasos en consecuencia la producción agrícola y ganadera y sus derivados manufacturados son de pequeña escala.

3.6 FLORA Y FAUNA

El valle de Moquegua tiene en la actualidad 3490,30 hectáreas bajo riego, observándose que los cultivos que más destacan son la alfalfa (1446.19 ha) el olivo (452,17 ha) y el maíz (360,58 ha) que representan el 41,43%, 12,96% y 10,33% del área total cultivada respectivamente.

La ganadería se encuentra poco desarrollada y está representada mayormente por la crianza de vacunos (parte baja del valle) y ovinos y auquénidos en la parte alta.

3.7 RECURSOS

3.7.1 GEOMORFOLOGÍA

Cuajone se encuentra ubicado en la zona media de la vertiente occidental andina, entre 4 300 y 2 100 m de altitud. Su relieve corresponde al de las montañas andinas Sur occidentales del país. Asimismo el vulcanismo moderno, que va del Terciario Superior al Cuaternario, es otro factor decisivo en el origen de las formas fisiográficas del área. Las unidades geomorfológicas identificadas son:

- Altiplanicies
- Altiplanicies llanas
- Altiplanicies onduladas
- Altiplanicies disectadas
- Colinas y Montañas
- Colinas moderadamente empinadas
- Vertientes montañosas moderadamente empinadas
- Vertientes montañosas empinadas

3.8 GEOLOGÍA REGIONAL

El yacimiento de Cuajone es un pórfido de cobre del tipo diseminado, está localizado en el área de la quebrada Chuntacala, un tributario seco del río

Torata, a 30 km al NE de la ciudad de Moquegua, y 25 km al N - NW de la mina de cobre de Toquepala. Cuajone está localizada dentro de la “sub - provincia cuprífera del pacífico sur”, en el flanco occidental de los andes, al Sur del Perú, plano 02.

De acuerdo a la teoría tectónica de placas para la formación de estos pórfidos de cobre, esta provincia metalogénica fue generada por la fusión parcial de los mantos superficiales ricos en cobre a lo largo de la zona Benioff de la placa este del pacífico. Los magmas que contenían materiales calco-alcalinos se fueron introduciendo dentro de los mantos superficiales a través de profundas fisuras, dentro de los volcánicos del mesozoico de los mantos, a 100 - 150 km verticalmente debajo de la zona de las placas.

Actualmente un conjunto de estructuras NW - SE dominan la geología regional, esta es la orientación de los trechos oceánicos.

3.8.1 Formación Chocolate.

Aflora principalmente en la Cordillera de la Costa y se presenta como una alternancia de derrames de brechas y tufos con capas de calizas marrones. Esta formación pertenece al Liásico del Jurásico y está datado entre 150 y 190 MA de antigüedad.

3.8.2 Grupo Toquepala.

Viene a ser el basamento de las rocas presentes en el área y están mayormente compuestos por rocas volcánicas con algunas intercalaciones de clastos gruesos.

Se le asigna una edad de 34 a 100 MA (Cretáceo Superior al Plioceno).

- **Formación Toquepala.**

Está constituido en la parte inferior por una secuencia de

derrames, brechas de flujo y piroclásticos de composición andesítica, dacítica y riolítica.

En su parte media se presentan bancos de conglomerados y areniscas. En la parte superior se tiene derrames y brechas de flujos riolíticos y aglomerados.

- **Formación Inogoya.**

Está formado por una intercalación de conglomerados y areniscas gruesas. Los conglomerados son gruesos, compuestos de clastos volcánicos en una matriz arenotufácea, los clastos disminuyen en tamaño hacia los niveles superiores. Sobreyace discordantemente a la formación Toquepala.

- **Volcánico Paralaque.**

Está compuesto mayormente por derrames de dacitas, riolitas, andesitas, piroclásticos y conglomerados en los niveles superiores. Sobreyace discordantemente a la formación Inogoya.

- **Volcánico Quellaveco.**

Sobreyace discordantemente al Volcánico Paralaque y está constituido por varios miembros:

- **Pórfido Quellaveco (RP).**

Consiste de flujos macizos de riolitas con granos gruesos de cuarzo redondeados y ortosas mayormente blanquesinas en una matriz fina. En la zona de Cuajone se le conoce con el nombre de Riolita Porfirítica, mientras que en la zona de Toquepala se le conoce como Cuarzo Quellaveco (QQ).

- **Dolerita Toquepala (TD).**

Está constituida por una dolerita basal en discordancia con el Pórfido Quellaveco cuyas características más saltantes son las rocas de grano fino de color gris oscuro a parduscas en algunos sectores.

- **Pórfido Cuarcífero Toquepala (TQ).**

Sobreyace a la dolerita con discordancia erosional, presenta una textura porfirítica con granos gruesos de cuarzo redondeados a subredondeados en una matriz afanítica silícea.

- **Andesita Toquepala (TA).**

Sobreyace discordantemente también al Pórfido Cuarcífero Toquepala, presenta una coloración gris verdosa a negra y tiene una textura fina.

- **Riolita Toquepala (TR).**

Sobreyace discordantemente a la Andesita Toquepala, se presenta mayormente bandeada con pequeños lentes de feldespatos. Es de color gris claro violáceo.

- **Serie Alta.**

Es una secuencia de flujos volcánicos compuestos en su parte inferior por riolitas rosáceas ocasionalmente brechoides con textura porfirítica de feldespatos y cuarzos subredondeados en una matriz fina, también se tiene la presencia de flujos andesíticos brechoides de colores negruzcos verdosos a marrones con textura porfirítica intercalados con brechas de flujo y

conglomerados. En los niveles más recientes se encuentran flujos riolíticos rosáceos conglomerados y piroclásticos.

- **Riolita Yarito.**

La riolita es de color claro rosácea y violácea. Presenta una textura porfírica con fenos de feldespatos de hasta 0,5 cm generalmente caolinizados. También se presentan algunas hornblendas alteradas. La matriz es microgranular afanítica.

- **Riolita Tinajones.**

Aflora en las cercanías de Cuajone, presenta una coloración rosado claro, grisácea y blanco amarillenta. Presenta una textura porfírica y su ocurrencia es en bancos medianos a gruesos. Se puede observar granos de cuarzo angulares a redondeados, feldespatos y micas en una matriz microcristalina afanítica. Sobreyace en discordancia a la Serie Alta.

3.8.3 Rocas Intrusivas.

En el área afloran rocas intrusivas conformadas por dioritas, granodioritas, granitos, monzonitas cuarcíferas, latitas, dacitas, chimeneas de brecha y diques de diferentes dimensiones conformando pequeños apófices y grandes stocks que atraviesan las rocas pertenecientes al grupo Toquepala.

Las edades de estos intrusivos varían del Cretáceo superior al Terciario inferior a medio (37 a 100 MA).

Los intrusivos que se presentaron entre 50 y 60 MA de antigüedad son los que mayormente han traído la mineralización tal y como se puede comprobar en los yacimientos de cobre de Toquepala,

Quellaveco, Cuajone y Cerro Verde mayormente asociados a cuerpos intrusivos ácidos a intermedios de dacitas, monzonitas y latitas que vienen a conformar una faja mineralizada dentro de la Sub Provincia Cuprífera del Pacífico en el flanco occidental de los Andes del Sur del Perú que se correlacionan con los depósitos de cobre del Norte de Chile.

El origen se le atribuye a la tectónica de placas en donde la placa subductora del Pacífico Oriental en contacto con la placa Continental a lo largo de la zona de Benioff, generó una fusión parcial de la corteza oceánica en algunos casos rica principalmente en minerales de cobre, que se introdujeron a la corteza a través de zonas de debilidad como fallas, fisuras y brechas.

Las rocas encajonantes o receptoras de los intrusivos pertenecen al grupo Toquepala.

3.8.4 Formación Moquegua.

Se depositó en la depresión tectónica formada entre los cerros de la Cadena Costanera y el pie del Frente Andino.

Sobreyace discordantemente en forma parcial al grupo Toquepala y a los intrusivos de la Cadena Costanera y del Batolito del Sur del Perú. Su origen se le atribuye a un prolongado período de erosión en el Terciario (Oligoceno a Mioceno Inferior).

Las rocas continentales fueron erosionadas y depositadas formando arcillas, areniscas, conglomerados, areniscas tufáceas y tobas que vienen a constituir en gran parte lo que geomorfológicamente se denomina la Llanura Costanera con una topografía de relieve suavizado.

La formación Moquegua ha sido subdividida en Moquegua inferior y superior.

- **Moquegua inferior.**

Compuesta principalmente por areniscas arcósicas a tufáceas interestratificadas con areniscas arcillosas y arcillas. Toda esta secuencia presenta capas y venillas de yeso.

- **Moquegua superior.**

Presenta una secuencia areno conglomerádica intercalada con tufos redepositados, areniscas y arcillas. Sobreyace al Moquegua inferior con discordancia débil. Los clastos de los conglomerados son mayormente redondeados y de una composición volcánica casi íntegramente compuesta por rocas del grupo Toquepala.

3.8.5 Formación Huaylillas.

Es una secuencia volcánica de tufos y flujos lávicos de colores blancos rosáceos que se presentan generalmente en las cumbres de los cerros a manera de lenguas sobre rocas del grupo Toquepala y formación Moquegua en discordancia paralela.

Consiste de tufos dacíticos, riolíticos y traquíticos compuestos de feldespatos, micas, escasas hornblendas y fragmentos de pómez.

La textura varía de tufos de grano grueso, poroso, blando y friable a flujos o derrames compactos, macizos, duros y silicificados. Presentan bandeamientos de flujo y en algunos horizontes son vesiculares.

Se le asigna una edad de 17 a 22,8 MA (Mioceno inferior a medio).

3.8.6 Formación Chuntacala.

Es una secuencia de tobas, aglomerados de colores, rosáceos y marrones cuyos miembros se encuentran en unos casos en forma gradacional y en otros en discordancia erosional atribuidos a levantamientos y erosiones sucesivas intraformacionales.

La secuencia empieza con el Conglomerado Basal, luego se tiene la Toba Cristal, Toba Inferior, Aglomerado Inferior, Toba Superior, Aglomerado Superior, finalmente en las cumbres Andesita Porfírica.

Se le asigna una edad de 9 a 14 MA (Mioceno medio a superior).

3.8.7 Formación Capillune.

Es una sucesión de conglomerados, areniscas, arcillas y tufos que sobreyacen discordantemente a la formación Huaylillas y formación Chuntacala.

Se les atribuye una edad Pliocénica superior. Por la naturaleza de los sedimentos se ha determinado su depositación en un ambiente continental lacustre por medio de fuertes corrientes de corto recorrido.

3.8.8 Formación Barroso.

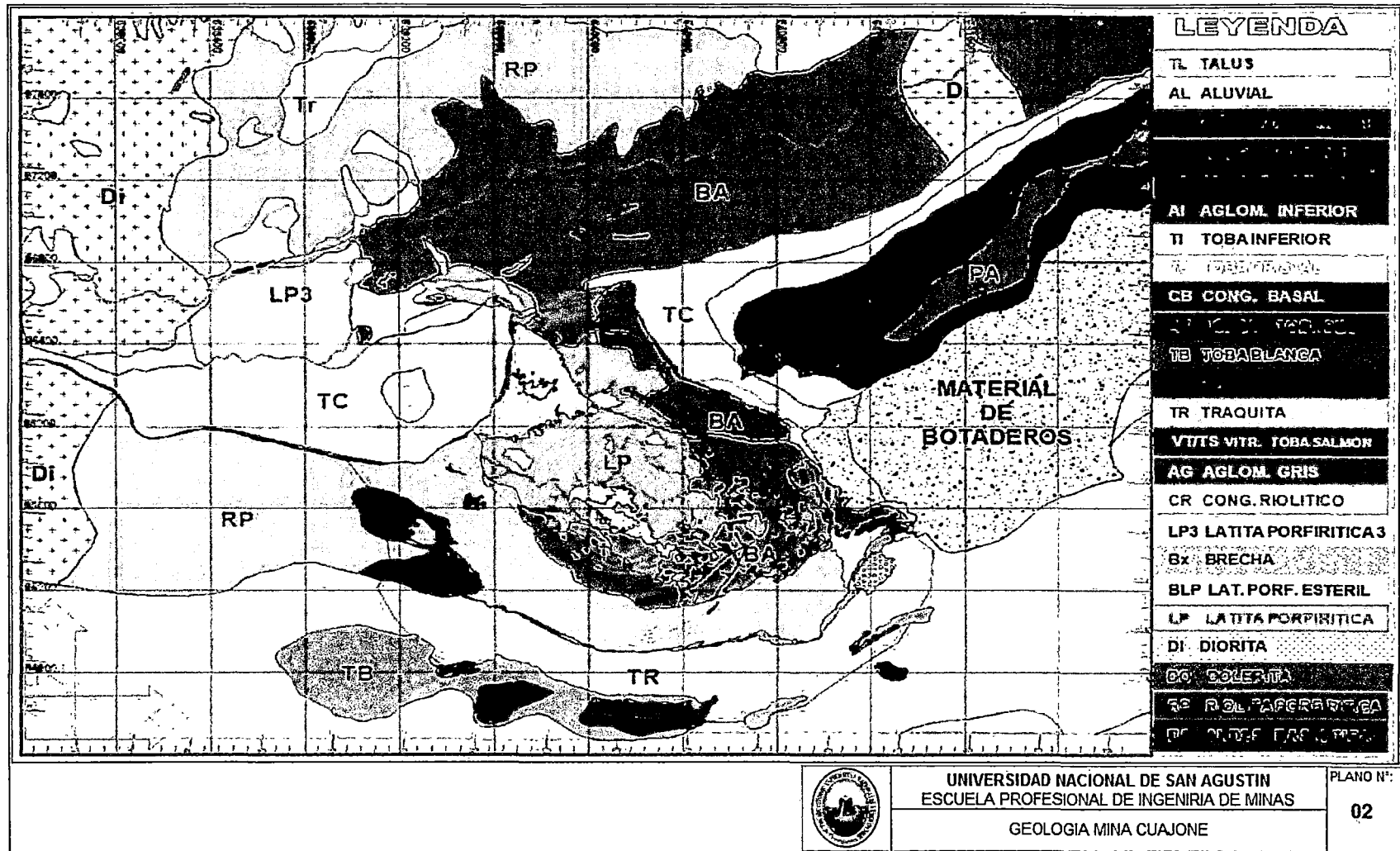
Serie de rocas y derrames volcánicos compuestos de andesitas, traquitas, y traquiandesitas intercaladas con brechas de flujo, piroclásticos y aglomerados. Conforman principalmente la Cadena de Conos Volcánicos.

Sobreyace en discordancia paralela a la formación Capillune. Se le asigna una edad Terciario Superior - Cuaternario (Plioceno-Pleistoceno).

3.8.9 Depósitos Cuaternarios.

Principalmente en los lechos de los ríos, quebradas y laderas de cerros; se han depositado morrenas, aluviales y coluviales de variada composición y tamaño.

Plano N° 02: Geología Mina Cuajone



Fuente: Departamento de geología de la mina Cuajone

3.9 GEOLOGÍA LOCAL

La mina de Cuajone se encuentra en el Flanco Andino que está constituido por rocas volcánicas y macizos intrusivos que muestran una topografía abrupta con fuertes pendientes cuyas cumbres llegan a los 4 000 m.s.n.m.

En las partes altas se presenta una topografía moderadamente ondulada con algunos sectores planos mayormente cubierto por rocas volcánicas.

El cuerpo mineralizado ha sido parcialmente erosionado en el lado Noroeste por el río Torata y débilmente erosionado en su parte central de Este a Oeste en la quebrada Chuntacala que tributa sus aguas en épocas de lluvia al río Torata.

3.9.1 Litoestratigrafía

Como en el caso de muchos pórfidos de cobre, la alteración hidrotermal intensa ha destruido parcial o totalmente las texturas originales mineralógicas dentro de rocas pre mineral, e intrusivas en Cuajone, figura 09.

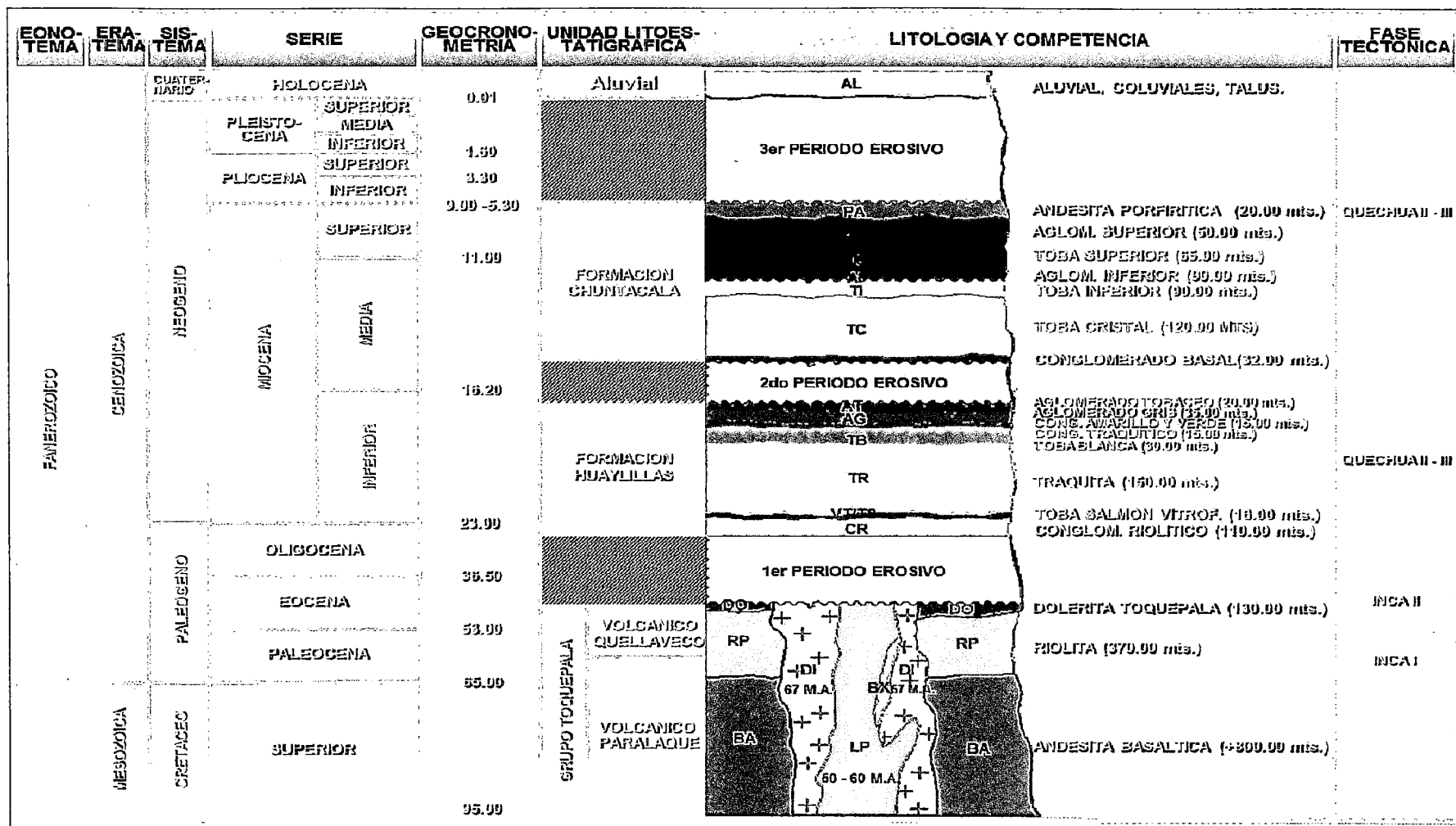


Figura N° 09: Columna estratigráfica de Cuajone.

3.9.2 Volcánicos pre-mineral.

Las rocas más antiguas en el área de la mina son los dos miembros más bajos del grupo Toquepala de volcánicos (cretáceo superior / paleoceno), la andesita basáltica y la riolita porfirítica.

La andesita basáltica debe parte de su coloración oscura a la biotita, probablemente de origen hidrotermal, anfibolita (tentativamente antofilita) y al piroxeno (hendenbergita) han sido identificados. Algún remanente de la estructura porfirítica, se puede encontrar, en la forma de finos granos anhedrales, ocasionalmente subhedrales, ferromagnesianos corroídos, aunque la alteración es a menudo total, la parte inferior del basalto no ha sido encontrada ni en taladros, ni en roca expuesta.

El flujo de riolita porfirítica concordante con los estratos de basalto es de ligera profundidad. La potencia de la riolita es arriba de los 250 m, la riolita tiene una estructura fuertemente porfirítica, con cuarzo circundante y fenocristales de 2 mm de promedio, en una matriz afanítica.

3.9.2.1 Complejo intrusivo.

El principal cuerpo intrusivo en Cuajone es un stock de latita porfirítica alterada y mineralizada. Para el área de la mina este es un stock de latita porfirítica cuarzosa, con cuarzo libre rodeado de fenocristales de 2 - 4 mm de diámetro. Aunque altamente alterados, algunos feldespatos pseudos morfológicos han sido preservados en cristales alargados de 2 x 5 mm de promedio. La matriz probablemente fue criptocristalina.

Los contactos entre la latita y los volcánicos pre-mineral son

especialmente con andesita basáltica, puede ser transicional a causa de la asimilación.

3.9.2.2 Brechas post – mineral.

Este consiste de clastos redondeados a sub-redondeados localmente derivados, alterados y mineralizados en volcánicos y rocas intrusivas, contenidos en una matriz fresca de latita porfirítica. Localmente la matriz puede ser silicificada o parcialmente compuesta de geodas, conteniendo incrustaciones de cuarzo.

3.9.2.3 Volcánicos post – mineral.

Las mayores secuencias piroclásticas son reconocidas en Cuajone, separadas por la formación quebrada Chuntacala y ahora por el minado. Estos son los volcánicos Hualillas y los volcánicos Chuntacala del lado sur y lado norte de la mina respectivamente, Sus edades son 17 - 22 millones de años para Hualillas y de 9 – 14 millones de años para Chuntacala.

3.10 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En el transcurso del desarrollo del tajo de Cuajone, se han ido descubriendo una serie de estructuras principales y secundarias que han sido debidamente mapeadas y con las cuales se puede tener una interpretación del comportamiento estructural del yacimiento. Ver plano 04.

La falla Botiflaca y la prolongación de la falla Viña Blanca hacia el Noroeste debajo de los volcánicos postminerales, están conformando un “Corredor” con dirección general hacia el Noroeste en donde se encuentra emplazado el cuerpo mineralizado de Cuajone.

La evidencia de estas estructuras, aparte de otras de menor envergadura sugiere un alineamiento regional en rocas preminerales con una tendencia preferencial hacia el Noroeste. Estas estructuras o zonas de debilidad tienen su máxima manifestación en el emplazamiento del cuerpo intrusivo de Latita Porfírica elongado hacia el Noroeste.

Con la intrusión de los diferentes pulsos magmáticos de Latita Porfírica, se tiene un intenso fracturamiento tipo Stockwork ocasionado por las enormes presiones ejercidas por el magma intruyente, los fluidos, gases y/o vapores hidrotermales.

Como una superimposición al stockwork, ocurrió en Cuajone un intenso fallamiento, fracturamiento y cizallamiento con una dirección predominante hacia el Noroeste (Satchwell 1982).

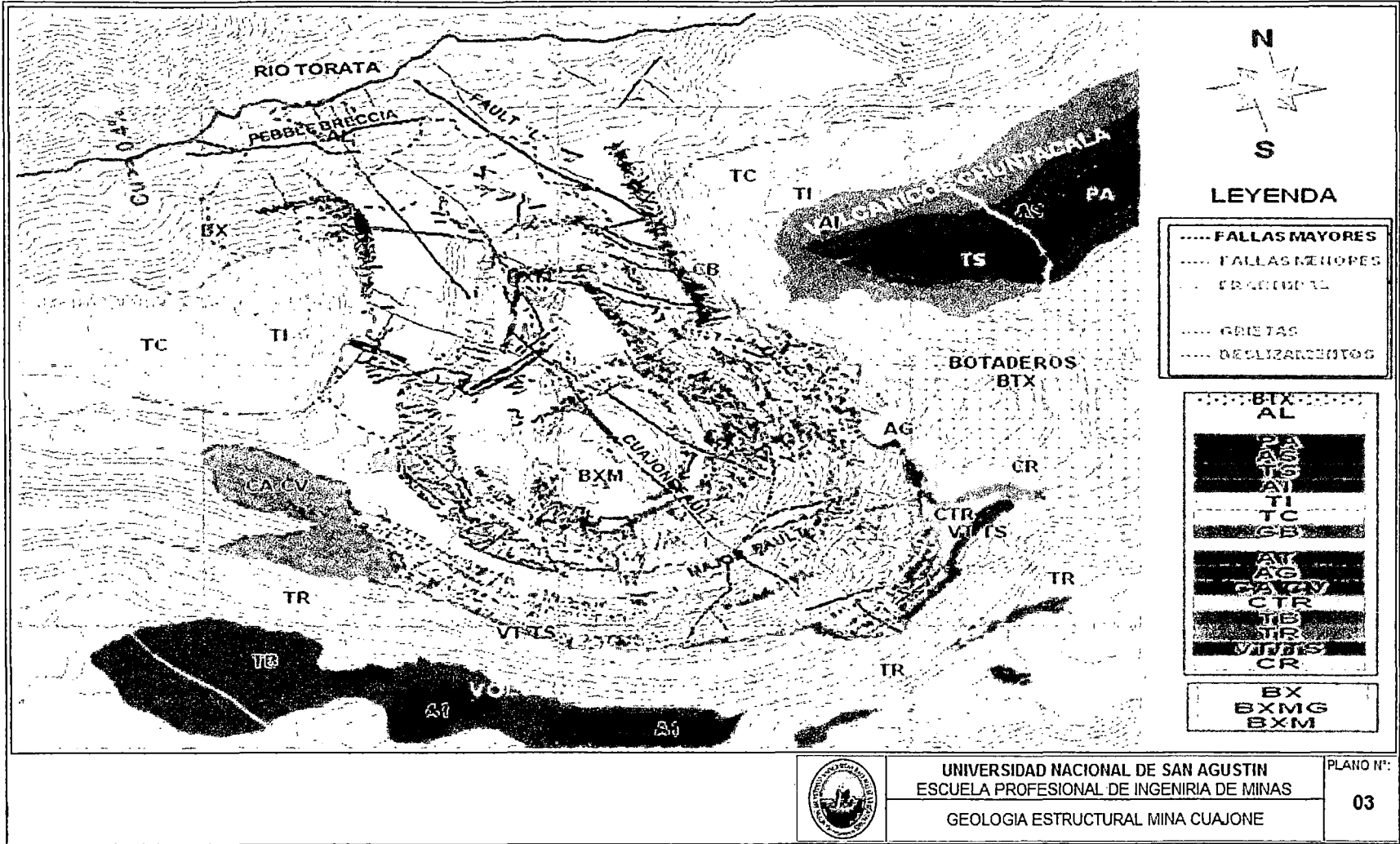
Los Volcánicos Postminerales presentan un fracturamiento diferente. En el área de la mina no se ha identificado ninguna estructura mayor que supere los 30 m.

En los flujos lávicos como la Traquita y la Toba Cristal se tiene un fracturamiento preferentemente subhorizontal con estructuras rellenas por material arcilloso, también se tiene un fracturamiento subvertical concoidal e irregular en variadas direcciones. La combinación de estas fracturas produce bloques rectangulares de variados tamaños. Con referencia a los conglomerados, aglomerados y tobas se tiene un fracturamiento menos intenso pero prevalece la fractura concoide.

Los contactos entre rocas preminerales se encuentran entre discordancias erosionales subhorizontales a excepción de la intrusión de diorita. Los contactos entre rocas intrusivas y preminerales se presentan en algunos casos por fallamiento y en otros son gradacionales. Los contactos entre las rocas preminerales e intrusivas vs. las rocas postminerales son por discordancia erosional y resultan como un sello sobre el que discurre agua subsuperficial. Los contactos intraformacionales de los volcánicos

postminerales son en algunos casos gradacionales y en otros erosionales. Todos estos contactos representan estructuras que deben ser consideradas principalmente en estudios de estabilidad de taludes.

Plano N° 03: Geología estructural de la mina.



Fuente: Departamento de geología de la mina Cuajone

3.10.1 Brechas.

En Cuajone se tienen pequeños cuerpos de brechas que afloran en las Latitas Porfíricas a las que se han clasificado de la siguiente forma:

a) Brecha intrusiva.

Se presenta bordeando el segundo cuerpo de latita porfírica o BLP (Segundo pulso magmático). Está conformada por clastos subangulares, subredondeados y redondeados mayormente de latitas y andesitas generalmente mineralizadas en una matriz de latita parcialmente constituida por material pulverizado. La redondez de los clastos está supeditada al transporte de los mismos desde su origen y se pueden encontrar diámetros de hasta 0,30 m.

b) Brecha de ruptura.

Al Oeste del tajo actualmente aflora entre los Niveles 3 280 y 3 160 una brecha de ruptura de aproximadamente 110 x 90 m de diámetro elongada hacia el Norte en la que se presenta una serie de fracturamientos que se interceptan formando ángulos agudos entre los clastos sin un patrón de orientación definido que posteriormente ha sido rellenado por material triturado, material de cuarzo y mineralización de sulfuros que por los espacios disponibles, han permitido la formación de cristales en drusas y geodas por el enfriamiento lento principalmente del cuarzo y la pirita.

No se nota un desplazamiento visible ni rotación de los fragmentos. El origen se le atribuye a la presión que ejerce el

magma ascendente que es variado produciéndose contracciones que se traducen en fracturamiento.

c) Brecha hidrotermal.

Existen pequeños afloramientos de tres brechas que se presentan de formas irregulares con diámetros de hasta 100 m que están en algunos casos fuertemente mineralizadas.

Los clastos son preferentemente angulares y se presentan en forma caótica en una matriz mayormente compuesta por latita porfirítica fuertemente alterada y con sulfuros minerales.

El origen se le atribuye a posibles zonas débiles que por el empuje de los líquidos y gases hidrotermales originan espacios que son parcialmente rellenados por clastos de las rocas circundantes y también son rellenados por soluciones ricas en minerales. Posiblemente estas brechas se constituyen en los principales conductos de la mineralización.

d) Brechas tectónicas.

Se tiene el corredor estructural de la falla Cuajone, en la zona SE es el principal control para el emplazamiento de las brechas Tecto-Magmáticas, en diferentes tipos de roca como Riolita Porfirítica, Andesita Basáltica y Latita Porfirítica, también controlaron a este brechamiento los alineamientos estructurales (Falla Cuajone- Sistema "C" NW-SE, Chuntacala E-W, Sistema "J" NE-SW, Falla Mayor Sur).

3.10.2 Falla Mayor Sur.

La falla más importante que aflora dentro de la mina ha sido denominada como Falla Mayor Sur. Se presenta como una

estructura que tiene varios ramales que se bifurcan y se unen indistintamente con un azimut preferencial de 212°, buzamiento de 57° y aflora en una longitud de 950 m con un ancho variable de hasta 50 m.

Esta falla posiblemente continúa por el extremo Noreste de la mina en la quebrada Chuntacala que en estos momentos está mayormente cubierta por material de botaderos. En su extremo Suroeste está limitada por los volcánicos de la Formación Huaylillas.

El relleno está mayormente constituido por material intensamente fracturado, triturado y brechado.

3.10.3 Alteraciones hidrotermales.

Todos los cambios en la mineralogía, química, o en la composición textural de las rocas llevada a cabo por factores físicos o químicos esencialmente por soluciones hidrotermales, producen la alteración hidrotermal; que es el resultado de un intento de los contactos de las rocas por alcanzar un equilibrio bajo elevadas condiciones de temperatura en un ambiente acuoso. Los fluidos que transportan soluciones a elevada temperatura reaccionan con las paredes rocosas, removiendo sus constituyentes y depositando otros.

Los cambios en las paredes pueden ser físicos o químicos y se traducen en reemplazamientos o recristalización de minerales. Incremento de agua, carbón dióxido u otros componentes minerales, remoción de componentes químicos, incremento de permeabilidad y porosidad, cambios de color, textura o ratios isotópicos.

La alteración hidrotermal en Cuacone presenta un halo hasta de 4 km de diámetro siendo más intensa mientras más cerca al cuerpo

mineralizado nos encontramos teniendo variaciones internas mayormente relacionado al fracturamiento de la roca y alteración hidrotermal retrógrada, propiciando la alteración fílica y una alteración tardía de argílica. Ver plano 05.

a. Alteración potásica.

Ha sido reconocida por medio de taladros diamantinos principalmente en el sector Noroeste del cuerpo mineralizado.

En la Andesita Basáltica se caracteriza principalmente por la presencia de biotitas secundarias muy finas, magnetita, cloritas y ocasionalmente anhidrita.

En la latita porfírica del Sureste del cuerpo mineralizado se la ha podido determinar en profundidad en forma de venillas que contienen feldespatos potásicos, magnetita y biotita secundaria.

b. Alteración Propílica.

Se encuentra mayormente en los márgenes del cuerpo mineralizado y abarca aproximadamente hasta 4 km radialmente.

La asociación que presenta es epidota, calcita, pirita y clorita que ocurren principalmente en la andesita basáltica y en la riolita porfírica.

c. Alteración Fílica.

Resulta de un proceso retrógrado en el que las soluciones hidrotermales comienzan a enfriarse entre los 500 y 100 ° C. Viene a ser la lixiviación del sodio, calcio y magnesio y el desarrollo de un metasomatismo potásico. El potasio es

introducido o derivado del feldespato que contiene la roca de composición ácida a intermedia remplazando a los feldespatos, especialmente plagioclasas y biotita, dando lugar a la formación de sericitas en hojuelas finas o variedades fibrosas de mica incolora conformando venillas o agregados densos o dispersos. La asociación característica es cuarzo, sericita, pirita y como accesorios se tiene a la clorita, illita y biotita secundaria.

La ocurrencia de este tipo de alteración en Cuajone se presenta principalmente en la Latita Porfírica, Riolita Porfírica y en menor proporción en la Andesita Basáltica. Abarca mayor área de superficie de exposición actual en el tajo.

d. Alteración Fílica - Potásica.

Determinada mayormente por taladros diamantinos, resulta de una sobreimposición de la alteración fílica sobre la alteración potásica.

Los principales constituyentes vienen a ser la sericita y el cuarzo, se presentan mayormente en venillas y en las cercanías de fracturas, la biotita de grano muy fino secundaria, magnetita y ocasional anhidrita.

e. Alteración Potásica - Propílica

Resulta de la gradación que existe entre la alteración potásica y la alteración propílica. Ha sido determinada mayormente en el borde la alteración potásica.

La asociación que presenta es la ocurrencia de pirita, biotita secundaria, magnetita y clorita; ocasionalmente epídota.

f. Alteración Fílica - Propílica.

Aparece en los bordes de la alteración fílica en la que se tiene la presencia de sericita, cuarzo, cloritas y muy ocasionalmente epídota. El contenido de pirita es alto.

g. Alteración Argílica - Fílica.

La asociación característica es sílice, sericita, caolinita, como accesorio clorita, producto de una alteración tardía ha sido determinado mayormente en la Andesita Basáltica 1 en la parte alta y en profundidad en contacto con la Andesita Basáltica 2.

3.10.4 Alteración Supérgena.

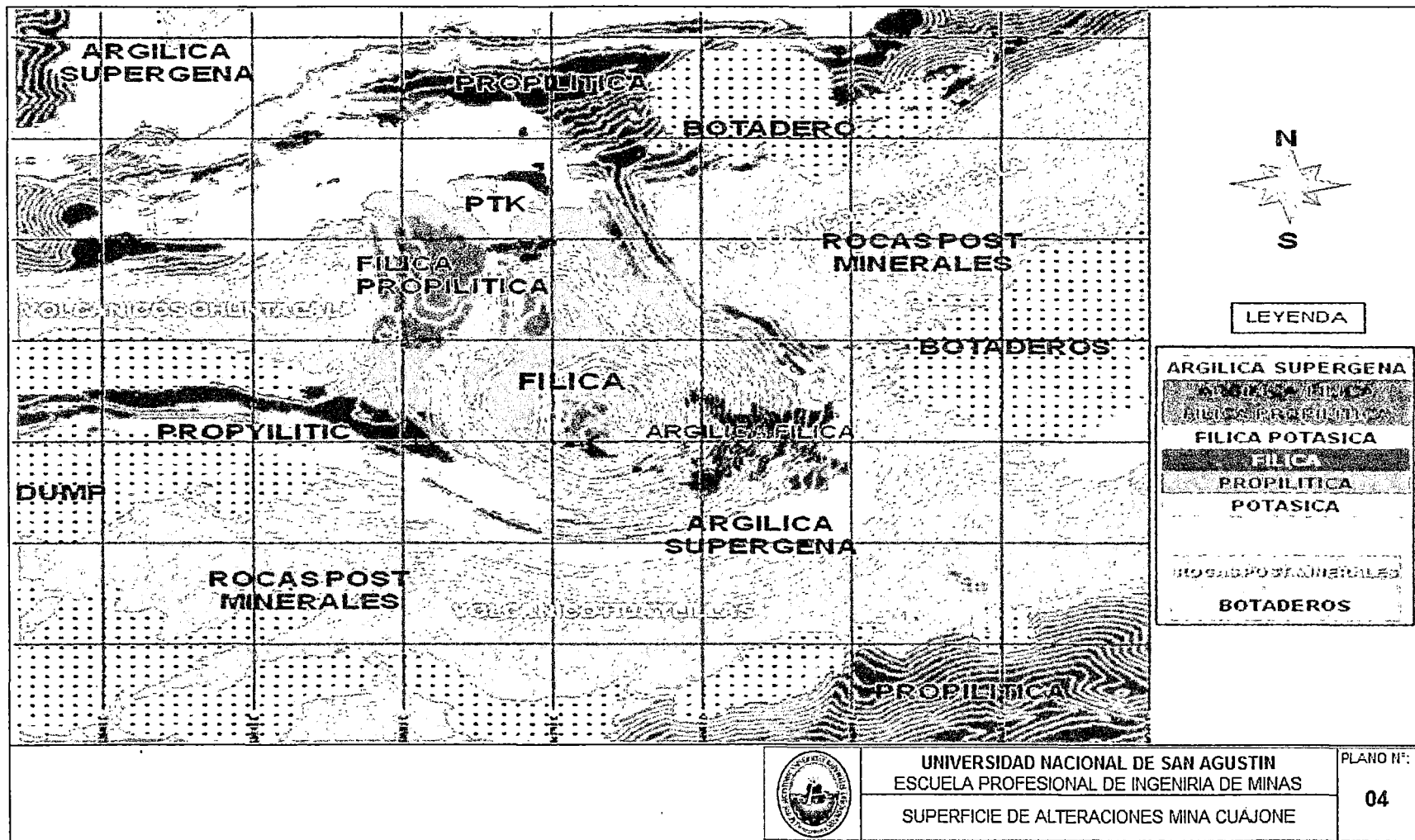
a. Alteración Argílica.

La mineralogía representativa de este tipo de alteración está mayormente conformada por la presencia de caolinita, montmorillonita, illita y dickita.

Se presenta principalmente en las cercanías a superficie y en las zonas mineralógicas conformadas por la capa de material lixiviado, óxidos y sulfuros enriquecidos llegando a pasar hasta la zona transicional mayormente en rocas sumamente fracturadas, porosas y permeables.

No se descarta la posibilidad que parte de esta alteración, especialmente en profundidad, esté conformada por una alteración hidrotermal.

Plano N° 04: Superficie de alteraciones Cuajone



Fuente: Departamento de geología de la mina Cuajone.

3.11 GEOLOGÍA ECONÓMICA

El cuerpo mineralizado de cobre de Cuajone (> 0,40 % de Cu) presenta una mineralización regular, homogénea y tiene una mineralogía simple.

Abarca una extensión de aproximadamente 2 300 m de longitud por 900 m de ancho, alargado con una dirección Noroeste Sureste. Presenta un cuerpo de baja ley en el sector Noroeste central de 550 por 850 m y otro cuerpo en el sector Sureste central de 200 por 300 m. aproximadamente. Ver plano 05.

En sección vertical la mineralización tiene una forma de embudo y los valores de leyes decrecen económicamente en el sector Noroeste aproximadamente en el Nivel 2950, mientras que en el sector Sureste profundizan hasta el Nivel 2580 en donde todavía se tienen taladros con mineralización superior a 0,40 % de Cu. La distribución de roca mineralizada es la siguiente:

Tabla N° 02: Distribución de roca mineralizada

Tipo de Roca	Porcentaje
Andesita Basáltica	51
Latita Porfirítica	47
Riolita Porfirítica	1
Brechas Mineralizadas	1

La diferenciación de las zonas mineralizadas está definida principalmente por los minerales predominantes que se encuentran en cada una de ellas y la relación del índice de solubilidad ácida, cianurada e insoluble. Así se tiene:

a) Zona lixiviada.

El origen de la zona lixiviada sobre el depósito se debe a que el cobre entró en solución por medio del ácido sulfúrico de baja concentración

que se formó por la reacción del agua de lluvia con la pirita (Satchwel 1982).

Ocorre inmediatamente debajo de los volcánicos postminerales en espesores que varían desde pocos metros en la Andesita Basáltica del sector Norte del tajo hasta 120 m en el sector Sur de la mina en la Riolita Porfirítica.

Esta zona está mayormente constituida por limonitas que se presentan como óxidos e hidróxidos de Fe como la hematita, gohetita, en menor proporción esporádicamente jarosita y pirolusita. La intensidad es variable dependiendo mayormente del fracturamiento de la roca.

b) Zona de óxidos.

El proceso de oxidación está relacionado a los componentes del agua subterránea que generalmente contienen CO₂, O₂ y algunas veces yoduros, cloruros y bromuros. Estos compuestos son generadores de disolventes muy fuertes como el sulfato férrico y el cloruro férrico que atacan a los minerales formando soluciones sulfatadas {Cu SO₄, Fe₂ (SO₄), Zn SO₄} con un pH ligeramente ácido a moderado, algunas veces alcalino cuando circulan a través de carbonatos y feldespatos.

Los sulfuros expuestos a la acción del medio ambiente, se descomponen formando óxidos, carbonatos, hidróxidos, silicatos y soluciones sulfatadas hasta la parte superior de la napa freática.

La oxidación en general es producto de la ocurrencia de ácido sulfúrico, del pH, Eh de los minerales y de las soluciones meteóricas.

La zona de óxidos en Cuajone está prácticamente minada, quedando únicamente algunos remanentes pequeños en el sector Norte. Inicialmente esta zona ha sido descrita como una capa tabular casi horizontal de 15 m de espesor promedio.

El minado de este tipo de mineralización ha sido depositado en botaderos especialmente designados para este fin que en estos momentos se están lixiviando en forma parcial.

Anteriormente parte de este material era enviado a Ilo para ser utilizado como fundente en la fundición.

Los principales minerales que se presentan en la zona de óxidos son la Crisocola, Malaquita, Chalcantita, Brocantita, Cuprita, Cu nativo y Tenorita; cuya ocurrencia se concentra principalmente en fallas, fracturas y en menor proporción en forma diseminada.

c) Zona enriquecida.

Las tres etapas erosivas que se suceden entre 14 y 50 MA, habrían dado origen a la formación de la zona enriquecida o zona de sulfuros secundarios.

Esta zona está representada mayormente por la calcosita, bornita, digenita y covelita; minerales que han reemplazado parcial o totalmente a la calcopirita y en parte a la pirita generalmente como un revestimiento de los cristales.

La zona enriquecida ha sido mayormente minada quedando todavía in situ sulfuros secundarios en el sector Norte y Oeste del Tajo.

Los sulfuros secundarios aparecen debajo de los óxidos o zona lixiviada en forma gradacional configurando una forma semitabular horizontal ligeramente inclinada hacia el Oeste. Gradacionalmente también sobreyace a la zona transicional. Se tiene referencias que en el pasado se tuvieron potencias de hasta 78 m en zonas cercanas al eje de la quebrada Chuntacala, pero el promedio de su potencia es de 20 m.

En las zonas en que la pirita tuvo un recubrimiento de minerales secundarios (digenita), este mineral representa un problema en los concentrados puesto que la cubierta de digenita hace flotar a la pirita ocasionando una menor ley de concentrado.

d) Zona Transicional.

El paso de la zona enriquecida a la zona primaria, no es definido, teniéndose entre ambas una amplia zona transicional caracterizada principalmente por la presencia de pirita-calcopirita, en menor proporción la presencia de calcosita y bornita.

La potencia aproximada es de 190 m. tanto su base como su tope tienen una forma ondulada gradacional en contacto con los sulfuros enriquecidos y la zona primaria.

e) Zona Primaria.

Aflora en los niveles más profundos del tajo y vienen a constituir la mineralogía dominante del yacimiento de Cuajone.

La mineralogía es simple, está constituida por pirita, calcopirita, bornita, ocasionalmente se tiene esfalerita, galena y enargita.

La ocurrencia de la calcopirita se encuentra como microvenillas, en venillas de cuarzo tipo stockwork, diseminado e inclusiones en la pirita los concentrados de cobre en la planta concentradora.

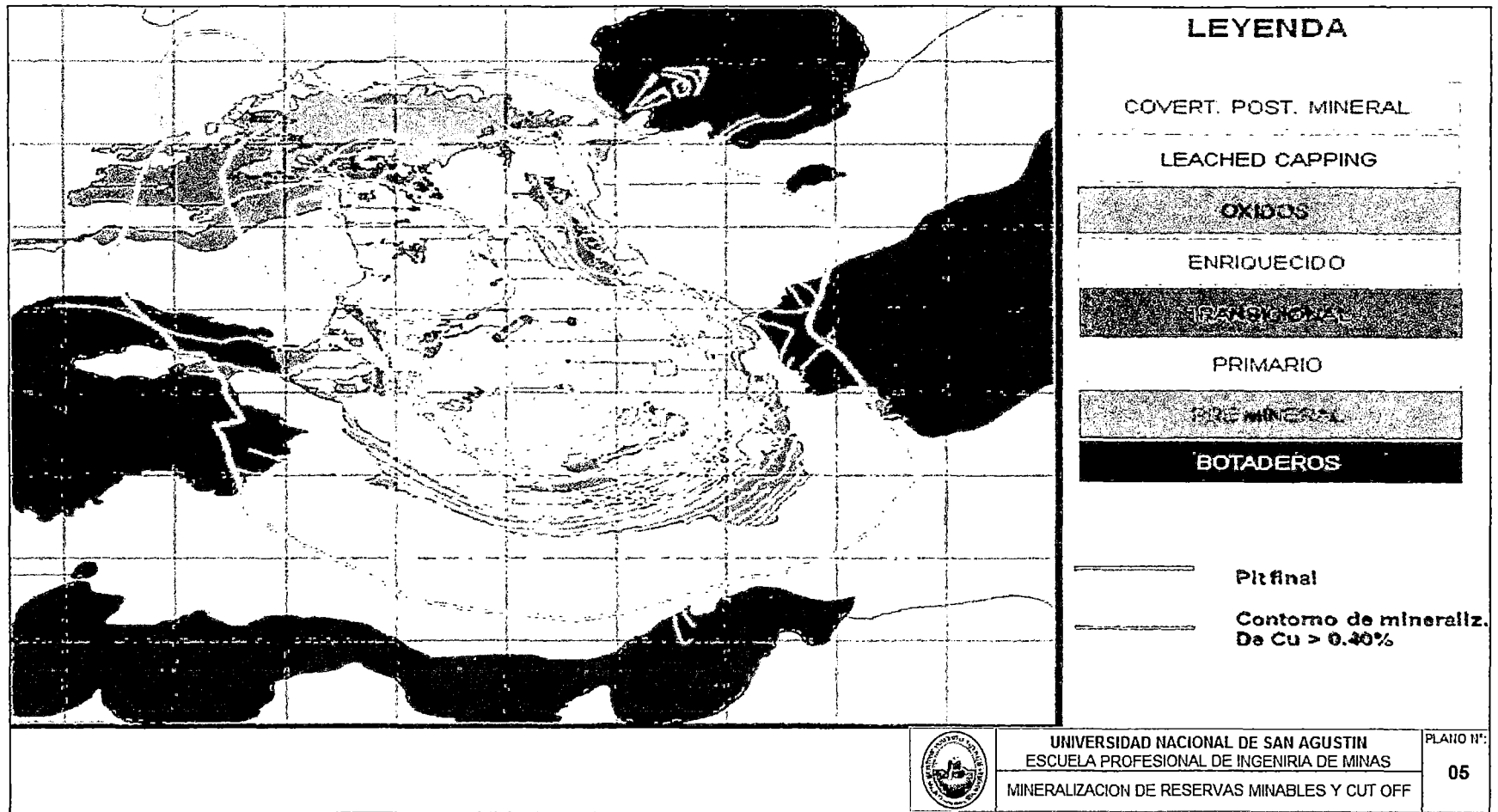
3.11.1 Mineralización de molibdeno.

Es el principal subproducto de Cuajone que se obtiene separándolo de los concentrados de cobre en la planta concentradora.

La ley promedio de molibdeno para el yacimiento es 0,033 % y ocurre como un sulfuro de molibdenita ya sea en forma cristalizada en venillas de cuarzo, en forma de pátinas en las fracturas de las rocas y finamente diseminado visible al microscopio.

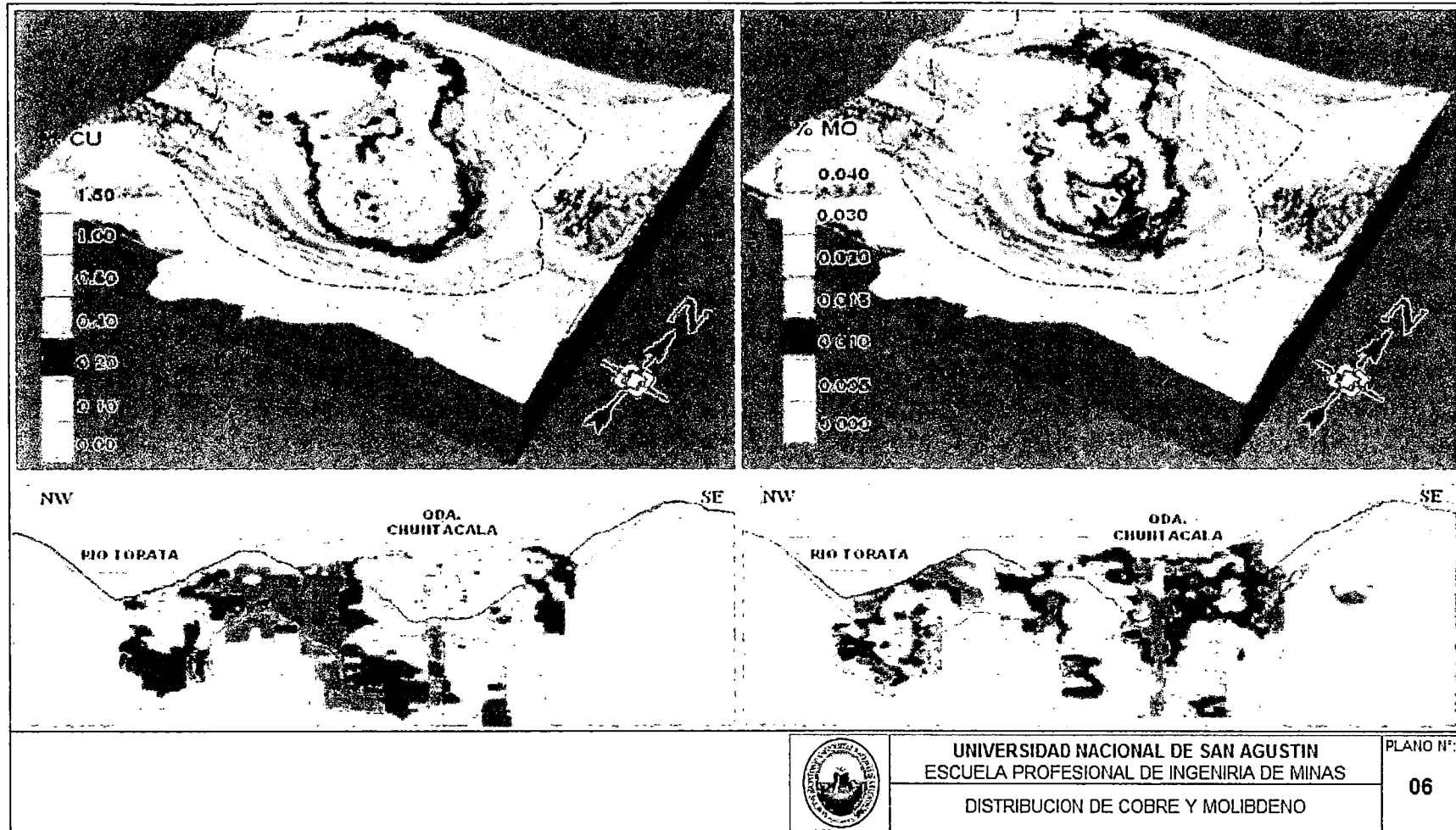
El molibdeno no tiene un zonamiento de óxidos, enriquecidos transicional y primario tal como ocurre con el cobre, lo cual se explica por el comportamiento diferente entre el Cu y el Mo. En un ambiente supérgeno en el rango Eh oxidante, el Mo es inmóvil en pH ácido. Ver figura 06. La presencia de Mo es independiente de los otros sulfuros del yacimiento que sugiere una fase separada de la mineralización distribución de la mineralización de Cu y Mo Tajo mina Cuajone.

Plano N° 05: Mineralización reservas minables y Cut off



Fuente: Departamento de geología de la mina Cuajone

Plano N° 06: Distribución de cobre y molibdeno

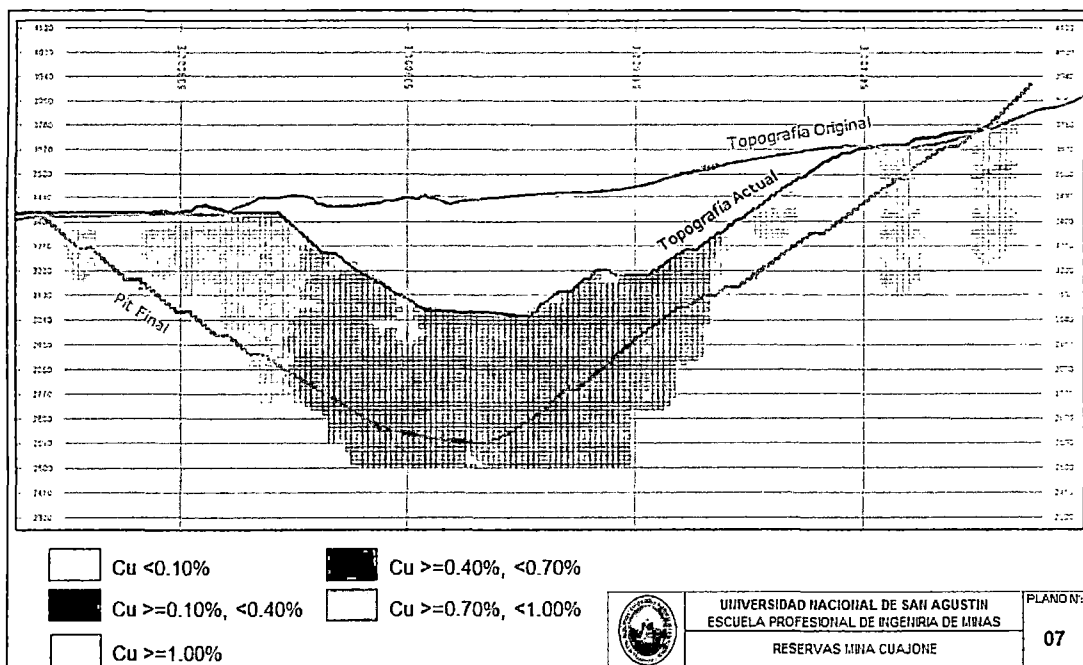


Fuente: Departamento de geología de la mina Cuajone

3.11.2 RESERVAS

Las reservas se estiman 1,865 Millones de Toneladas de Mineral, lo cual estima una vida de la mina de aproximadamente 50 años más.

Plano N° 07: Reservas Mina Cuajone



Fuente: Departamento de geología mina Cuajone

3.12 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS

Los Parámetros Geotécnicos son estudiados por consultores con toda la información de campo y laboratorio (grado de cohesión, permeabilidad, porosidad de las rocas), monitoreo de piezómetros e inclinómetros, información de los Logueo de taladros diamantinos (RQD, grado de fracturamiento, geomecánica de roca, pruebas uniaxiales), mapeos de celdas, mapeo estructural de la mina, información geológica (tipos de roca, mineralización, alteración).

Toda esta información servirá para obtener los ángulos de taludes y dividir la mina en sectores o en dominios estructurales. Los tipos de roca considerados para los dominios estructurales son:

- Aluvional - Botaderos (ALUV-BOT)
- Rocas Volcánicas (VOLC)

- Riolita Porfíritica (RP)
- Andesita Basáltica (BA)
- Latita Porfíritica (LP)

Los ángulos inter-rampas para los volcánicos es de 47°, para Latita Porfíritica, la Andesita Basáltica y la Riolita Porfíritica es de 38° a 46° con una zona restringida por la Falla Mayor Sur que es de 38°.

3.12.1 TALUDES DEL TAJO

Los ángulos de talud usados en el trabajo de optimización del tajo se basan en las recomendaciones hechas el estudio geotécnico de noviembre 2000 por Golder Associates. Los ángulos recomendados de las paredes finales del tajo dependen de los siguientes factores:

- El tipo de roca expuesta sobre la superficie final del tajo.
- Los dominios estructurales definidos por Golder Associates.
- El azimut (dirección) de las paredes finales del tajo.

Estos factores geológicos / geométricos fueron usados para construir un juego de polígonos de sectores de talud para controlar el ángulo de talud usados a lo largo de las paredes finales del tajo durante el proceso de optimización del tajo.

3.12.2 SECTORES Y ÁNGULOS DE TALUD

La tabla N° 03 resume el tipo de roca e información del azimut de las paredes del tajo asociados con cada dominio estructural y el ángulo asociado de talud inter-rampa, Los ángulos de talud, área de sectores y tipo de rocas expuestas sobre el tajo final (ver figura N° 10).

Tabla N° 03: Ángulos Inter-Rampas Del Tajo Final

XTRA4	TIPO DE ROCA		SLOPE	PHSLP	BANCO		BERM	
código			BANCO	INTERRAMPA		m.	m.	m.
1	AL	AL/BOT	65	38	SIMPLE	15	12.2	12.2
2	VOLC N	VOLC	70	47	DOBLE	30	0	17.06
3	VOLC S		70	47	DOBLE	30	0	17.06
4	RP	RP	60	38	SIMPLE	15	10.54	10.54
5	RP		65	42	DOBLE	30	0	19.33
6	LP1		65	43	SIMPLE	15	9.09	9.09
7	BLP		65	43	SIMPLE	15	9.09	9.09
8	LP1	LP	65	46	DOBLE	30	0	14.98
9	BLP		65	46	SIMPLE	15	7.49	7.49
10	LP1		65	46	DOBLE	30	0	14.98
11	BA NE		60	38	SIMPLE	15	10.54	10.54
12	BA SE		60	38	MODIF	15	8	13.08
13	BA SW	BA	65	42	DOBLE	30	0	19.33
14	BA NW		65	45	DOBLE	30	0	16.01
15		default	65	42	SIMPLE	15	10.54	10.54

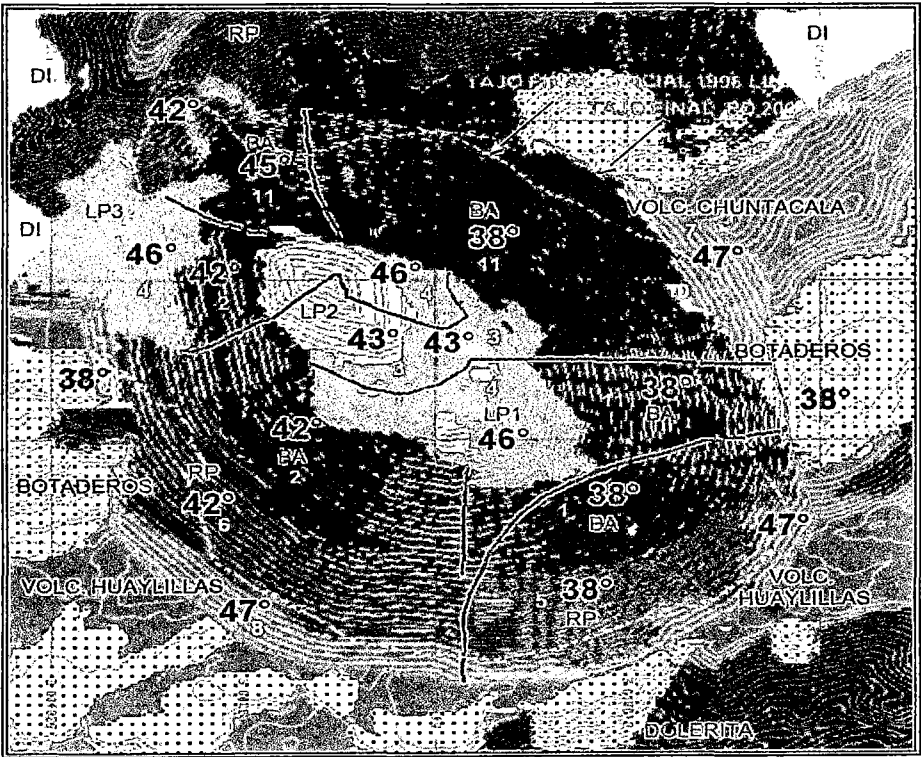


Figura N° 10: Geología y ángulos inter-rampas del tajo final

3.13 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

3.13.1 Planeamiento de minado

La producción total diaria en promedio es de 450,000 toneladas métricas. En tanto, la producción diaria de mineral es de 85,000 toneladas métricas con una ley Cu% promedio de 0.623 y ley de Mo% de 0.014. Los parámetros de minado son los siguientes: el ancho de minado depende de tamaño de la Pala siendo el mínimo 70 m en cada banco, la altura de cada banco es de 15 m y las rampas de acceso serán de 35 m. de ancho con una inclinación de 10%.

Tabla N° 04: Plan de minado anual 2015

	MINERAL	TM	Ox (%)	Fe (%)	IA+BA (%)	Mo (%)	Recup. (%)	Tcu (%)	WI Ajustado
1	ENERO	2,697,000	0.030	3.826	53%	0.013	85.0	0.645	15.4
2	FEBRERO	2,436,000	0.027	4.076	50%	0.016	85.0	0.648	15.8
3	MARZO	2,697,000	0.024	4.052	55%	0.016	85.0	0.652	16.0
4	ABRIL	2,610,000	0.022	4.522	68%	0.016	85.0	0.652	16.5
5	MAYO	2,673,000	0.025	4.416	64%	0.016	85.0	0.655	17.1
6	JUNIO**	2,057,000	0.019	3.670	58%	0.018	84.5	0.651	16.7
7	JULIO	2,697,000	0.022	4.251	68%	0.018	85.0	0.657	16.6
8	AGOSTO	2,697,000	0.018	3.476	46%	0.013	85.0	0.651	16.4
9	SETIEMBRE	2,610,000	0.019	3.986	74%	0.018	85.0	0.653	16.8
10	OCTUBRE	2,626,000	0.022	4.418	70%	0.018	85.0	0.655	17.4
11	NOVIEMBRE	2,610,000	0.017	3.168	45%	0.018	85.5	0.651	16.6
12	DICIEMBRE	2,697,000	0.016	3.657	60%	0.017	85.0	0.655	16.6
Total		31,107,000	0.022	3.964	59%	0.016	85.0	0.652	16.2

Concentradora tiene una parada de 4 días mes de Junio 2014.

	PRODUCCION	DIAS	TON/MES	TON/DIA
1	ENERO	31	13,640,000	440,000
2	FEBRERO	28	12,320,000	440,000
3	MARZO	31	13,640,000	440,000
4	ABRIL	30	14,130,000	471,000
5	MAYO	31	14,601,000	471,000
6	JUNIO**	30	15,750,000	525,000
7	JULIO	31	16,275,000	525,000
8	AGOSTO	31	16,275,000	525,000
9	SETIEMBRE	30	15,750,000	525,000
10	OCTUBRE	31	16,275,000	525,000
11	NOVIEMBRE	30	15,750,000	525,000
12	DICIEMBRE	31	16,275,000	525,000
Total		365	180,681,000	495,016

	Cu en Concentrado	KTON/MES
1	ENERO	14,786
2	FEBRERO	13,417
3	MARZO	14,947
4	ABRIL	14,465
5	MAYO	14,883
6	JUNIO**	11,315
7	JULIO	15,061
8	AGOSTO	14,924
9	SETIEMBRE	14,487
10	OCTUBRE	14,623
11	NOVIEMBRE	14,527
12	DICIEMBRE	15,016
Total		172,451

3.13.2 Ley de Corte (Cut Off)

La ley de cabeza de cobre promedio alimentado en el 2015 es de 0.65% Cu y una ley promedio de Mo de 0.020%. La ley de corte de de 0.37% de Cu.

3.13.3 Relación de Desbroce

La relación de desbroce en Mina Cuajone correspondiente al año 2015 es de 1 a 5.

3.13.4 Rutas de los volquetes

Mina Cuajone cuenta con 7 palas de carguío las cuales tienen diferentes lugares de carguío y de descarga (plan de minado enero 2015) como se puede observar en la figura N° 11 y la tabla N° 05.

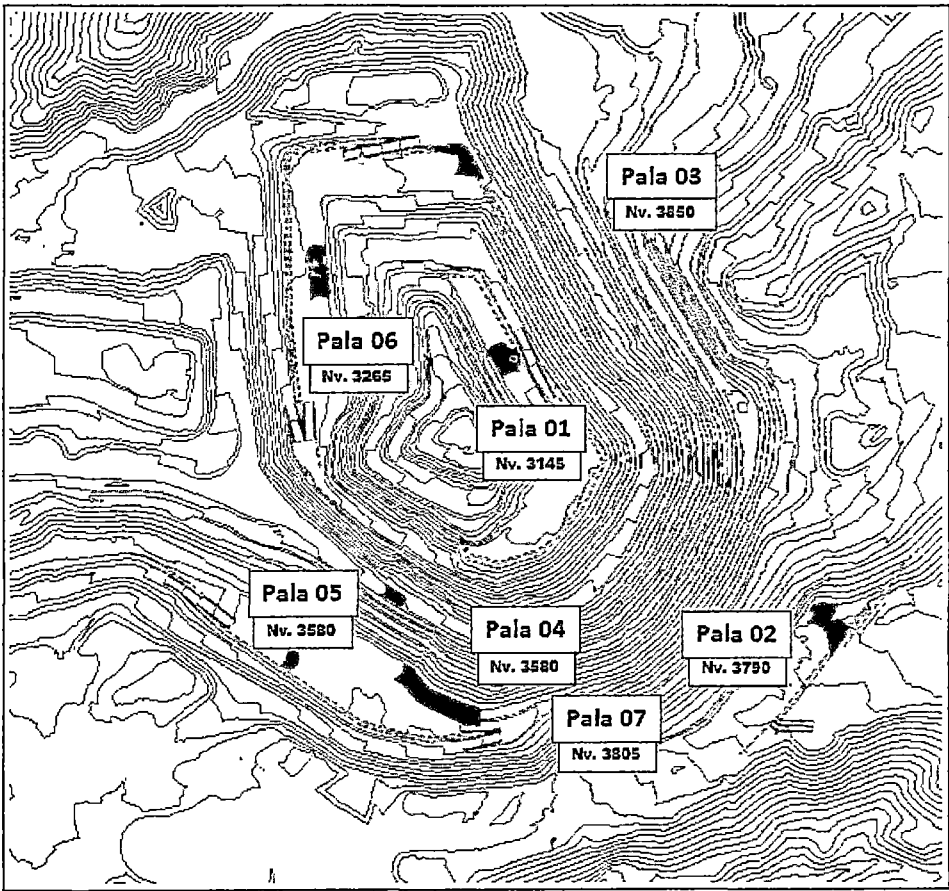


Figura N° 11: Ubicación equipos de acarreo

Tabla N° 05: Ruta de volquetes

PUNTO DE CARGA	UBICACION	PUNTO DE DESCARGA	DISTANCIA (m)	GRADIENTE MAX.
P 01	Nivel 3145	Hopper C / Botadero 5%	2535 / 3423	10 %
P 02	Nivel 3805	Botadero Cocotea Oeste	2860	- 7,6 %
P 03	Nivel 3850	Botadero de pala 03	998	10 %
P 04	Nivel 3580	Botadero de pala 04 y 05	1743	10 %
P 05	Nivel 3580	Botadero de pala 04 y 05	2139	10 %
P 06	Nivel 3285	Hopper B / Botadero 5%	2488 / 3476	10 %
P 07	Nivel 3790	Botadero Cocotea Oeste	2130	- 5,8 %

* Fuente: Departamento de planeamiento mina

El mayor desgaste de los neumáticos es el la ruta de las palas 02 y 07 por contener en su ruta pendientes negativa como podemos observar en la figura N° 11.

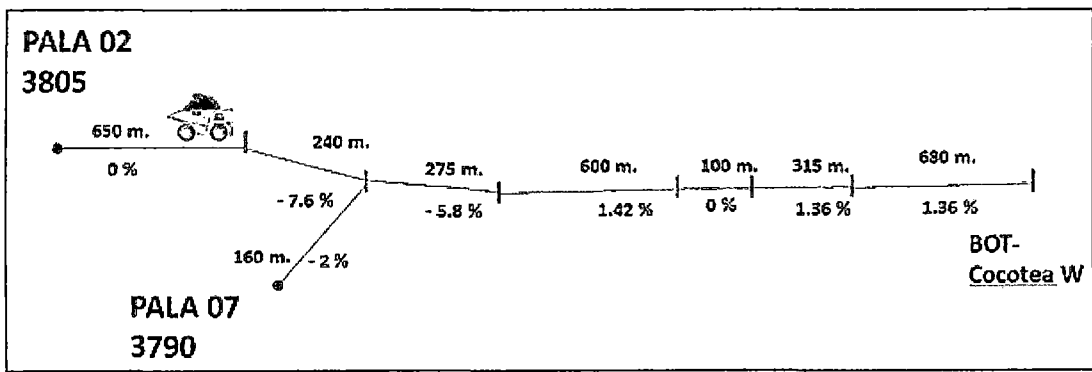


Figura N° 12: Perfil de ruta de volquetes de pala 02 y 07

3.14 Operaciones unitarias

3.14.1 Perforación

3.14.1.1 Perforación primaria

Las perforaciones primarias o de producción son realizadas por perforadoras de gran avance tecnológico. Se utiliza brocas triconicas, las perforadoras de producción tienen un diámetro de 12 ¼".

La Mina Cuajone actualmente cuenta con 8 perforadoras, su última adquisición fueron dos perforadora P&H 320XPC. El sistema de funcionamiento de las perforadoras es la de rotopercutiva es decir, la de rotación y percusión.

3.14.1.2 Columna de perforación

La columna de perforación es uno de los componentes mas caros de un equipo de perforación, por lo que su duración determinara si su inversión económica ha sido amortizada o ha originado perdidas a la empresa.

3.14.1.3 AMORTIGUADOR O SHOCK ABSORVER

El amortiguador de vibraciones o de impactos, es uno de los elementos más importantes en el conjunto de la columna., su trabajo consiste fundamentalmente en absorber parte de la energía liberada por la broca de perforación que no ha sido utilizada en romper la roca.

3.14.1.4 ADAPTADORES O TOP SUB

Los adaptadores sirven de unión entre el shock absorber y el barreno, se usa cuando los diámetros de la barra con el amortiguador son muy distintos.

3.14.1.5 BARRAS DE PERFORACIÓN

Inmediatamente debajo de los adaptadores superiores o TOP SUB, se ubican las barras de perforación, se pueden definir como elementos de extensión y de unión que transfieren la energía de rotación y empuje desde el cabezal de rotación a la broca de perforación conduciendo internamente el aire necesario para generar la evacuación

del material cortado desde el fondo de la perforación a la superficie. Si la barra es de 9 ¼" de diámetro, su desgaste crítico es 1", es decir, 8 ¼". Su longitud es de 32.6 pies y su peso aproximado es de 1500 Kg.

3.14.1.6 BIT SUB O REAMER

En la parte inferior de la columna de perforación se ubican los adaptadores de broca a barra que unen las barras de perforación con las brocas de perforación, su función es similar a los adaptadores superiores, en algunos casos deben unir elementos con roscas diferentes, pero nunca unir elementos con diferentes diámetros.

Es el elemento de la columna que esta expuesto a las mas severas condiciones de desgaste por abrasión las que se originan en el fondo de perforación, por lo que su diámetro debe de ser mayor a las del barreno, de tal forma que el reamer asuma el mayor desgaste por la evacuación de detritos.

3.14.1.7 GUIADORES O DECK BUSHING

La importancia de este accesorio generalmente no es plenamente reconocida por los usuarios así como tampoco su adecuado uso y manipulación.

Sin embargo en el rol de la columna de perforación el costo de este accesorio puede llegar a ser altamente incidente si no se controla debidamente su uso en la operación, los principales daños se producen por golpes que reciben a través de la columna de perforación cuando el terreno que se está perforando es muy duro, su objetivo es el de centralizar la línea de perforación. El desgaste crítico es de ½" a ambos lados, es decir en total 1" de desgaste en su

buje interior, para su cambio necesario. De lo contrario esta demás.

3.14.1.8 BROCAS

En el diseño de brocas el factor de mayor control es el espacio disponible debido que las dimensiones están limitadas por el diámetro de los taladros que debe ejecutarse.

La carga o el Pulldown sobre la roca es absorbida por los rodamientos de bolas, de rodillos o cojinetes de fricción ubicados cerca de la base de los conos.

Cuajone viene utilizando las brocas 12 ¼" RB-53 para formaciones suaves y la broca 12 ¼" RB-60 para formaciones medias-duras.

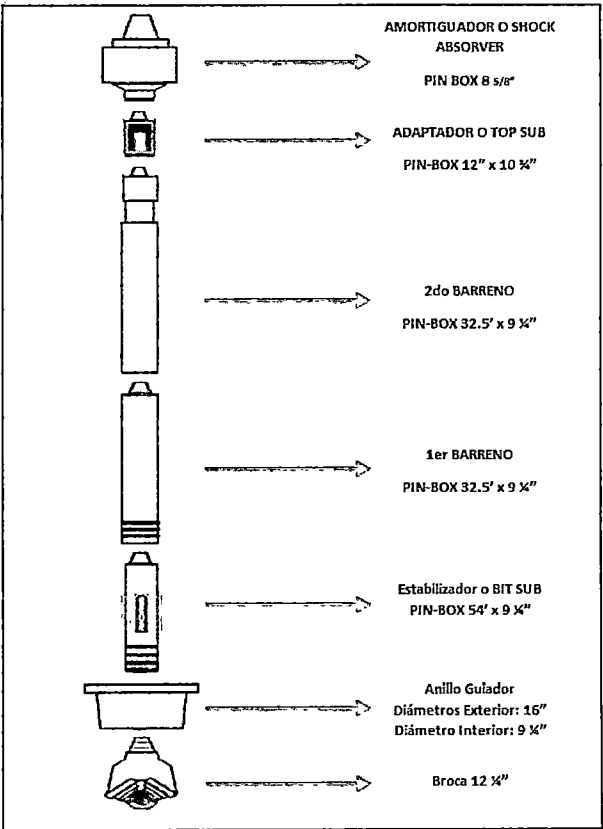


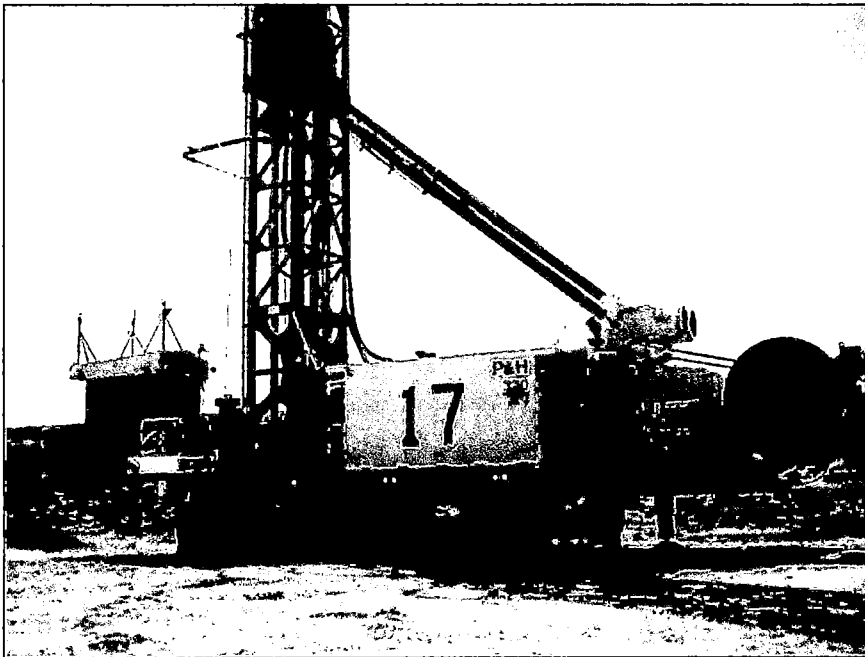
Figura N° 13: Columna de perforación

3.14.1.9 EQUIPOS DE PERFORACIÓN DE PRODUCCIÓN

Mina Cuajone cuenta actualmente con 7 perforadoras, siendo su última adquisición dos perforadoras P&H 320XPC.

Tabla N° 06: Equipos de perforación

EQUIPO	TRABAJO	MODELO	NOMBRE	CANTIDAD	DIAMETRO (Pulg)
Perforadora	Producción	P&H 120 ^a	D10 y D11	2	12 1/4
Perforadora	Producción	Bucyrus 49RIII	D13	1	12 1/4
Perforadora	Producción	Bucyrus 49HR	D14	1	12 1/4
Perforadora	Producción	Bucyrus 39HR	D15	1	12 1/4
Perforadora	Producción	P&H 320XPC	D16 y D17	2	12 1/4



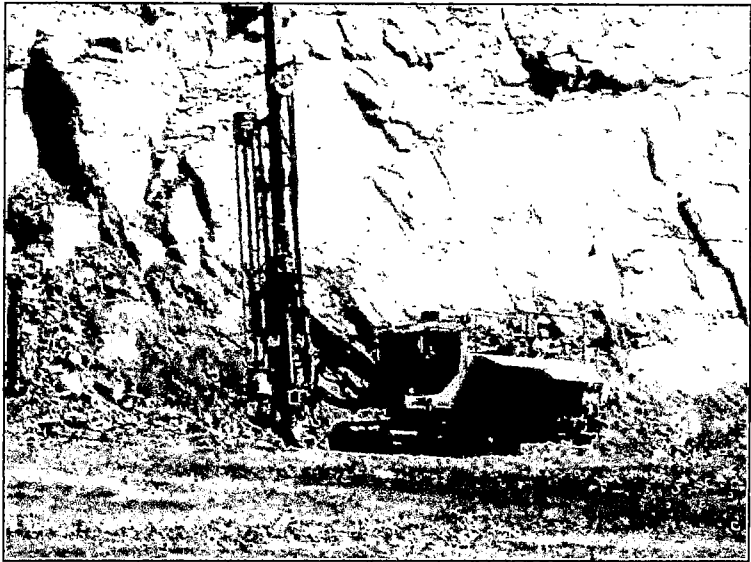
Fotografía N° 07: Perforadora P&H 320XPC - Perforadora D17

3.14.1.10 PERFORACIÓN PRECORTE

Los taladros de precorte se realizan con espaciamiento de 3 metros con perforadoras de 12 1/4" de diámetro y 1 metro con perforadora de diámetro de 5", dos filas de Buffer de 4 metros de espaciamiento y malla de producción.

Tabla N° 07: Equipos de perforacion de Pre-corte

EQUIPO	TRABAJO	MODELO	NOMBRE	CANTIDAD	DIAMETRO (Pulg)
Perforadora	Precorte	Rock L8	DTH1	1	5
Perforadora	Precorte	Sandvick DR-560	DTH2 y DTH3	1	5



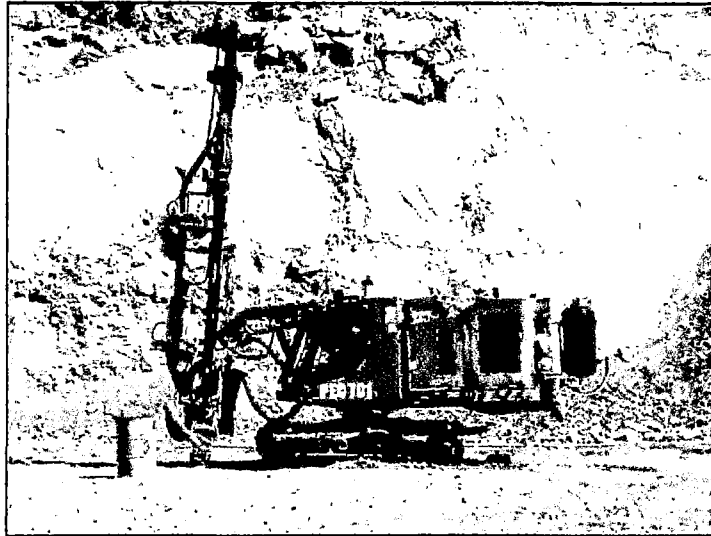
Fotografía N° 08: Rock L8 (DTH1)

3.14.1.11 PERFORACIÓN SECUNDARIA.

También llamada perforación controlada, consiste en hacer perforaciones en las boloneras, es decir rocas de gran dimensión que no fueron fragmentadas correctamente por lo que necesitaran una segunda voladura.

Tabla N° 08: Equipos de Perforación Secundaria

EQUIPO	TRABAJO	MODELO	NOMBRE	CANTIDAD	DIAMETRO (Pulg)
Perforadora	Secundario	Sandvick Pec 701 DX700	DX700,TH	1	3,5



Fotografía N° 09: Sandvik DX700

3.14.2 Voladura

El explosivo empleado en la mina Cuajone es el Heavy-Anfo en mezclas de HA28, HA37 y HA 45.55 en taladros secos y HA 64, HA73 en taladros con agua.

Los accesorios de Voladura empleados son:

- Retardos en superficie (0ms;17ms, 42ms, 109ms)
- Retardos de Fondo de 600 ms
- Booster De 2 libras
- Cordón detonante 5P
- Emulsión encartuchada para precorte
- Línea silenciosa
- Fulminante balín o en su defecto se usa una pistola de encendido de tubos de choque
- Ikon en el caso de disparos electrónicos

3.14.3 EQUIPO PARA VOLADURA

01 camión fábrica Auger

- Marca FORD, sistema Tread
- Capacidad : 12 tm de nitrato de amonio, 5 tm de emulsión: 350 galones de petróleo, tipo vaceable

01 camión fábrica Quadra

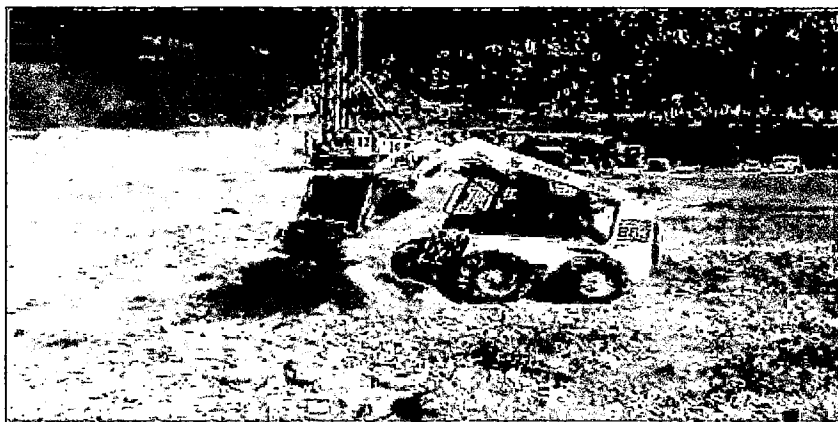
- Marca FORD, sistema Tread
- Capacidad : 6 tm de nitrato de amonio, 8 tm de emulsión : 150 galones de petróleo, tipo bombeable

01 camión fábrica Unibody Vaceable

01 camión Fábrica Unibody Bombeable

03 Minicargadores Bobcat

- Uso : tapar los taladros de voladura



Fotografía N° 10: Cargador Bobcat

3.14.4 Carguío

Se emplean palas eléctricas con capacidades de hasta 56 Yd³ (80 TM) las que a su vez alcanzan rendimientos de hasta 6 000 TM/hora.

El número de palas es de 7 y un dos cargadores frontales; 5 de estas palas son de la marca P&H, dos de ellas es Bucyrus.

Tabla N° 09: Equipos de carguio

<i>EQUIPO</i>	<i>MODELO</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>CAPACIDAD (Yd3)</i>
<i>Pala</i>	<i>P&H 2800XPB</i>	<i>P 01</i>	<i>1</i>	<i>46</i>
<i>Pala</i>	<i>P&H 4100A</i>	<i>P 02 y P 03</i>	<i>2</i>	<i>56</i>
<i>Pala</i>	<i>Bucyrus 495BII</i>	<i>P 04</i>	<i>1</i>	<i>56</i>
<i>Pala</i>	<i>Bucyrus 495HR</i>	<i>P 05 y P 06</i>	<i>2</i>	<i>73</i>
<i>Pala</i>	<i>P&H 4100XPC</i>	<i>P07</i>	<i>1</i>	<i>74</i>
<i>Cargador</i>	<i>LeTorneau 1800</i>	<i>LT 01</i>	<i>1</i>	<i>33</i>
<i>Cargador</i>	<i>LeTorneau 2350</i>	<i>LT 02</i>	<i>1</i>	<i>50</i>

3.14.5 Acarreo

El acarreo de material en Cuajone se realiza con flotas de:

- 12 volquetes Komatsu 830E de 218 TM.
- 4 volquetes Caterpillar 793C de 231 TM.
- 2 volquetes Caterpillar 793C de 231 TM.
- 15 volquetes Komatsu 930E de 320 TM.
- 2 volquetes Komatsu 930E – 4SE de 320 TM. (En periodo de prueba).
- 18 volquetes Caterpillar 797F de 360 TM.

El equipo de acarreo de mineral desde las tolvas de mineral hacia la chancadora, consta de 6 convoyes compuestos de:

- 1 locomotora General Electric – U23B
- 17 vagones de 77 TM de capacidad cada uno de ellos.

Para el transporte de Óxidos el convoy se arma de la siguiente manera.

- 1 locomotora General Electric – U23B
- 9 vagones de 77 TM de capacidad cada uno de ellos.

3.14.6 Equipo Auxiliar

Actualmente cuenta con variedad de equipos auxiliares para los trabajos de regadío de carreteras, mantenimiento de rampas, limpieza en pisos de palas, construcción de bermas, nivelación de pisos. Mina Cuajone cuenta con el siguiente listado de equipos auxiliares.

9 tractores de ruedas (Caterpillar 824H, 834H, 834K, 844C)

12 tractores de orugas (Caterpillar D10R, D11T)

6 motoniveladoras (Caterpillar 16M, 24H, 24M)

3 cargadores frontales (Caterpillar 966G, 988H, 992K)

5 tanques de regadío (Caterpillar 785C, 785D)

3.15 DEPÓSITOS LIXIVIALES

Como en muchos pórfidos, una capa lixiviada se desarrolla sobre el mineral de Cuajone a causa de la disolución de cobre por aguas ácidas generadas por la reacción del agua de lluvia sobre la pirita. En el área de la mina la capa lixiviada es claramente visible en las riolitas al sur, donde aproximadamente con una potencia de 120 m de sobreencapado existen entre el contacto del volcánico post-mineral, con óxidos encontrados directamente debajo de los volcánicos post-mineral.

La capa lixiviada mineralógicamente es dominada por los óxidos de hierro (hematitas y limonitas), que nos dan la coloración rojiza, y aquellos de manganeso como la pirolusita.

3.16 SISTEMA TRUCK DISPATCH

El sistema Truck Dispatch que actualmente utiliza Mina Cuajone es el Jigsaw de Leica Geosystems, el cual es un sistema de navegación de alta precisión GPS última tecnología para cargadores, palas mecánicas, volquetes y perforadoras con navegación precisa.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Alcance de investigación

No experimental.

4.2 Diseño de investigación

Descriptiva.

4.3 Técnicas

TRABAJO EN CAMPO

En campo se realizó la instalación del sistema en los volquetes.

Instalación de los Tags (sensores)

Se identificar claramente (usando tiza) la matrícula a ambos lados del neumático, que servirá como referencia para la ubicación del parche. Poner el neumático en posición horizontal y limpiar el lado interno en el lugar de la matrícula como indica la foto.



Fotografía N° 11: Ubicación del parche

Trazar un eje de simetría en sentido radial desde el talón hacia el interior del neumático, luego dibujar una línea en sentido transversal (que cruce el eje dibujado primero) a cuatro pulgadas (4") del talón. En el parche a su vez deben marcarse dos líneas perpendiculares entre sí, formando cuadrantes. Raspar usando la turbina neumática de bajas revoluciones (4.000 RPM máximo) y la raspa de tungsteno de grano medio.



Fotografía N° 12: Preparación de la superficie para el parche

Pegado del parche

Limpiar la zona raspada con escobilla de hilos metálicos (bronce o latón), con el fin de eliminar todo material suelto en la zona raspada.



Fotografía N° 13: Punto de comprobación de secado

Aplicar el cemento autovulcanizante (chemical vulcanizing Fluid), en una capa delgada y bien esparcida desde el centro de la superficie raspada hasta los bordes.

También debe aplicarse cemento al parche, evitando cualquier tipo de contaminación.



Fotografía N° 14: Aplicación de cemento al parche

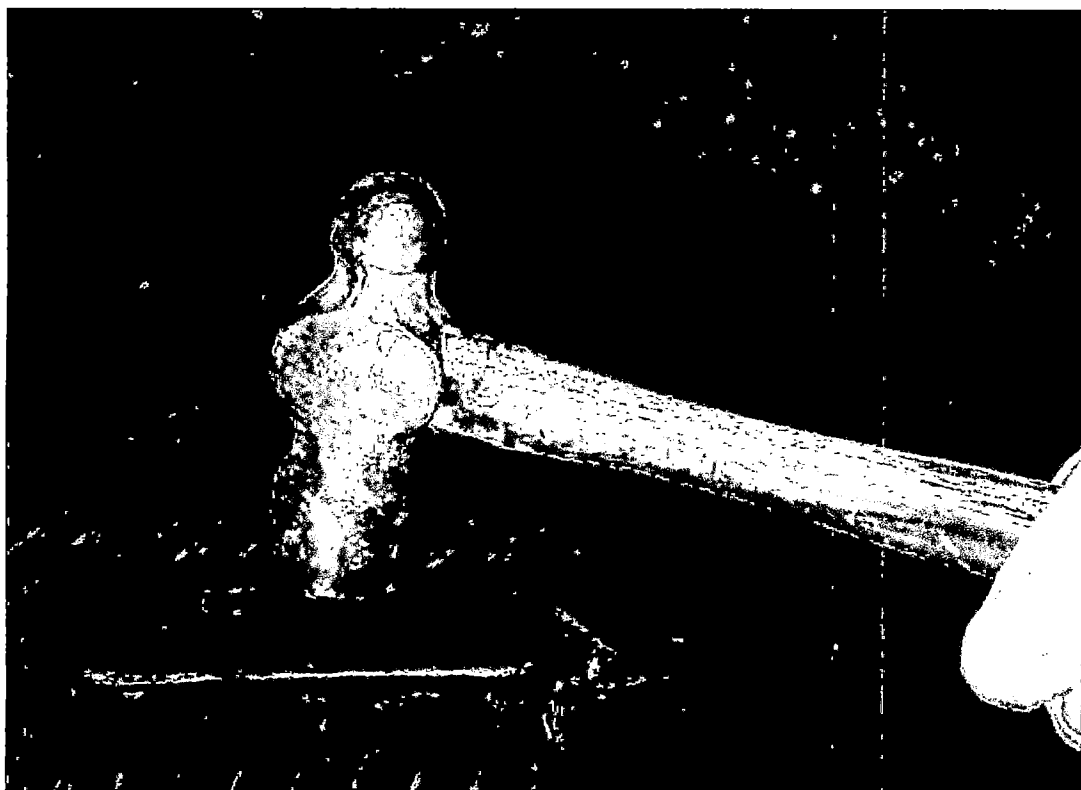
El tiempo de secado varía entre 2 y 5 minutos, dependiendo de la temperatura ambiente. Debe comprobarse al tacto y en un punto de referencia distinto del parche.

En el punto de referencia, el cemento debe mostrar elasticidad, pero sin dejar residuos al tacto.

Para la colocación del parche, se deben tomar como referencias los ejes trazados al inicio del trabajo, tanto en el neumático como en el parche (centrado).

Primero se fija el parche usando una ruleta, presionando desde el centro hacia los bordes.

Una vez asegurada la eliminación del aire intersticial del parche con la ruleta, se usa un martillo (también desde el centro hacia afuera), para terminar con la fijación.



Fotografía N° 15: Fijación del parche al neumático

Fijación del sensor al parche

Se prepara el sensor asegurando que esté visible el número de identificación que se encuentra en la base, (o en el costado externo del tag), registrar este número y el número a fuego del neumático. También debe estar disponible la chaveta de fijación.



Fotografía N° 16: Colocación del sensor al parche

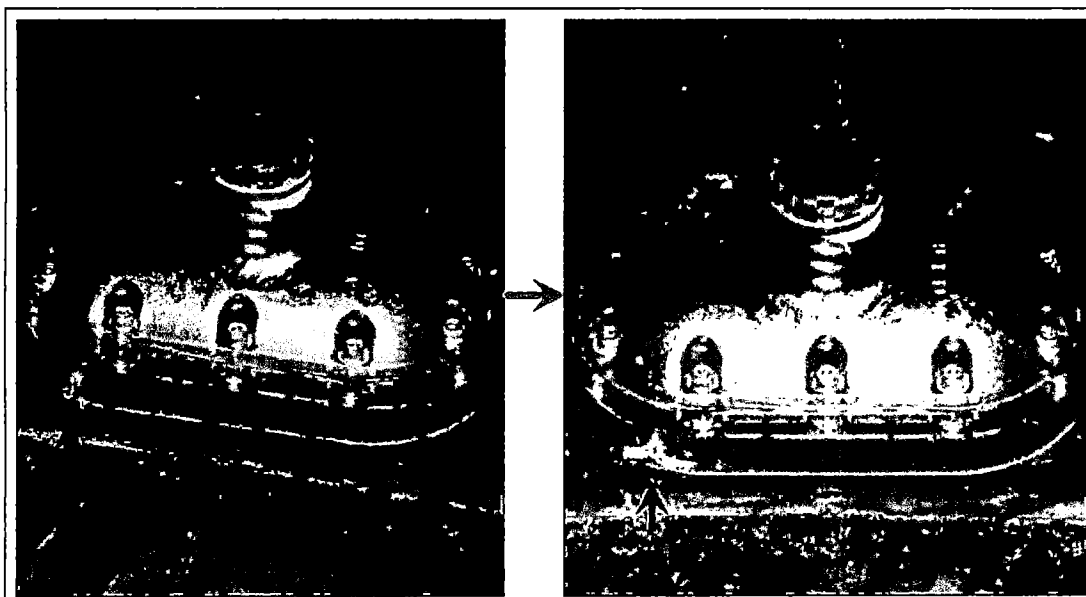
Se apoya el sensor en el soporte del parche que servirá de guía para su colocación, luego se desliza el sensor hasta que quede completamente montado sobre el parche.



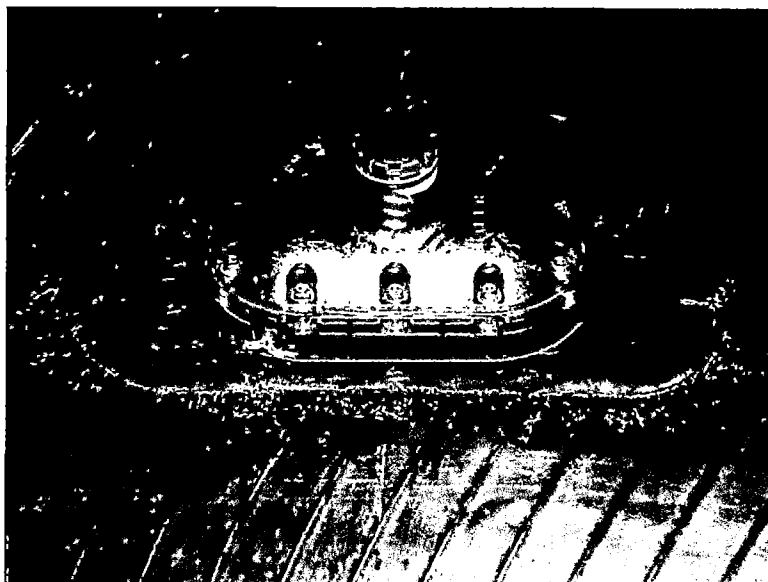
Fotografía N° 17: Fijación del sensor al parche

Asegurar el Tag usando la chaveta de fijación.

Finalmente, doblar los extremos de la chaveta para asegurar una fijación duradera.



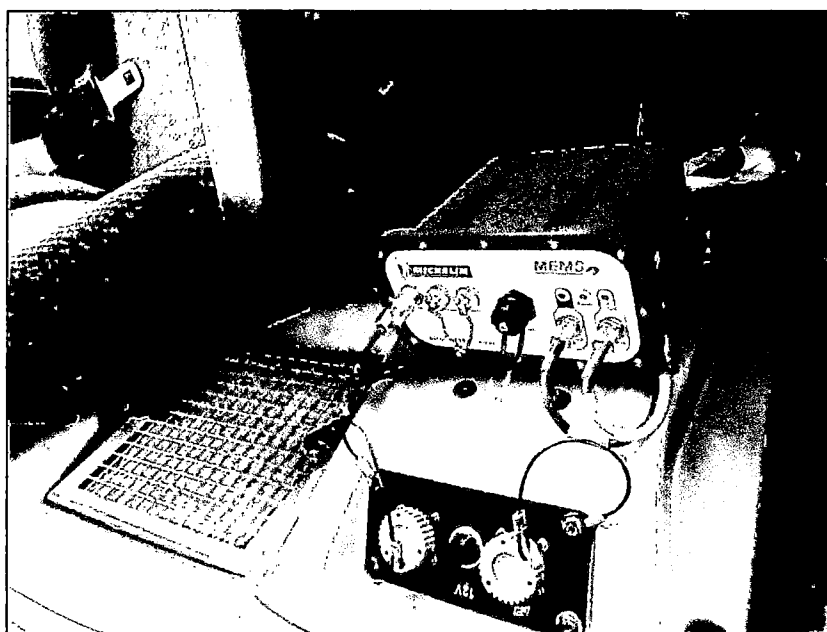
Fotografía N° 18: Sensor fijado al neumático



Fotografía N° 19: Sensor colocado

Instalación del Transceptor

El transceptor debe instalarse en la cabina del conductor y conectarse a la energía eléctrica principal del camión, tiene su propia batería interna y puede operar por hasta aproximadamente 24 horas después de que se ha aislado el camión.



Fotografía N° 20: Instalación del transceptor

TRABAJO EN GABINETE

A continuación se puede ver al sistema MEMS Evolution 2 enviando y recibiendo datos desde los transceivers instalados en los camiones y que están conectados al Hub Jigsaw por el Puerto RJ-45.

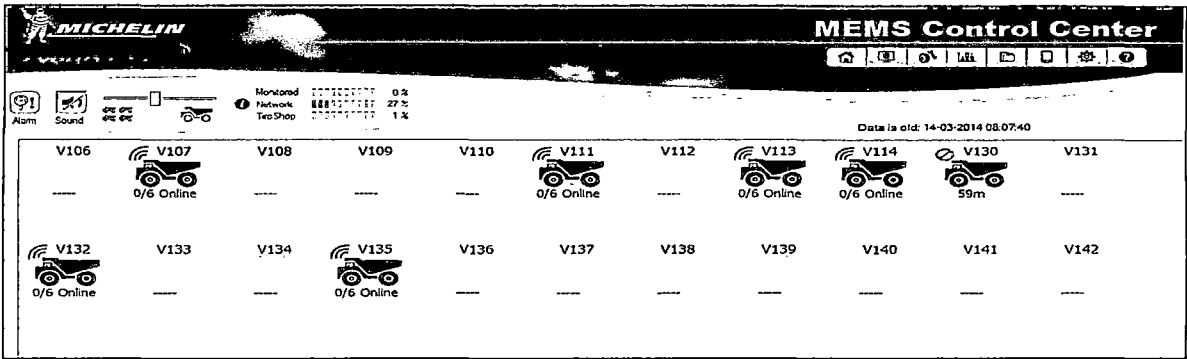


Figura N° 14: Sistema Mems enviando información

En la siguiente imagen (Figura N° 13) se puede ver la información de presión y temperatura enviada por los sensores instalados en las llantas delanteras del camión V130 hacia el servidor MEMS Box.

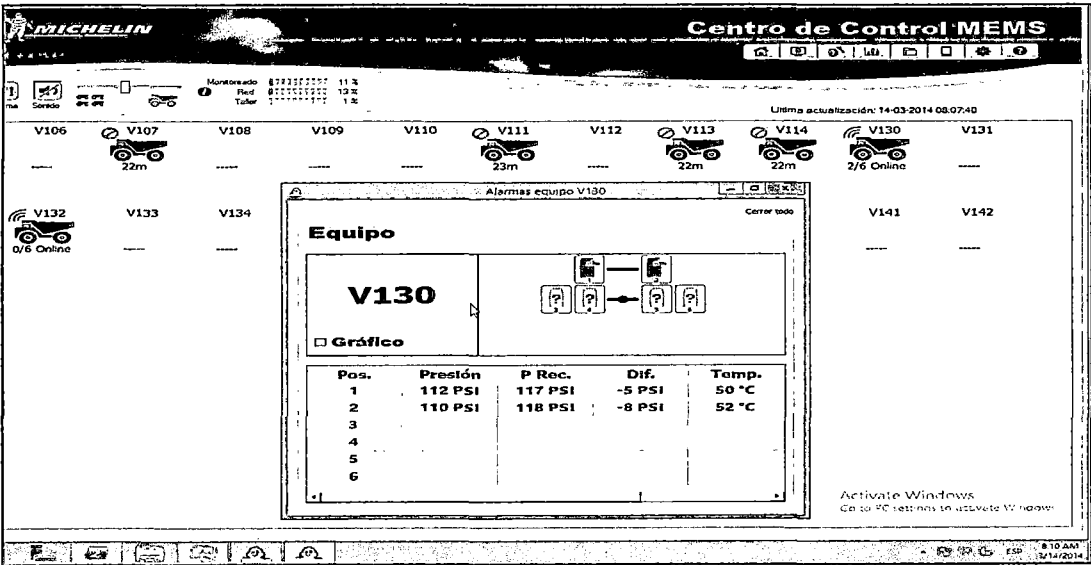


Figura N° 15: Información de presión y temperatura

En la siguiente imagen se alcanzan a apreciar 2 gráficos que corresponden a la temperatura y presión de las llantas que poseen sensores en el camión V130. Lo

que demuestra en conjunto el tráfico de datos es bidireccional. Esta información es enviada desde el Transceiver al servidor utilizando el Puerto TCP 6502.

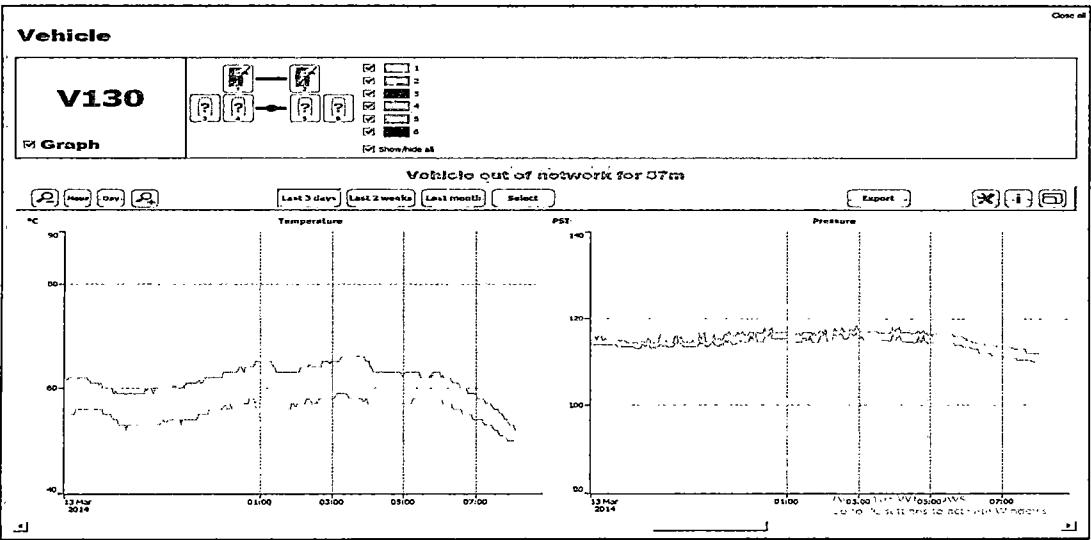


Figura N° 16: Prueba de registro de información

4.4 Procedimientos

Una vez instalados los sensores en los neumáticos, el transceptor y configurado el enrutamiento con el sistema Jigsaw, él envió de datos desde el sensor hasta la pantalla en la sala de control se realiza a través del siguiente procedimiento:

El sensor envía en tiempo real la información de presión y temperatura al transceptor.

El transceptor recibe Presión (KPa) y Temperatura (°C) de cada sensor mediante antenas montadas al exterior. Estos datos se analizan mediante el transceptor, el que redirige los datos y avisos de alarmas de Presión/Temperatura a la MEMS Box mediante la red inalámbrica, de acuerdo a la presión de inflado en frío (presión de inicio), límites superior e inferior de inflado y temperaturas límites.

El Mems box envía los datos de presión y temperatura a la sala de control de mina, mantenimiento mina y personal de Michelin.

En control mina se visualiza el estado de todos los neumáticos instalados con el sensor e indica la presión y temperatura de cada uno, cuando un equipo presenta algún problema en los neumáticos el controlador cambia al volquete a una ruta más corta, solo si es necesario para el equipo para ser evaluado por personal especializado.

4.5 Instrumentos

Control de dispatch.

DS N° 055-2010 EM - Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería.

Subcapítulo VI

Minería a Cielo Abierto

Artículo 289°.- Las grandes rocas deben ser rotas antes de ser cargadas, ya que podrían poner en peligro a los trabajadores o afectar la estabilidad del equipo móvil. El equipo móvil utilizado para el acarreo del material minado debe ser cargado de una manera tal que se minimice el derrame que pueda crear un peligro a los trabajadores.

Artículo 290°.- Los equipos y suministros deben ser cargados, transportados y descargados de una manera tal que no creen peligro a los trabajadores debido a la caída o movimiento del equipo o suministros.

Artículo 291°.- Son aplicables para la actividad minera a cielo abierto los artículos del presente Capítulo en lo que corresponda.

4.6 Forma actual del control de neumáticos

4.6.1 Generalidades

Los neumáticos representan el 10% del costo acarreo dentro de los costos de minado por cual siempre se está buscando oportunidades de ahorro.

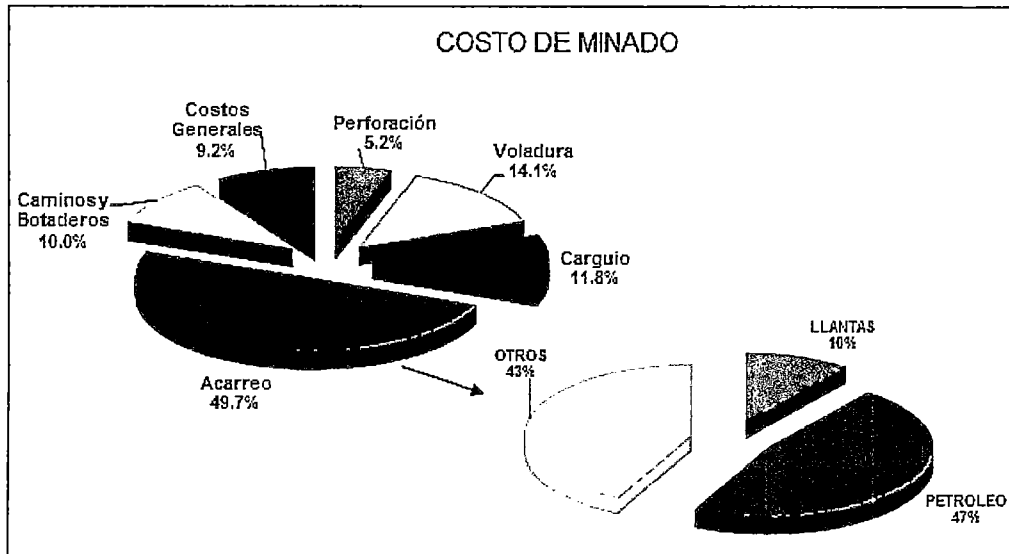


Diagrama N° 03: Costos de minado

4.6.2 Mediciones del inflado de neumáticos

La actuación más rigurosa consiste en pesar, neumático por neumático, o bien, eje por eje, los vehículos con carga, y en consultar las documentaciones técnicas de los neumáticos de que se trate. A falta de elementos reales conocidos para determinar una presión (resultados de los pesajes, condiciones de rodaje, etc.), podemos indicar, habida cuenta de las condiciones de empleo previstas por los fabricantes, presiones básicas para la mayoría de las máquinas.

4.6.3 Control de la presión y temperatura de los neumáticos

El control de la presión y temperatura de los neumáticos se realiza solo en los grifos de abastecimiento de combustible por el personal de Neuma Perú.

4.6.4 Factores usados para su aplicación

El factor más determinante para la implementación del Sistema Mems fue el desgaste prematuro de los neumáticos especialmente cuando se retira un neumático malogrado por separación térmica la cual ocurre

cuando el neumático se eleva a grandes temperaturas ocasionando que las capas del mismo se separen.

4.6.4.1 Factores desfavorables

El Sistema Mems no presenta factores desfavorables, el único inconveniente es cuando hay corte general de energía en la mina donde los datos enviados por los volquetes no pueden ser recibidos debido a que las antenas inalámbricas utilizan energía, en este caso la lectura de presión y temperatura se realiza por medio de la unidad de comando PDA.

4.7 Implementación del sistema MEMS Evolution 2

4.7.1 Estudio del sistema MEMS Evolution 2

La implementación del sistema Mems se dio debido a la gran cantidad de neumáticos llevados a Scrap (neumático inservible).

En el 2012 se tuvo 233 neumáticos llevados a Scrap y en el 2013 (Enero a Agosto) con 174 neumáticos llevados a Scrap, ver anexo 1.

4.7.2 Desarrollo y recolección de datos

La recolección de datos se realiza por el mismo sistema el cual los sensores que están dentro de los neumáticos reciben la información del estado de la presión y temperatura de los neumáticos, esta información es recibida por el transceptor, luego es enviada a la red de mina hasta la sala de control mina y mantenimiento mina para el respectivo análisis.

4.7.3 Requerimientos

Para el buen funcionamiento del sistema Mems se requiere lo siguiente:

La empresa Leica Geosystems enrute el tráfico generado desde y hacia el Transceptor MEMS Evolution 2 que está conectado al Puerto RJ-45 del Hub Jigsaw. Para esto es necesario abrir 4 puertos TCP en el Hub Jigsaw: 20, 21, 6502, 6503.

4.7.4 Componentes

Los componentes del sistema Mems son los siguientes:

- Sensor
- Transceptor
- Unidad de Comando (PDA)
- Mems Box
- Mems Control Center

4.8 Uso de Hubs JigSaw

4.8.1 Configuración de Hubs JigSaw

Para la configuración se los hubs se creó un script que contenía las reglas de iptables necesarias para permitir el tráfico de datos entre transceiver y su servidor principal por los puertos TCP 20, 21, 6502, 6503. A continuación se despliegan las reglas NAT configuradas en el hub.

Chain PREROUTING (policy ACCEPT 274 packets, 13686 bytes)							
pkts	bytes	target	prot	opt	in	out	source destination
0	0	DNAT	tcp	–	tun0	*	0.0.0.0/0 0.0.0.0/0 tcp dpt:20 to:192.168.200.2
0	0	DNAT	udp	–	tun0	*	0.0.0.0/0 0.0.0.0/0 udp dpt:20 to:192.168.200.2
0	0	DNAT	tcp	–	tun0	*	0.0.0.0/0 0.0.0.0/0 tcp dpt:21 to:192.168.200.2
0	0	DNAT	udp	–	tun0	*	0.0.0.0/0 0.0.0.0/0 udp dpt:21 to:192.168.200.2
1	52	DNAT	tcp	–	tun0	*	0.0.0.0/0 0.0.0.0/0 tcp dpt:6503 to:192.168.200.2
0	0	DNAT	udp	–	tun0	*	0.0.0.0/0 0.0.0.0/0 udp dpt:6503 to:192.168.200.2
0	0	DNAT	tcp	–	tun0	*	0.0.0.0/0 0.0.0.0/0 tcp dpt:6502 to:192.168.200.2
0	0	DNAT	udp	–	tun0	*	0.0.0.0/0 0.0.0.0/0 udp dpt:6502 to:192.168.200.2

Figura N° 17: Configuración de Hubs

Una vez realizada la confirmación de transferencia de datos se procedió a crear los parches 012_iptables_mems.tar.gz y 013_ctl.tar.gz para ser puestos en el servidor y así replicarlos e instalarlos en los Hubs Jigsaw.

```
drwxrwxr-x 2 jigsaw jigsaw 1.0K 2014-03-19 15:27 ./
drwxrwxr-x 9 jigsaw jigsaw 1.0K 2013-05-08 15:31 ../
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 44K 2013-05-08 15:35 001_client.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 231 2013-05-09 11:37 001_group.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 1.4M 2013-05-01 15:25 001_service_pack_1.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 16K 2013-05-09 11:38 002_chipd.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 8.8M 2013-05-09 11:38 002_objective_c_2_0.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 45K 2013-05-09 11:39 002_planar.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 673K 2013-05-01 15:25 002_service_pack_2.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 384 2013-05-09 11:39 002_set_adapters_permissions.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 56K 2013-05-09 11:40 002_usbserial.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 530K 2013-05-01 15:25 003_service_pack_3.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 3.0K 2013-05-10 07:36 004_autonomous_util.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 28K 2013-05-01 15:25 005_novatel_command_switch.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 1.3M 2013-05-01 15:25 006_service_pack_4.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 1.2M 2013-05-01 15:25 007_service_pack_5.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 766K 2013-05-01 15:25 008_service_pack_6.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 20K 2013-09-06 12:04 010_drill_parts.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 2.5K 2013-11-07 13:10 010_tkph_maint.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 471 2013-10-10 08:15 011_drill_tab_button.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 2.1K 2014-03-13 11:05 012_iptables_mems.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 231 2014-03-13 11:05 013_ctl.tar.gz
-rw-rw-r-- 1 jigsaw jigsaw 2.0K 2014-03-19 15:27 013_drill_part_meters_formatted.tar.gz
```

Figura N° 18: Aplicación de parches del sistema Mems

Ya puestos los parches en el servidor principal se procedió a actualizar toda la flota de camiones.

4.8.2 Transmisión de datos por red

La comunicación entre el transceiver MEMS2 y el servidor principal MEMS Box se realiza utilizando 4 puertos TCP/IP los que se detallan a continuación.

- Puerto 20 / 21: Utilizado por el servidor MEMS Box para actualizar el firmware de los transceiver montados en los camiones.
- Puerto 6503: Utilizado por el MEMS Box para actualizar las configuraciones del Transceiver MEMS2.
- Puerto 6502: Utilizado por el Transceiver para enviar información hacia el servidor de los sensores montados en los neumáticos de los camiones.

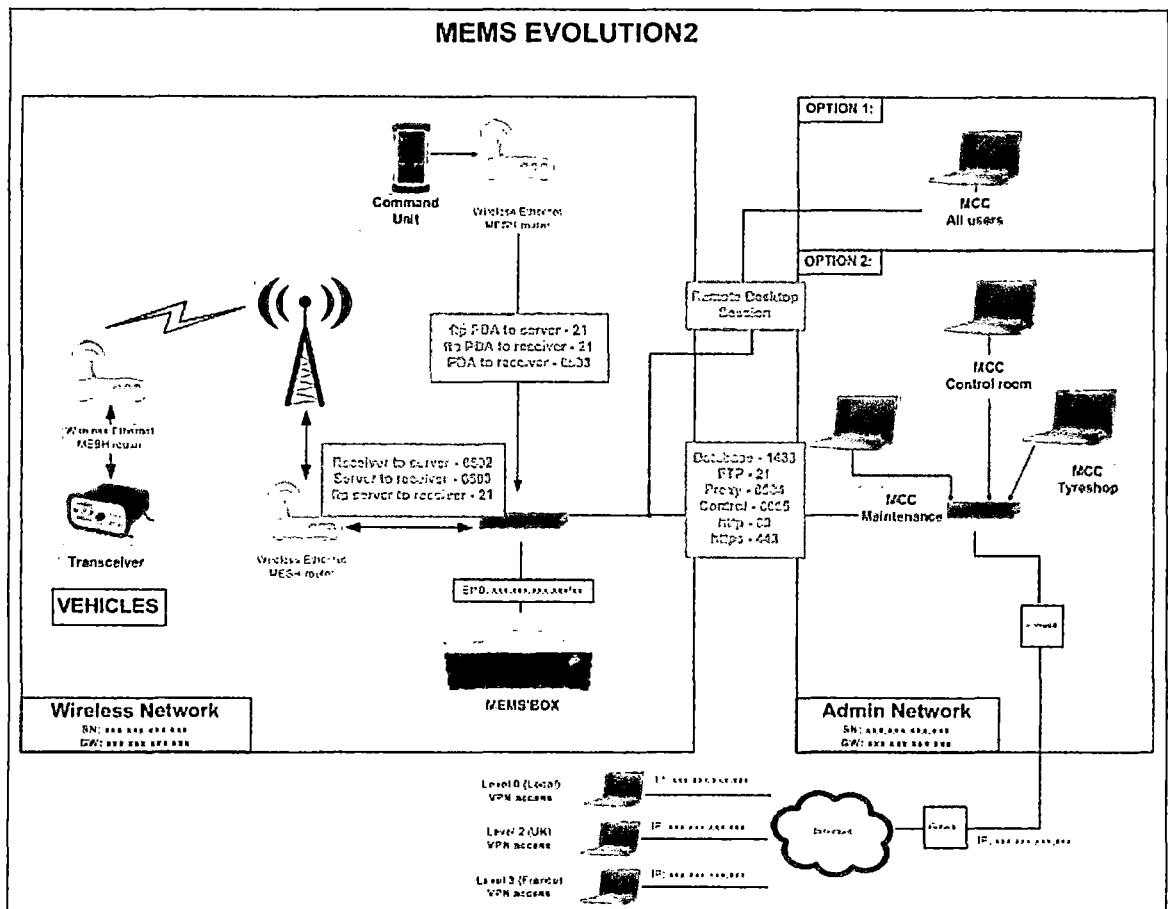


Diagrama N° 04: Diagrama de conectividad MEMS Evolution 2

4.8.3 Sistemas de alarmas

Los parámetros utilizados son los siguientes: temperatura de los neumáticos debe ser menor a 79 °C y la presión de los neumáticos debe de variar entre 105 psi y 134 psi.

Alarmas por temperatura

Tabla N° 10: Alarmas por temperatura

Tipos de alarmas en MEMS	Alarma Amarilla de Temperatura	Alarma Roja de temperatura
Para llantas Michelin	80°C	85°C
Para llantas Bridgestone	78°C	83°C

Alarmas por incremento de Presión (psi)

Tabla N° 11: Alarmas por incremento de presión

Tipos de alarmas en MEMS	Alarma Amarilla Incremento de Presión	Alarma Roja Incremento de Presión
Para llantas Michelin	Si excede 10% de la presión recomendada por MEMS	135 psi
Para llantas Bridgestone	Si exede 5% de la presión recomendada por MEMS	138 psi

Alarmas por pérdida de Presión (psi)

Tabla N° 12: Alarmas por pérdida de Presión

Tipos de alarmas en MEMS	Alarma Amarilla Perdida de Presión	Alarma Roja Perdida de Presión
Para llantas Michelin	< 104 psi	90 psi
Para llantas Bridgestone	Si esta menor en 5% de la presión recomendada por MEMS	95 psi

Presión y temperatura recomendada por el sistema Mems

Tabla N° 13: Presión y temperatura recomendada por el sistema Mems

53/80R63							
POS	PA%	PR%	CIP	MaxP	MinP	TA	TR
1	5	10	105	138	95	78	83
2	5	10	105	138	95	78	83
3	5	10	105	138	95	78	83
4	5	10	105	138	95	78	83
5	5	10	105	138	95	78	83
6	5	10	105	138	95	78	83

59/80R63							
POS	PA%	PR%	CIP	MaxP	MinP	TA	TR
1	5	10	105	138	95	78	83
2	5	10	105	138	95	78	83
3	5	10	105	138	95	78	83
4	5	10	105	138	95	78	83
5	5	10	105	138	95	78	83
6	5	10	105	138	95	78	83

PA%	Alarma amarilla para presión superior o inferior a la recomendada en %
PR%	Alarma roja para presión superior o inferior a la recomendada en %
CIP	Presión en frío
MaxP	Presión máxima permitida, genera alarma roja en caso se sobrepase el valor
MinP	Presión mínima permitida, genera alarma roja en caso se sobrepase el valor
TA	Alarma amarilla de temperatura
TR	Alarma roja de temperatura

4.8.4 Uso de la unidad de comando

La Unidad de Comando se basa en un PDA industrial adecuado para el ambiente minero.

Se utiliza para tres tareas principales:

- Uso en el campo para interrogar a los Transceptores en los vehículos y verificar Presiones y Temperaturas de neumáticos de forma remota (Inspección de Vehículos).
- Manejar la ubicación de neumáticos y Sensores, incluyendo cambios y rotaciones de neumáticos. Esta información luego se

utiliza para subir los Transceptores respectivos para asegurar el monitoreo de los neumáticos correctos en las ubicaciones correctas (Base de datos de la tienda de neumáticos).

- Darle al instalador de neumáticos la presión correcta de primer inflado, para asegurar que cada neumático Michelin en uso en el sitio está inflado con el volumen de aire correcto, sin importar la temperatura interna o ambiental. Esto se hace mediante comunicación directa entre el Sensor y la Unidad de Comando (Monitor de Inflado de Neumáticos)

La Unidad de Comando también permite:

- Establecer parámetros (número de vehículo, dirección IP, etc.) en el Transceptor.
- Descargar datos históricos directamente desde el Transceptor.
- Disparador de baja frecuencia del Sensor Evolución 2, leyendo el número de serie del sensor.

La herramienta de diagnóstico de primer nivel ayuda a solucionar problemas en un Transceptor o un Sensor.

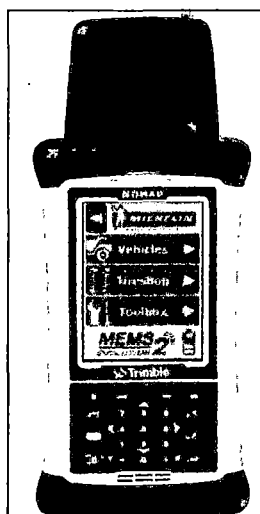


Figura N° 19: Unidad de comando PDA

4.9 Sistemas de comunicación

MEMS'Box es un servidor que ha de ser conectado a través de una red inalámbrica adecuada a todos los transceptores, que contiene una base de datos SQL para recibir, almacenar y mantener todos los neumáticos y los datos relacionadas con el sensor.

MEMS'Box se ejecutará en un hardware dedicado o en una máquina virtual ventana proporcionada por la mina.

4.10 Equipos y accesorios utilizados

Los equipos utilizados para la instalación del sistema Mems son los siguientes:

- Turbina neumática (4 000 RPM)
- Raspa de tungsteno de grano medio (N° 26)
- Cemento autovulcanizante (Vipal CV-01)
- Cinta métrica
- Tiza
- Pínel/ Brocha
- Ruleta
- Escobilla metálica (bronce o latón)
- Martillo
- Alicata
- Desarmador

CAPITULO V

RESULTADOS, DISCUSIÓN Y COMENTARIOS

5.1 Aplicación del sistema MEMs Evolution 2

5.1.1 Alternativa de aplicación y diseño

El control de la presión y temperatura de los neumáticos se realiza sin tener la certeza de que la presión aplicada sea la ideal para trabajar en una determinada temperatura, de igual manera la inspección de presión y temperatura se realiza manualmente esto con lleva a que las llantas de los volquetes cargados en pendientes negativas y positivas se sobrecalientes ocasionando daños en los neumáticos (separaciones de capas de los neumáticos), minimizando el tiempo de vida útil.

Como solución a los problemas ante mencionados la empresa decide la aplicación del sistema MEMs que es una herramienta que monitorea presión y temperatura en tiempo real, por medio de un sensor instalado dentro de las llanta. Con el propósito de minimizar el riesgo de separaciones termo mecánicas y eliminar separaciones térmicas puras.

El sistema Mems visualiza el estado de todas las posiciones de un equipo específico, es enviado hasta la sala de control y sala de enllante vía wireless. Identificando en tiempo real la caída súbita de presión permitiendo tiempos de respuesta.

5.2 Cálculo del costo de aplicación

5.2.1 Costo de operaciones

5.2.1.1 Costo de equipos

En los costos de equipos se toman en cuenta los sensores instalados en los volquetes, la unidad de comando y el Mems Box.

Tabla N° 14: Costo de equipos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO TOTAL (US\$)
Truck Packege(Kit Trans + 6tags + 6 parches)	28	12,000.00	336,000.00
Command Unit (HHU new)	1	6,000.00	6,000.00
Box of Sensors	28	2,960.00	82,880.00
COSTO TOTAL (US\$)			424,880.00

5.2.1.2 Costos de materiales e insumos

Para la instalación del sistema Mems en los volquetes es necesario la siguiente lista de materiales e insumos con sus respectivos costos.

Tabla N° 15: Costo de materiales e insumos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO TOTAL (US\$)
Turbina neumática (4 000 RPM)	2	50.00	100.00
Raspa de tungsteno de grano medio (N° 26)	14	8.50	119.00
Cemento autovulcanizante (Vipal CV-01)	7	15.00	105.00
Cinta métrica	1	10.00	10.00
Tiza	150	0.10	15.00
Pincel/ Brocha	14	5.00	70.00
Ruleta	1	9.00	9.00
Escobilla metálica (bronce o latón)	14	6.00	84.00
Martillo	1	10.00	10.00
Alicate	1	10.00	10.00
Desarmador	1	10.00	10.00
COSTO TOTAL (US\$)			542.00

5.2.1.3 Costo total de implementación del sistema

El costo total por la implementación del sistema Mems es de US\$ 425,422.00

Tabla N° 16: Costo de implentacion del sistema Mems

DESCRIPCIÓN	COSTO (US\$)
Costo de equipos	424,880.00
Costo de materiales e insumos	542.00
COSTO TOTAL (US\$)	425,422.00

5.2.2 Costo de mantenimiento

El soporte, licencias anual (a partir del segundo año) - Soporte técnico remoto, soporte en campo, upgrades y nuevas versiones de softwares, formaciones y visitas técnicas es de \$ 1500.00 por cada volquete que se ha instalado el sistema Mems.

Tabla N° 17: Costo de mantenimiento

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (US\$/año)	COSTO TOTAL (US\$/año)
Soporte, licencias, etc.	28	1,500.00	42,000.00

5.3 Resultados obtenidos de la aplicación del sistema

5.3.1 Generación de reportes

Una vez que el sistema está funcionando al 100% Control Mina y mantenimiento pueden visualizar en tiempo real el estado de los neumáticos y hacer seguimiento a cualquier neumático que presenta alguna anomalía con los siguientes reportes.

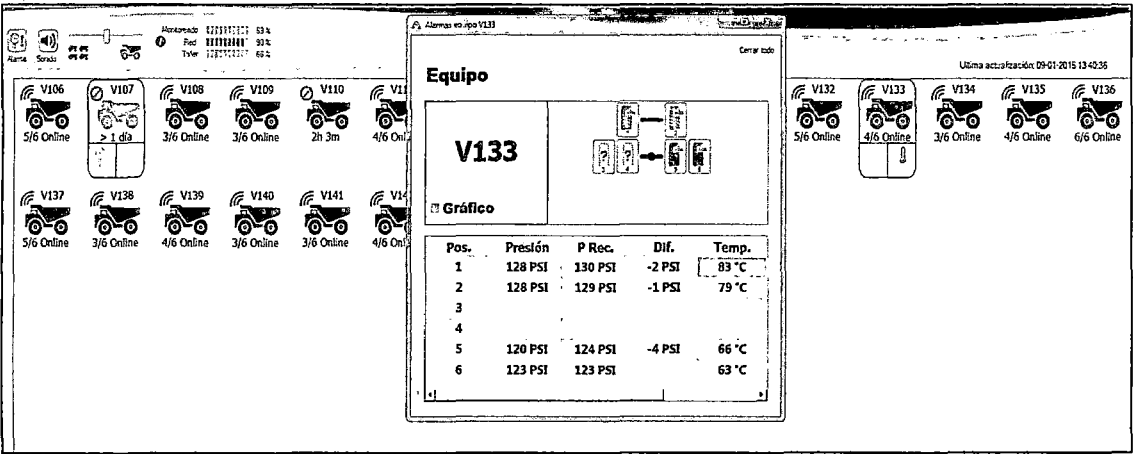


Figura N° 20: Estado de presión y temperatura de V-133

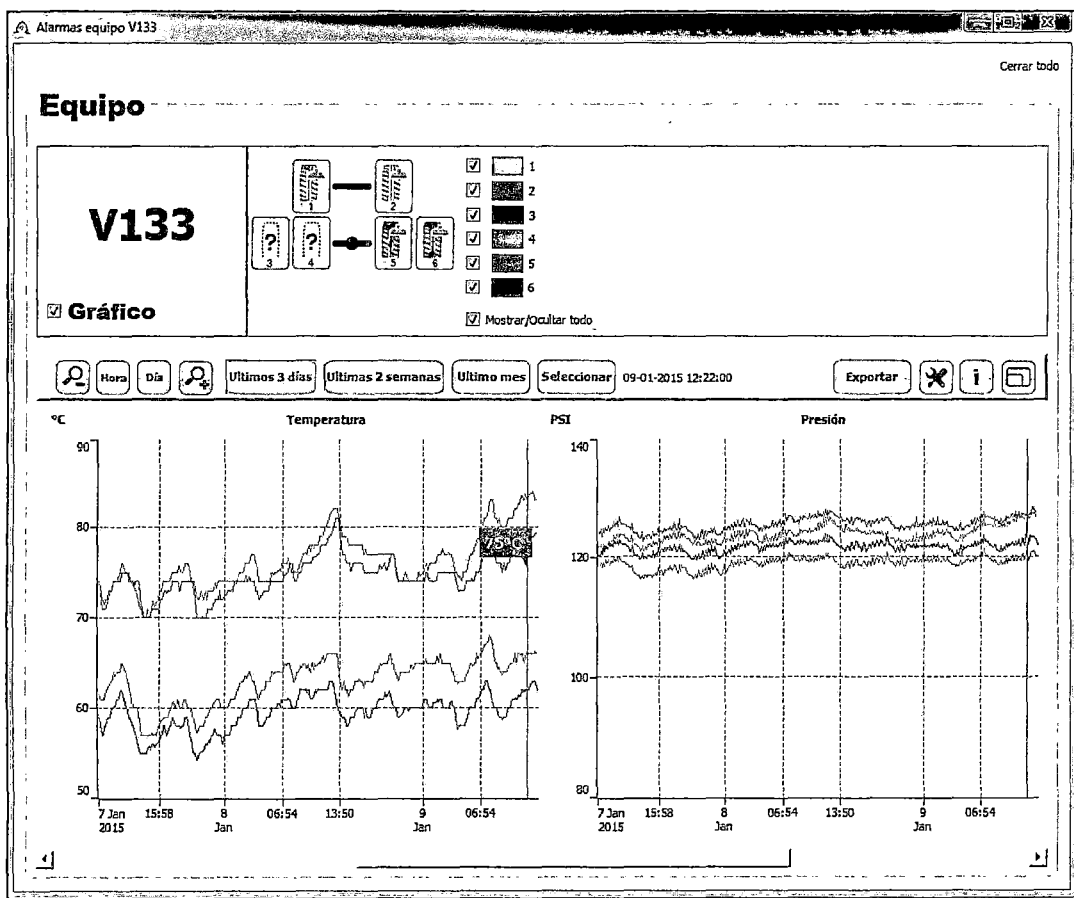


Figura N° 21: Graficas de presión y temperatura

En la figura anterior se observa como es el comportamiento de la presión y la temperatura en el volquete.

5.3.2 Ganancias obtenidas con la aplicación

Se hace una comparación de las horas promedios de los neumáticos y los costos por kilómetro de los neumáticos entre el 2013 y el 2014.

Tabla N° 18: Comparación horas promedio de neumáticos 2013-2014

			ENERO - DICIEMBRE 2013				ENERO - DICIEMBRE 2014			
			SIN SISTEMA MEMS				CON SISTEMA MEMS			
			Horas	Costo		Llantas Desechadas	Horas	Costo		Llantas Desechadas
EQUIPO	MARCA	NEUMATICO	Promedio	US\$/h	US\$/km	Real	Promedio	US\$/h	US\$/km	Real
Komatsu 930	Michelin	53/80 x 63	5,629	8.84	0.55	43	6,090	8.46	0.66	39
	Bridgestone		6,696	6.50	0.41	47	6,913	8.53	0.70	39
Caterpillar 797F	Michelin	59/80 x 63	4,201	15.18	1.07	24	5,150	12.28	1.05	38
	Bridgestone		5,363	10.49	0.81	15	6,265	15.55	1.26	20

* Informacion proporcionada por la oficina de Costos

Del cuadro anterior obtenemos el promedio de horas de los neumáticos en los años 2013 y 2014. El costo por hora del neumáticos es proporcionado por la oficina de Costos es de 8.49 US\$/hr en llantas 53/80 (volquetes Komatsu 930) y de 13.47 US\$/hr en llantas 59/80 (volquetes Cat 797F).

Tabla N° 19: Ahorro anual por el sistema Mems

Flota	Llanta	Horas Promedio 2013	Horas Promedio 2014	Variación Horas	Costo US\$/hr	Ahorro por Llanta (US\$)	Ahorro por volquete (US\$)	Ahorro total al año (US\$/año)
09 Volquete 930	53/80 x 63	6186	6501	315	8.49	2,674	16,046.10	144,414.90
13 Volquete 797-F	59/80 x 63	4648	5534	886	13.47	11,934	71,606.52	930,885
TOTAL AHORRO (US\$/año)								1,075,300

Se tiene un ahorro anual de US\$ 1'075,300 por año.
El ahorro por equipo y por neumático es el siguiente.

Tabla N° 20: Ahorro anual por volquete

DESCRIPCIÓN	Ahorro total al año (US\$/año)
Ahorro por volquete	48,877
Ahorro por neumático	8,146

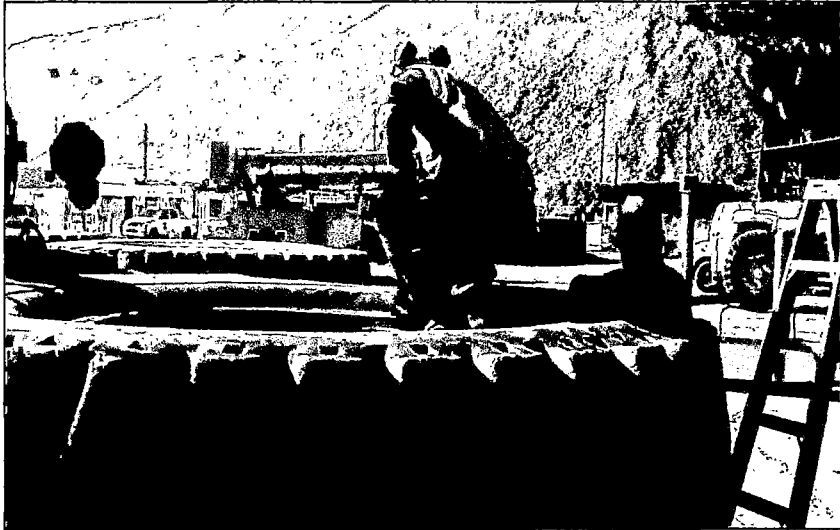
5.4 Factores de seguridad en la aplicación del sistema

- Contribuye a la seguridad durante la inspección del neumático.



Fotografía N° 21: Inspección de neumático

- Contribuye a la seguridad durante el inflado inicial del neumático.



Fotografía N° 22: Inflado inicial de neumático

- Contribuye seguridad para el operador.



Fotografía N° 23: Seguridad del operador

5.5 Beneficios obtenidos con la aplicación del sistema MEMs Evalution 2

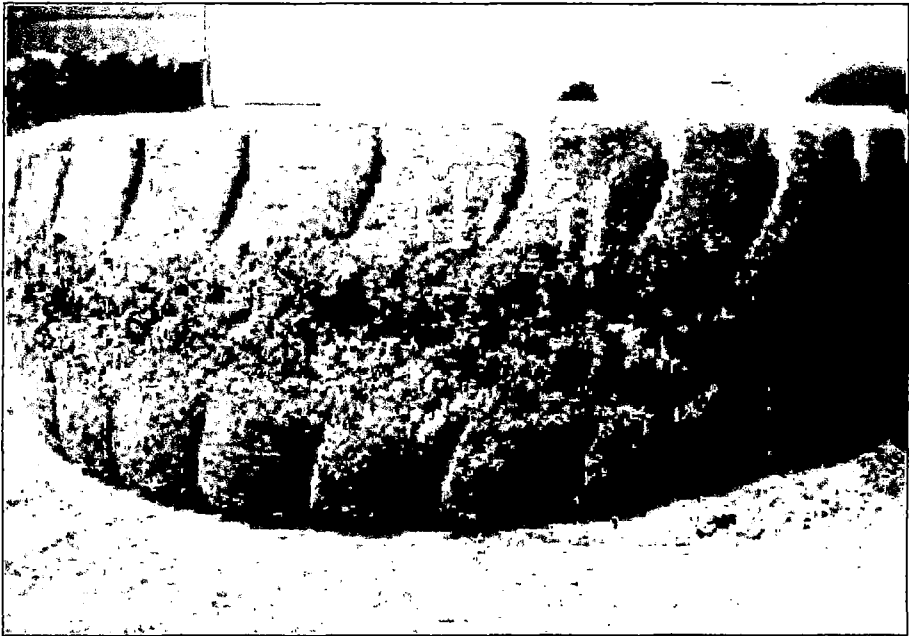
- Se tiene una ganancia anual de US\$ 48,877 por cada volquete que se ha instalado el sistema Mems.
- Mejora el TKPH de los neumáticos como podemos observar en la tabla N° 21 al ayudar a mantener la velocidad adecuada de los volquetes.

Tabla N° 21: Comparación de TKPH 2013 y 2014

NEUMATICO	TKPH NOMINAL	TKPH SIN MEMS 2013	TKPH CON MEMS 2014
Michellin	1 584	1 381	1 318
Bringtone	1 228	1 219	1 179

* Fuente sistema Jigsaw

- Presión adecuada para una determinada temperatura de trabajo, asegura flecha correcta garantizando mejores tasas de desgaste.



Fotografía N° 24: Neumático con desgaste

- Presión adecuada para una determinada temperatura de trabajo, asegura flecha correcta minimizando daños y muertes prematuras del neumático.



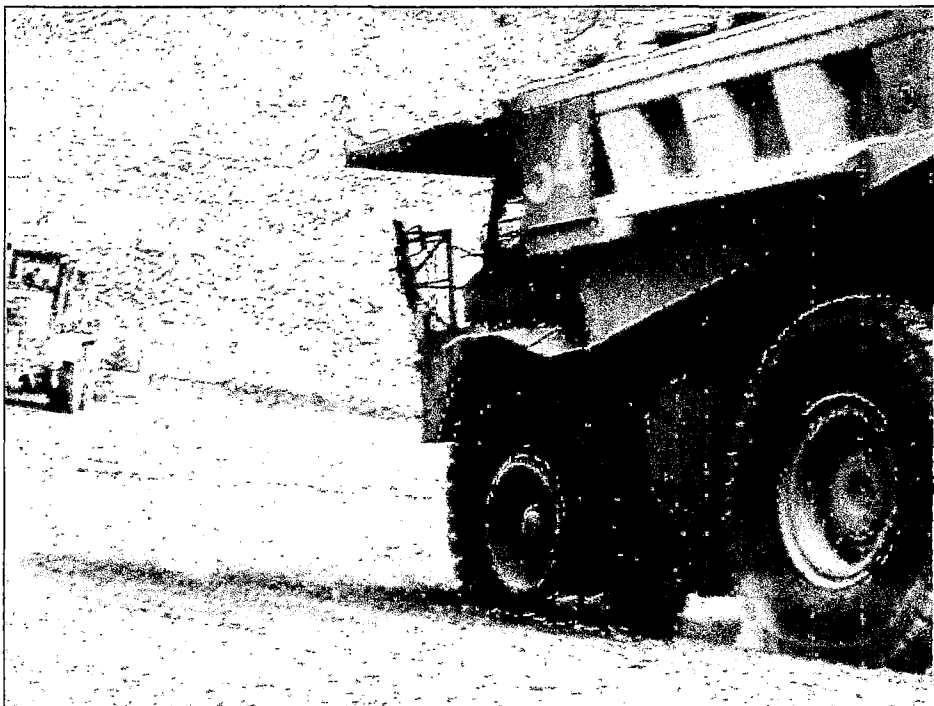
Figura N° 22: Daños en los neumáticos

- Minimiza riesgo de separaciones termo-mecánicas y elimina separaciones térmicas puras.



Fotografía N° 25: Separación térmica del neumático

- Identificación en tiempo real de caídas súbitas de presión permite tiempos de respuesta.



Fotografía N° 26: Pérdida de presión del neumático

- Detección perdida de hermeticidad repetitiva: Aros con rajaduras internas, válvulas, etc. Data histórica del comportamiento de P&T por equipo y posición.

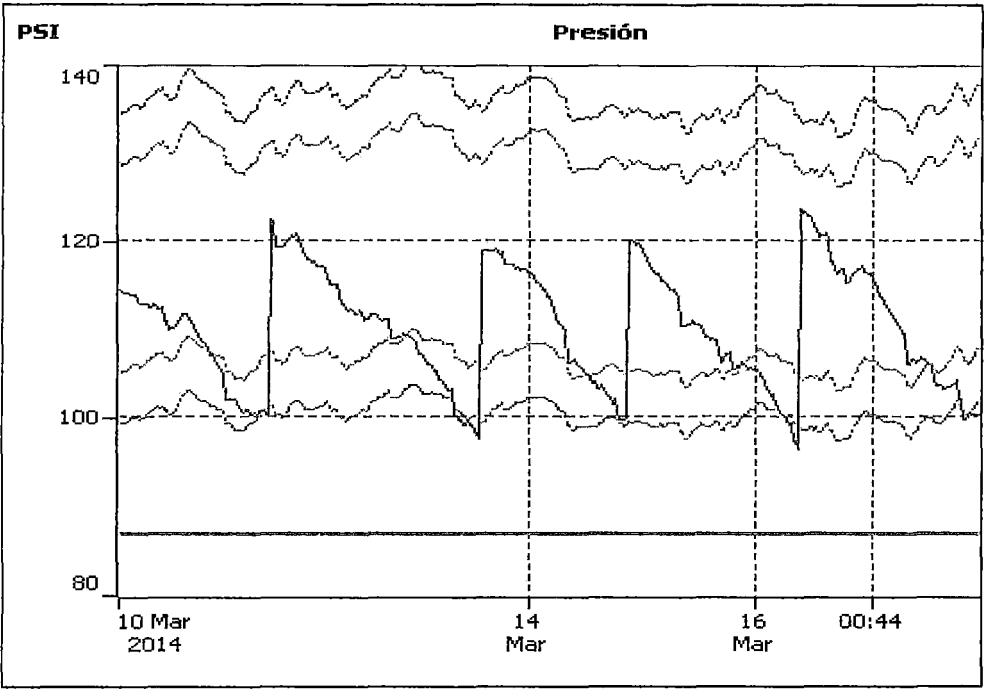


Figura N° 23: Grafico perdida de presión

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación del Sistema Mems Evolution 2 la empresa ha logrado un ahorro global al año de US\$ 1'075,300 por la instalación, se obtuvo un ahorro de US\$ 48,877 anual por volquete y de US\$ 8,146 por neumático.
2. Se puede notar claramente que el Sistema Mems contribuye con la seguridad en la inspección y mantenimiento de los neumáticos ya que genera nuevos procedimientos más sencillos.
3. Cabe destacar que la conexión del sistema Mems, el sistema JMineOPS no interpreta los datos del MEMS, por lo tanto, cualquier falla o pérdidas de datos por problemas en la plataforma MEMS se debe tratar como un problema específico de MEMS y no de la plataforma Jigsaw.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la instalación del Sistema Mems en la totalidad de la flota de volquetes de la Mina Cuajone debido a que se ha instalado en 28 volquetes de los 48 que tiene la mina.
2. Se debe capacitar al personal que realiza la inspección y mantenimiento de los neumáticos en el uso del PDA (unidad de comando), para evitar posibles accidentes al maniobrar los neumáticos ya que con este dispositivo no es necesario acercarse al neumático.
3. Crear un departamento por parte de la empresa para el seguimiento de neumáticos gigantes con el fin de realizar estudios y obtener mejores resultados de vida final de los neumáticos ante la escasez de estos en el mercado y al costo que significan en el ciclo de minado (transporte).

BIBLIOGRAFÍA

1. Hernández Sampieri Roberto (2006). Metodología de Investigación. Cuarta Edición Mc Graw Hill Abril México.
2. Ing. Carlos Cueva Caballero (1999). Metodología para el diseño de excavaciones superficiales asistido por computadora.
3. Leica Geosystem. Configuración HUBS JIGSAW para enrutamiento de tráfico de transceivers MEMn Evaluation 2.
4. Southern Copper "Informe de Aplicación de MEMs Evaluation 2 "
5. GENTRY, Donald W.: Rol de Profesional Minero en el Proceso del Planeamiento del Minado; Edic. Colorado School of Mines; Colorado; 1995.
6. HERRERA, Manfredo: Análisis de perforación con Titon 600 – Southern Perú Copper Corporation, SPCC Mina Toquepala; 2007
7. C. Mataix. "Electrónica básica". Ediciones del Castillo. Segunda Edición. Madrid, España. 1986.
8. R.G. Allen. "Relating the Hazen-Williams and Darcy- Weisbach friction loss equations for pressurized irrigation". American Society of Agricultural and Biological Engineers. Vol. 12, Issue 6, pp. 685-693.1996.
9. C.P. Liou. "Limitations and proper use of the Hazen-Williams Equation". The Engineering. Vol. 124, Issue 9, pp. 951-954. September 1998.

ANEXOS

Anexo N° 1: Historial de neumáticos malogrados 2012-2013

Fecha	Unidad	Pos.	S.P.C.C.	Serie	Razón de cambio	Parte Fallada	HRS.
04-01-2012	D-101	5	32104112	S0L000678	Desgaste	Banda de Rodamiento	4932
07-01-2012	D-65	5	32103011	S0Y1F0005	Corte de Roca	Banda Lateral	6078
10-01-2012	D-76	6	32109149	KLH0402G5B	Desgaste	Banda de Rodamiento	6619
10-01-2012	D-108	6	32114070	CVC0048M4A	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	2570
11-01-2012	D-68	6	32119029	KLH0489G8B	Desgaste	Banda de Rodamiento	5308
17-01-2012	C-87	3	32119037	SLH0602L7A	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	4705
17-01-2012	C-130	6	32112005	B0K600044	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	3329
21-01-2012	D-101	5	32114045	B1E560065	Corte de Roca	Banda Lateral	4027
29-01-2012	D-110	4	32114031	B0K560107	Corte de Roca	Hombro	5314
30-01-2012	D-114	5	32104095	XVY0022M0A	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	5733
02-02-2012	D-72	6	32113004	S0A1F0004	Separación térmica.	Banda Lateral	5462
02-02-2012	D-111	6	32104058	OLO0140F5A	Impacto de Roca	Hombro	4632
05-02-2012	D-71	6	32119032	S9E001996	Desgaste	Banda de Rodamiento	5354
05-02-2012	D-69	6	32119006	LLH0164G3B	Desgaste	Banda de Rodamiento	5257
05-02-2012	C-83	4	32119050	S0K1F0048	Impacto de Roca	Hombro	5719
06-02-2012	C-83	6	32119022	KLH0606G1B	Separación térmica.	Hombro	5410
11-02-2012	D-65	5	32119012	SLH0648L1A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5919
11-02-2012	D-65	6	32119030	KLH0396G1B	Desgaste	Banda de Rodamiento	5451
11-02-2012	D-89	6	32103005	S0Y1F0013	Desgaste	Banda de Rodamiento	6051
12-02-2012	D-63	6	32119036	S9E002170	Desgaste	Banda de Rodamiento	5027
12-02-2012	C-81	5	32109041	OLH0164G3B	Desgaste	Banda de Rodamiento	7600
12-02-2012	D-62	6	32119055	ZVY0073L8A	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	5120
13-02-2012	D-105	3	32114061	CVC0055M7A	Impacto de Roca	Banda de Rodamiento	2941
16-02-2012	D-77	6	32119090	HLO0100E9C	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	4232
16-02-2012	D-110	6	32114019	FVY3007M5A	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	5405
18-02-2012	D-70	6	32119016	IVB0096L5A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5236
18-02-2012	D-109	6	32114043	ZVC0016M6A	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	5384
19-02-2012	D-69	5	32119011	SLH0174L5A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5818
19-02-2012	D-110	6	32114038	B1S560063	Corte de Roca	Hombro	4841
21-02-2012	D-73	5	32119041	SLH0191L8A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5915
21-02-2012	D-73	6	32109152	SLH0201L8A	Desgaste	Banda de Rodamiento	4429
21-02-2012	C-87	5	32113002	S0A1F0005	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	6142
22-02-2012	D-88	6	32119045	S8U004883	Desgaste	Banda de Rodamiento	5180
23-02-2012	D-69	5	32119040	SLH0148L1A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5235
23-02-2012	D-111	5	32104111	B0U560101	Corte Pasante	Banda Lateral	5590
25-02-2012	D-105	5	32114015	S0U004944	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	5409
26-02-2012	D-113	5	32114028	GLJ1060F5A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5704
27-02-2012	D-61	5	32109146	EVB0130L1A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5894

Fecha	Unidad	Pos.	S.P.C.C.	Serie	Razón de cambio	Parte Fallada	HRS.
27-02-2012	D-88	5	32119025	S0N1F0069	Desgaste	Banda de Rodamiento	6325
28-02-2012	D-107	5	32104109	EVY0112M0A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5878
29-02-2012	D-101	5	32114030	B0K560084	Corte Pasante	Banda lateral	5045
01-03-2012	D-78	5	32119048	S8B1F0064	Desgaste	Banda de Rodamiento	5467
01-03-2012	D-104	6	32114017	FVY3004M8A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6354
02-03-2012	D-72	5	32119026	S0N1F0064	Desgaste	Banda de Rodamiento	5658
05-03-2012	D-102	5	32114016	S0U005432	Desgaste	Banda de Rodamiento	5659
13-03-2012	C-85	5	32109151	SLH0166L3A	Desgaste	Banda de Rodamiento	7503
13-03-2012	C-85	6	32109144	EVB0119L2A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6470
13-03-2012	D-100	5	32104038R	S9NYM0019	Desgaste	Banda de Rodamiento	2148
13-03-2012	D-100	6	3294044R	HLH0327F3A	Desgaste	Banda de Rodamiento	1841
14-03-2012	C-80	6	3299125	S8M005246	Desgaste	Banda de Rodamiento	4345
15-03-2012	D-100	4	32104011R	S8JZM0062	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	549
16-03-2012	D-103	5	32114025	TLO0818F7A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6319
16-03-2012	D-103	6	32114027	GLJ1058F7A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6203
19-03-2012	D-76	6	32119079	SLO0153M5C	Desgaste	Banda de Rodamiento	5860
23-03-2012	D-114	3	32114074	JLJ0163F2A	Corte de Roca	Hombro	3701
25-03-2012	D-67	5	32119065	S0K1F0042	Desgaste	Banda de Rodamiento	5633
25-03-2012	D-109	5	32114047	ZVC0014M8A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5682
27-03-2012	D-112	6	32114005	SLO0608F9A	Desgaste	Banda de Rodamiento	4655
28-03-2012	D-111	5	32104088	S0A640050	Desgaste	Banda de Rodamiento	5721
30-03-2012	D-100	5	32104102	EVY0122M0A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6382
02-04-2012	C-86	5	32119001	LLH0163G4B	Desgaste	Banda de Rodamiento	6579
05-04-2012	130	2	32122002	UVY0034M3Y	Separación térmica.	Banda de rodamiento	1169
06-04-2012	103	5	32114064	CVC0056M6A	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	3676
07-04-2012	D-112	5	32114022	HLJ1046F9A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6127
07-04-2012	D-100	3	32114086	CVC0078M4A	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	2758
10-04-2012	D-100	6	32114007	SLO0613F2A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6562
11-04-2012	C-80	5	32119018	S0N1F0021	Desgaste	Banda de Rodamiento	7511
12-04-2012	D-114	4	32114069	CVC0010M2A	Corte de Roca	Banda Lateral	4563
15-04-2012	D-107	6	32114076	JLJ0151F4A	Corte de Roca	Banda Lateral	3314
18-04-2012	86	2	32119195	IVC0185E6Y	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	1977
18-04-2012	D-103	5	32114060	OLJ0092F3A	Impacto de Roca	Banda de Rodamiento	4006
21-04-2012	D-109	6	32114023	GLJ0157F8A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6911
23-04-2012	D-88	5	32109112	S9R003891	Desgaste	Banda de Rodamiento	3826
27-04-2012	D-60	5	32103009	S0A1F0016	Desgaste	Banda de Rodamiento	5908
27-04-2012	D-60	6	32109132	S0A1F0011	Desgaste	Banda de Rodamiento	4954
27-04-2012	D-60	4	3299169	S8B000686	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	3134
28-04-2012	C-86	5	32109141	FVB0108L3A	Desgaste	Banda de Rodamiento	7050
29-04-2012	D-71	5	3299126	S8M0005038	Desgaste	Banda de Rodamiento	4216
30-04-2012	D-107	5	32104077	S0E620012	Corte Pasante	Banda Lateral	4379
04-05-2012	D-110	6	32114018	FVY3011M1A	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	5097
06-05-2012	84	5	32119057	ZVY0019L2A	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	4835
08-05-2012	C-130	3	32112009	B0K600040	Corte de Roca	Banda Lateral	3010

Fecha	Unidad	Pos.	S.P.C.C.	Serie	Razón de cambio	Parte Fallada	HRS.
15-05-2012	D-111	5	32114010	S0U005185	Desgaste	Banda de Rodamiento	6781
15-05-2012	D-73	6	32119005	SLM0130L9A	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	6090
15-05-2012	D-111	6	32104069	S0Y001754	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	5616
19-05-2012	D-100	5	32114014	FVY3015M7A	Corte de Roca	Hombro	4851
19-05-2012	D-100	6	32114006	SLO0624F1A	Corte de Roca	Banda Lateral	6271
19-05-2012	D-105	6	32114035	B1S560075	Separación térmica.	Banda Lateral	4694
20-05-2012	D-112	4	32114011	B0U560111	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	6165
20-05-2012	D-112	5	32114012	S0U005433	Corte de Roca	Banda Lateral	6165
20-05-2012	D-112	6	32104087	S0A640035	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	6476
28-05-2012	D-70	5	32119087	S0B1F0045	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	5957
28-05-2012	D-109	6	32114082	CVC0080M2A	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	4260
31-05-2012	C-80	6	32109113	S9S003702	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	6688
02-06-2012	D-88	5	32109147	S6S002703	Desgaste	Banda de Rodamiento	7009
02-06-2012	D-101	5	32114034	S0U005186	Desgaste	Banda de Rodamiento	7006
05-06-2012	D-114	5	32114003	SLO0614F1A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6031
05-06-2012	D-114	6	32114002	SLO0615F0A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6070
08-06-2012	D-102	5	32114052	B1R560021	Desgaste	Banda de Rodamiento	6768
08-06-2012	D-102	6	32114051	B1R560040	Corte Pasante	Banda Lateral	6768
09-06-2012	C-81	5	32113005	S0Y1F0001	Corte de Roca	Banda Lateral	7120
18-06-2012	D-70	6	32109075	S8K000384	Corte de Roca	Hombro	6103
18-06-2012	C-81	6	32113006	S0Y1F0012	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	7293
19-06-2012	D-101	6	32114050	B1E560067	Corte Pasante	Banda Lateral	2085
20-06-2012	D-67	5	32119051	S0K1F0044	Desgaste	Banda de Rodamiento	6858
21-06-2012	D-70	5	32119023	S9S003870	Desgaste	Banda de Rodamiento	4966
22-06-2012	D-74	6	32119069	OLO0011L9C	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	5877
24-06-2012	D-73	5	32119003	SLH0139L0A	Corte de Roca	Banda Lateral	5610
26-06-2012	C-84	6	32119061	ZUY0024L7A	Desgaste	Banda de Rodamiento	7449
26-06-2012	D-111	3	32114104	B1V560062	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	3484
26-06-2012	D-109	6	32114063	CVC0057M5A	Corte de Roca	Hombro	4980
27-06-2012	D-70	6	32103003	S0Y1F0017	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	5888
27-06-2012	LT-1	2	3216004	X6J001653	Corte Pasante	Banda de rodamiento	3122
28-06-2012	D-60	6	32119133	S1E1F0066	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	5044
07-07-2012	D-68	5	32119145	CVC0017S4B	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	4337
09-07-2012	D-103	6	32104105	EVY0115M7A	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	4903
12-07-2012	C-985	2	32114145	FCJ0545F5A	Corte Pasante	Banda de rodamiento	4656
14-07-2012	D-100	5	32104098	JLO0219F6A	Desgaste	Banda de Rodamiento	4310
14-07-2012	D-109	5	32104084	PLO0357F8A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5480
14-07-2012	D-102	6	32104107	EVY0105M7A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6199
18-07-2012	C-87	6	32103013	S0A1F0006	Desgaste	Banda de Rodamiento	7902
18-07-2012	D-103	6	32114024	GLJ0162F3A	Corte de Roca	Hombro	6530
22-07-2012	D-111	5	32104037R	S9NYM0016	Corte Pasante	Banda Lateral	2788
26-07-2012	D-102	5	32114004	SLO0597F8A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6622
27-07-2012	D-74	6	32119079	SLO0153M5C	Desgaste	Banda de Rodamiento	5665
27-07-2012	D-102	5	32114026	TLO0832F3A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6572

Fecha	Unidad	Pos.	S.P.C.C.	Serie	Razón de cambio	Parte Fallada	HRS.
02-08-2012	C-84	5	32119028	SLH0168L7A	Desgaste	Banda de Rodamiento	7661
03-08-2012	D-77	6	32119035	S9E002347	Desgaste	Banda de Rodamiento	6054
03-08-2012	D-70	5	32119014	S0N1F0063	Desgaste	Banda de rodamiento	5504
06-08-2012	D-69	6	32119093	HLO0106E3C	Desgaste	Banda de Rodamiento	5552
06-08-2012	D-89	6	32119068	S0K1F0057	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	5472
08-08-2012	D-101	6	32114016	S0U005432	Desgaste	Banda de Rodamiento	6585
08-08-2012	C-84	5	32109157	SLH0621L8A	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	6004
11-08-2012	C-85	5	32119043	S9E002515	Corte Pasante	Banda Lateral	4853
11-08-2012	C-85	6	32119033	S9E001832	Corte Pasante	Banda Lateral	2413
12-08-2012	C-85	3	32103008	S0A1F0003	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	5401
12-08-2012	C-85	4	32109162	S0L1F0085	Corte de Roca	Banda de Rodamiento	5436
12-08-2012	C-81	5	32109135	EVB0109L2A	Corte Pasante	Banda Lateral	6638
13-08-2012	D-68	5	32119094	HLO0006L4C	Desgaste	Banda de Rodamiento	4854
13-08-2012	D-68	6	32109156	SLH0641L8A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6488
15-08-2012	D-105	5	32114067	CVC005CM2A	Corte de Roca	Banda Lateral	5760
16-08-2012	D-104	5	32114065	CVC0131M1A	Corte Pasante	Banda Lateral	6762
18-08-2012	C-985	1	3212345	SOY1C0564	Corte Pasante	Banda de rodamiento	6453
21-08-2012	D-70	6	32119019	S0L1F0086	Desgaste	Banda de Rodamiento	8155
23-08-2012	C-985	2	321701	S9R000013	Corte Pasante	Banda de rodamiento	2634
28-08-2012	D-88	5	32119108	BVC0126E5Y	Desgaste	Banda de Rodamiento	5261
28-08-2012	D-88	6	32109145	EVB0112L9A	Desgaste	Banda de Rodamiento	7223
28-08-2012	D-72	6	32119140	CVC0039S2B	Desgaste	Banda de Rodamiento	5848
28-08-2012	D-77	5	32119109	BVC0119E2Y	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	5042
29-08-2012	C-85	6	32119077	SOL0119M9O	Desgaste	Banda de Rodamiento	7813
29-08-2012	D-89	5	32119129	S1Y1F0047	Desgaste	Banda de Rodamiento	6241
02-09-2012	C-981	1	3212543	FCJ6109E5A	Corte Pasante	Banda de rodamiento	3265
03-09-2012	D-111	5	32114056	B1R560043	Desgaste	Banda de Rodamiento	6440
03-09-2012	C-985	4	3212115	SOY1C0189	Corte Pasante	Banda de rodamiento	464
07-09-2012	D-109	5	32114073	CVC0089M3A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6474
07-09-2012	C-87	5	32113001	S0A1F0001	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	8913
10-09-2012	D-66	5	32119059	S0K1F0038	Desgaste	Banda de Rodamiento	7434
10-09-2012	D-66	6	32119060	S0K1F0049	Desgaste	Banda de Rodamiento	7434
12-09-2012	D-70	5	32119046	S9E001830	Desgaste	Banda de Rodamiento	5271
12-09-2012	C-981	1	3212198	S9R000213	Corte Pasante	Banda de rodamiento	846
13-09-2012	D-100	5	32114090	B1N560057	Impacto de Roca	Hombro	5349
16-09-2012	C-84	6	32119096	UVY2215L6A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6175
16-09-2012	D-68	5	32119009	EVB0116L5A	Desgaste	Banda de Rodamiento	5778
16-09-2012	D-68	6	32109137	IVB0098L3A	Desgaste	Banda de Rodamiento	6115
19-09-2012	C-85	5	32119076	SLO0107M1C	Desgaste	Banda de Rodamiento	7500
19-09-2012	C-85	6	32119021	KLH0602G5B	Desgaste	Banda de Rodamiento	6311
19-09-2012	76	3	32129086	180012A01002	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	111
19-09-2012	76	4	32129087	100012B01002	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	111
19-09-2012	70	3	32129088	140612A01001	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	118
19-09-2012	70	4	32129089	110612B01002	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	118

Fecha	Unidad	Pos.	S.P.C.C.	Serie	Razón de cambio	Parte Fallada	HRS.
19-09-2012	70	5	32129091	150612A01001	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	118
19-09-2012	70	6	32129090	090612B01001	Separación térmica.	Banda de Rodamiento	118
19-09-2012	T-95	6	32119021	CVC0076M6A	Corte Pasante	Banda de rodamiento	230
19-09-2012	T-95	6	321295642	JLO0012M5B	Corte Pasante	Banda de rodamiento	3451
20-09-2012	D-112	6	32114057	OLJ0124F1A	Corte Pasante	Banda Lateral	5114
21-09-2012	D-88	5	32119083	SLO0111M7C	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	5671
23-09-2012	C-83	5	32119044	S9E002345	Desgaste	Banda de Rodamiento	6889
23-09-2012	C-130	6	32112004	B0K600046	Corte Pasante	Banda de Rodamiento	4483
27-09-2012	D-72	5	32119141	CVC0002S9B	Desgaste	Banda de rodamiento	6361
27-09-2012	D-69	5	32119102	UVB0153L8A	Desgaste	Banda de rodamiento	6402
27-09-2012	D-69	6	32109143	EVb0117L4A	Desgaste	Banda de rodamiento	6209
28-09-2012	C-81	5	32119105	UVB0080L3A	Desgaste	Banda de rodamiento	5094
28-09-2012	D-111	5	32114029	B0K560108	Desgaste	Banda de rodamiento	9349
28-09-2012	C-80	6	32119095	HLO0111E8C	Corte Pasante	Banda de rodamiento	7375
04-10-2012	C-84	5	32103012	S0Y1F0003	Corte de Roca	Banda de rodamiento	6365
09-10-2012	D-110	5	32114033	BOK560085	Corte de Roca	Banda de rodamiento	7713
12-10-2012	C-81	5	32119182	PLJ0440E4Y	Impacto de Roca	Banda de rodamiento	5226
15-10-2012	D-72	6	32119062	ZVY0033L8A	Desgaste	Banda de rodamiento	5727
15-10-2012	D-113	5	32114081	CVC0090M2A	Corte de Roca	Banda de rodamiento	6342
19-10-2012	D-60	6	32119132	S1E1F0085	Corte Pasante	Banda lateral	6606
21-10-2012	D-111	5	32104097	XYV0019M3A	Desgaste	Banda de rodamiento	6205
21-10-2012	D-111	6	32114046	B1E560068	Desgaste	Banda de rodamiento	8057
22-10-2012	D-64	6	32119085	SLO113M5C	Desgaste	Banda de rodamiento	7542
29-10-2012	D-107	5	32114054	B1R560026	Desgaste	Banda de rodamiento	9101
05-11-2012	T-96	5	3218004R	S0Y002950	Corte Pasante	Banda lateral	
11-11-2012	C-80	6	32119010	IVB0099L2A	Desgaste	Banda de rodamiento	7686
12-11-2012	D-108	5	32114091	CVC0076M6A	Desgaste	Banda de rodamiento	6343
12-11-2012	D-108	6	32114059	OLJ0143F2A	Desgaste	Banda de rodamiento	7691
14-11-2012	D-112	5	32114078	CVC0081M1A	Corte de Roca	Banda de rodamiento	5205
20-11-2012	C-86	5	32109159	S0N1F0002	Corte Pasante	Banda lateral	8163
23-11-2012	C-132	6	32122004	YVC0032N5Y	Separación térmica.	Talón	3619
24-11-2012	C-133	3	32122021	B1K600031	Corte de Roca	Banda de rodamiento	2923
25-11-2012	C-120	6	32119125	ZVC0119E2Y	Corte Pasante	Banda de rodamiento	8064
28-11-2012	D-74	5	32109108	KLH0433G4B	Desgaste	Banda de Rodamiento	6661
29-11-2012	D-113	5	32114085	YVC1046M6A	Desgaste	Banda de rodamiento	6839
29-11-2012	D-113	6	32114094	LLJ0422M7A	Impacto de Roca	Banda de rodamiento	5921
29-11-2012	LT-2	2	32121001	X3E002884	Separación térmica.	Banda de rodamiento	5451
30-11-2012	C-987	1	3212701	FCJ0065F5A	Corte de Roca	Banda lateral	4979
02-12-2012	C-130	5	32122004	YVC0032N5Y	Separación térmica.	Talón	3404
06-12-2012	C-121	5	32119146	CVC0023S8B	Desgaste	Banda de rodamiento	7260
08-12-2012	D-66	5	32119128	S1Y1F0044	Corte de Roca	Banda de rodamiento	7255
09-12-2012	D-71	5	32109076	S0K1F0051	Corte de Roca	Banda de rodamiento	3423
11-12-2012	D-67	6	32119039	SLH0193L6A	Desgaste	Banda de rodamiento	6885
12-12-2012	D-77	5	32119119	ZVC0059L2A	Desgaste	Banda de rodamiento	5404

Fecha	Unidad	Pos.	S.P.C.C.	Serie	Razón de cambio	Parte Fallada	HRS.
13-12-2012	D-114	5	32114037	B1S560072	Corte Pasante	Banda de rodamiento	7386
15-12-2012	C-985	2	321707R	SOY1C0129	Corte Pasante	Banda lateral	5673
16-12-2012	C-86	3	32119134	CVC0074S7B	Corte Pasante	Banda de rodamiento	5116
16-12-2012	C-86	4	32129006	DVC0067E4Y	Corte Pasante	Banda de rodamiento	4567
19-12-2012	D-76	5	32119117	ZVC0127E4C	Desgaste	Banda de rodamiento	6848
19-12-2012	D-76	6	32119114	ZVC0104E7Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7138
20-12-2012	D-64	5	32119081	SLO0106M2C	Desgaste	Banda de rodamiento	8222
20-12-2012	D-64	6	32119084	SLO0110M8C	Desgaste	Banda de rodamiento	6748
20-12-2012	D-106	5	32104113	B0U560113	Desgaste	Banda de rodamiento	7764
22-12-2012	T-97	6	3217001	JLO0012M5B	Corte Pasante	Banda lateral	6453
24-12-2012	D-110	5	32114077	CVC0133M9A	Corte Pasante	Banda lateral	5636
25-12-2012	D-60	5	32119107	S1E1F0067	Desgaste	Banda de rodamiento	7040
25-12-2012	D-60	6	32119088	S0B1F0052	Desgaste	Banda de rodamiento	6282
27-12-2012	D-70	5	32119020	S9S003516	Desgaste	Banda de rodamiento	6896
27-12-2012	D-70	6	32119013	S0N1F0004	Corte Pasante	Banda de rodamiento	6743
29-12-2012	D-88	6	32119153	OLJ0221E3Y	Corte de Roca	Banda lateral	5679
31-12-2012	D-71	5	32119163	OLJ0329E5Y	Desgaste	Banda de rodamiento	5604
31-12-2012	D-71	6	32119126	OLJ037LE3Y	Desgaste	Banda de rodamiento	6533
31-12-2012	D-102	6	32114040	AVC6056M6A	Corte Pasante	Banda de rodamiento	4959
01-01-2013	C-120	5	32119124	AVC0073E8Y	Desgaste	Banda de rodamiento	8559
03-01-2013	D-106	4	32124031	MLJ0023M6A	Corte Pasante	Banda de rodamiento	4408
08-01-2013	D-62	5	32119066	S0K1F0058	Desgaste	Banda de rodamiento	8465
08-01-2013	D-62	6	32119017	S0L1F0080	Desgaste	Banda de rodamiento	8051
09-01-2013	D-101	5	32114053	B1R560023	Corte Pasante	Banda lateral	7898
12-01-2013	D-73	6	32119115	HLO0009L1O	Desgaste	Banda de rodamiento	7238
17-01-2013	C-86	6	32119159	HLJ0146E8Y	Corte Pasante	Banda lateral	4150
17-01-2013	C-83	6	32119034	S9E002516	Corte Pasante	Banda lateral	8200
18-01-2013	D-102	5	32114039	AVC6060M2A	Desgaste	Banda de rodamiento	6004
19-01-2013	D-78	5	32119112	ZVC0123E8Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7149
19-01-2013	D-78	6	32119149	CVC0016S5B	Desgaste	Banda de rodamiento	7173
20-01-2013	D-111	5	32114093	CVC0073M9A	Desgaste	Banda de rodamiento	5361
20-01-2013	D-112	6	32124013	B1U560036	Corte Pasante	Banda lateral	5127
20-01-2013	D-111	3	32114079	B1L560054	Corte de Roca	Hombro	7489
22-01-2013	D-113	4	32124021	B1U560053	Corte Pasante	Banda lateral	6161
22-01-2013	T-98	6	32117006	OLJ0259E3A	Corte Pasante	Banda lateral	7147
23-01-2013	D-114	4	32124055	S2E910001	Corte Pasante	Banda lateral	3196
25-01-2013	D-69	5	32119180	PLJ0455E9Y	Corte Pasante	Banda de rodamiento	6693
29-01-2013	D-110	5	32114036	B15S560049	Desgaste	Banda de rodamiento	8139
29-01-2013	D-110	6	32114071	B1E560124	Desgaste	Banda de rodamiento	8616
31-01-2013	C-987	4	3212704	FCJ6109E1A	Corte de Roca	Banda de rodamiento	3299
02-02-2013	T-98	6	32117002	HLJ0149E3A	Corte Pasante	Banda lateral	6569
04-02-2013	C-131	4	32122010	VVC0007T5Y	Corte Pasante	Banda de rodamiento	2987
04-02-2013	D-107	4	32124073	B2Y560145	Corte Pasante	Banda de rodamiento	3066
10-02-2013	D-65	5	32119137	CVC0066S5B	Desgaste	Banda de rodamiento	7565

Fecha	Unidad	Pos.	S.P.C.C.	Serie	Razón de cambio	Parte Fallada	HRS.
10-02-2013	D-65	6	32119158	HLJ0142E2Y	Desgaste	Banda de rodamiento	6039
11-02-2013	D-100	5	32114062	OLJ0123F2A	Desgaste	Banda de rodamiento	5651
11-02-2013	D-100	6	32124020	SLJ0642M7A	Desgaste	Banda de rodamiento	4748
11-02-2013	D-112	4	32124064	GLP0220S1B	Corte Pasante	Banda de rodamiento	3676
12-02-2013	D-109	5	32124034	MLJ0224M5A	Desgaste	Banda de rodamiento	5227
12-02-2013	D-109	6	32124001	LLJ0441M8A	Desgaste	Banda de rodamiento	4841
13-02-2013	D-106	5	32114020	FVY3003M9A	Desgaste	Banda de rodamiento	4977
15-02-2013	D-105	6	32124003	B1V560157	Desgaste	Banda de rodamiento	6613
17-02-2013	D-109	3	32124030	MLJ0058M1A	Separación térmica.	Banda de rodamiento	743
17-02-2013	D-109	4	32124038	S1J6U0013	Separación térmica.	Banda de rodamiento	4406
19-02-2013	D-104	5	32124024	MLJ0020F4A	Corte de Roca	Banda de rodamiento	5787
01-03-2013	D-110	5	32124018	SLJ0649M0A	Desgaste	Banda de rodamiento	6464
04-03-2013	D-103	5	32124002	LLJ0433M6A	Desgaste	Banda de rodamiento	5412
04-03-2013	D-103	6	32124016	SLJ0584M5A	Desgaste	Banda de rodamiento	5553
06-03-2013	D-69	5	32119163	OLJ0329E5Y	Desgaste	Banda de rodamiento	5604
06-03-2013	D-69	6	32119161	CVC0028S3B	Desgaste	Banda de rodamiento	7001
07-03-2013	D-107	5	32114055	B1R560034	Desgaste	Banda de rodamiento	7914
07-03-2013	D-107	6	32114087	B1N560062	Desgaste	Banda de rodamiento	6276
08-03-2013	D-104	5	32124015	SLJ0622M7A	Desgaste	Banda de rodamiento	6194
08-03-2013	D-104	6	32124039	MLJ0018F6B	Desgaste	Banda de rodamiento	5762
09-03-2013	D-72	5	32119067	S0K1F0052	Desgaste	Banda de rodamiento	7482
09-03-2013	D-72	6	32119063	S0K1F0065	Desgaste	Banda de rodamiento	6480
13-03-2013	D-103	5	32114075	JLJ0154F1A	Desgaste	Banda de rodamiento	4883
13-03-2013	D-103	6	32124033	MLJ0007M2A	Desgaste	Banda de rodamiento	5748
13-03-2013	D-89	5	32119053	S0K1F0053	Desgaste	Banda de rodamiento	8769
13-03-2013	D-89	6	32119052	S8B1F0065	Desgaste	Banda de rodamiento	7491
16-03-2013	D-62	6	32119151	CVC0037S4B	Desgaste	Banda de rodamiento	6889
16-03-2013	D-62	5	32119150	CVC0013S8B	Separación térmica.	Banda de rodamiento	6889
20-03-2013	C-84	6	32119027	SLH0162L7A	Desgaste	Banda de rodamiento	6895
21-03-2013	D-112	5	32124006	B1U560158	Desgaste	Banda de rodamiento	6541
24-03-2013	D-109	5	32124042	MLJ0030F4B	Desgaste	Banda de rodamiento	5409
24-03-2013	D-109	6	32124029	MLJ0018M1A	Desgaste	Banda de rodamiento	5520
30-03-2013	C-135	5	32122037	XVX1056A6Y	Corte Pasante	Banda lateral	3023
02-04-2013	C-83	5	32119106	S1E1F0074	Desgaste	Banda de rodamiento	8274
03-04-2013	D-65	6	32109106R	SLH0243L6A	Corte de Roca	Banda lateral	3227
07-04-2013	D-67	6	32129045	GLP0675S8A	Corte Pasante	Banda lateral	4938
09-04-2013	D-89	6	32129026	CVC0068E3Y	Separación térmica.	Banda de rodamiento	5332
11-04-2013	D-64	6	32119168	HLJ0077E7Y	Corte Pasante	Banda lateral	6158
12-04-2013	D-112	6	32114049	B1E560128	Corte Pasante	Banda lateral	6626
14-04-2013	D-72	4	32129044	S2S1F0060	Separación térmica.	Banda lateral	4150
18-04-2013	C-87	6	32119142	CVC008853	Separación térmica.	Banda de rodamiento	7570
21-04-2013	D-114	5	32124026	MLJ0024F0B	Desgaste	Banda de rodamiento	6703
21-04-2013	D-114	6	32124036	MLJ0335M4A	Desgaste	Banda de rodamiento	6599
24-04-2013	D-88	6	32119157	HLJ0037E7Y	Desgaste	Banda de rodamiento	6394

Fecha	Unidad	Pos.	S.P.C.C.	Serie	Razón de cambio	Parte Fallada	HRS.
28-04-2013	D-77	6	32119103	UVB0090L1A	Desgaste	Banda de rodamiento	6659
04-05-2013	C-133	5	32112012	YVC0017M0Y	Corte Pasante	Banda de rodamiento	4254
06-05-2013	D-101	5	32114100	B1N560036	Desgaste	Banda de rodamiento	6327
06-05-2013	D-101	6	32124008	BIU560058	Desgaste	Banda de rodamiento	6685
07-05-2013	C-136	4	32122006	UVY0035M2Y	Separación térmica.	Banda de rodamiento	3597
07-05-2013	C-87	6	32119078R	SOL0105M3C	Separación térmica.	Banda de rodamiento	3168
09-05-2013	D-112	5	32114103	B1N560233	Desgaste	Banda de rodamiento	8398
09-05-2013	D-112	6	32124010	B1N560196	Desgaste	Banda de rodamiento	7272
09-05-2013	D-109	5	32114080	B1L560037	Desgaste	Banda de rodamiento	6334
13-05-2013	C-135	6	32122015	UVY0031M6Y	Corte Pasante	Banda de rodamiento	4376
16-05-2013	LT-2	1	32121002	X2E002017	Separación térmica.	Banda de rodamiento	4040
20-05-2013	C-83	5	32119123	AVC0075E6Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7979
20-05-2013	C-83	6	32119058	ZVY0035L6A	Desgaste	Banda de rodamiento	9343
21-05-2013	D-66	5	32119147	CVC0026S5B	Desgaste	Banda de rodamiento	7845
26-05-2013	D-109	6	32114097	B1L560051	Desgaste	Banda de rodamiento	6823
26-05-2013	C-134	6	32122030	B1J600062	Corte Pasante	Banda lateral	5366
28-05-2013	D-78	5	32129016	XVC0130E1Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7659
28-05-2013	D-61	3	32119008	LLH0115G2B	Desgaste	Banda de rodamiento	3791
28-05-2013	D-61	4	32119038	LLH0008L1A	Desgaste	Banda de rodamiento	4683
30-05-2013	T-98	6	32117001	OLJ0263E9A	Corte Pasante	Banda de rodamiento	8308
01-06-2013	D-100	6	32124017	SLJ0019M0A	Desgaste	Banda de rodamiento	6998
02-06-2013	D-72	6	32119098	UVB0140L3A	Desgaste	Banda de rodamiento	5906
02-06-2013	T-97	4	3217005	JLO0405T9A	Corte Pasante	Banda lateral	6512
04-06-2013	D-103	6	32124044	MLJ0019F5B	Impacto de Roca	Banda de rodamiento	5624
05-06-2013	C-130	5	32122018	B1K600050	Desgaste	Banda de rodamiento	6534
06-06-2013	C-131	6	32122033	B1K600029	Corte Pasante	Banda lateral	5467
08-06-2013	D-109	5	32114099	B1L560074	Desgaste	Banda de rodamiento	7423
08-06-2013	C-130	6	32122029	B1J600065	Corte Pasante	Banda lateral	5415
10-06-2013	D-103	5	32124043	MLJ0012M7A	Desgaste	Banda de rodamiento	5748
10-06-2013	D-60	5	32119120	AVC0070E1Y	Desgaste	Banda de rodamiento	9624
10-06-2013	D-60	6	32119143	CVC0070S1B	Desgaste	Banda de rodamiento	8744
10-06-2013	D-103	6	32124028	MLJ0017M2A	Corte Pasante	Banda de rodamiento	6714
11-06-2013	D-67	6	32129008	CVC0011E0Y	Corte Pasante	Banda de rodamiento	6566
12-06-2013	D-104	4	32114105	B1U560040	Corte Pasante	Banda lateral	5451
13-06-2013	C-87	5	32119191	DVC0076E5Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7878
13-06-2013	C-87	6	32119091	UVY2211L0A	Desgaste	Banda de rodamiento	7723
16-06-2013	D-100	4	32124032	MLJ0333M6A	Corte Pasante	Banda de rodamiento	3215
17-06-2013	D-64	6	32119164	EVC0106E5Y	Desgaste	Banda de rodamiento	5940
18-06-2013	C-86	6	32119189	DVC0039E2Y	Desgaste	Banda de rodamiento	8592
18-06-2013	D-72	5	32119075	SLO0102M6O	Desgaste	Banda de rodamiento	8377
18-06-2013	D-72	6	32119121	AVC0069E2Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7842
20-06-2013	D-104	6	32124065	GLP0197S9B	Desgaste	Banda de rodamiento	5930
21-06-2013	D-111	5	32124046	S1J6U0010	Desgaste	Banda de rodamiento	7068
21-06-2013	D-111	6	32114095	B1L560024	Desgaste	Banda de rodamiento	6198

Fecha	Unidad	Pos.	S.P.C.C.	Serie	Razón de cambio	Parte Fallada	HRS.
22-06-2013	C-133	5	32122014	YVC0031M6Y	Desgaste	Banda de rodamiento	5775
23-06-2013	D-104	5	32124066	MLP0220S6B	Desgaste	Banda de rodamiento	5985
25-06-2013	T-95	1	3298001	S6N002916	Desgaste	Banda de rodamiento	6540
27-06-2013	D-71	5	32119171	S1A1F0099	Desgaste	Banda de rodamiento	8579
27-06-2013	D-71	6	32119138	S1E1F0075	Desgaste	Banda de rodamiento	6258
27-06-2013	T-96	5	3118001	Y1A12J8E3709002	Corte Pasante	Banda de rodamiento	3126
27-06-2013	D-108	4	32124005	B1N560216	Corte Pasante	Banda lateral	6497
28-06-2013	D-78	6	32129003	DVC0011E0Y	Desgaste	Banda de rodamiento	8497
01-07-2013	C-81	6	32119156	HLJ0076E8Y	Corte Pasante	Banda lateral	8882
03-07-2013	D-108	6	32114102	B1L560039	Desgaste	Banda de rodamiento	5434
03-07-2013	136	6	32122040	XVX1070A2Y	Separación térmica.	Banda de rodamiento	4293
04-07-2013	C-85	6	32129065	OLP0484S9A	Corte Pasante	Banda de rodamiento	5753
04-07-2013	C-87	6	32119199	CVC0038E3Y	Corte Pasante	Banda de rodamiento	7054
05-07-2013	D-110	5	32124047	S2E910003	Desgaste	Banda de rodamiento	7431
08-07-2013	D-107	4	32124074	B2Y560118	Separación térmica.	Banda de rodamiento	5178
09-07-2013	D-74	6	32119015	SLH0145L4A	Separación térmica.	Butilo	7500
10-07-2013	D-64	5	32119113	ZVC0120E1Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7828
10-07-2013	D-64	6	32119154	HLJ0122E2Y	Desgaste	Banda de rodamiento	6923
10-07-2013	D-88	6	32119160	CVC0041S0B	Impacto de Roca	Banda de rodamiento	7618
11-07-2013	C-130	6	32122008	YVC0021M6Y	Impacto de Roca	Banda de rodamiento	1003
13-07-2013	D-102	5	32124037	S1J6U0011	Desgaste	Banda de rodamiento	6991
13-07-2013	D-102	6	32124045	S1J6V0003	Desgaste	Banda de rodamiento	6735
14-07-2013	D-77	5	32119118	ZVC0206L5A	Separación térmica.	Banda de rodamiento	7313
15-07-2013	C-131	5	32112003	B0K600047	Desgaste	Banda de rodamiento	5972
15-07-2013	LT-2	2	32121005	X2Y004459	Impacto de Roca	Banda de rodamiento	3226
16-07-2013	D-73	5	32119082	SLO0103M5C	Desgaste	Banda de rodamiento	6508
16-07-2013	T-95	4	32128001	Y1A12J8E3709001	Corte Pasante	Banda de rodamiento	2453
18-07-2013	134	4	32132010	VVX0078A1Y	Separación térmica.	Banda lateral	2776
20-07-2013	D-114	6	32114107	B1Y560175	Desgaste	Banda de rodamiento	7875
20-07-2013	D-107	6	32124054	S2E910009	Corte Pasante	Banda de rodamiento	7069
20-07-2013	D-69	6	32119148	CVC0008S3B	Corte Pasante	Banda de rodamiento	7590
23-07-2013	D-74	5	32119201	CVC0054E7Y	Desgaste	Banda de rodamiento	8068
23-07-2013	D-70	6	32119190	DVC0047E4Y	Corte Pasante	Banda de rodamiento	6746
23-07-2013	D-107	5	32124050	S2E910006	Corte Pasante	Banda de rodamiento	7472
25-07-2013	D-76	5	32119169	HLJ0079E5Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7746
25-07-2013	D-76	6	32119176	PLJ0454E0Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7574
01-08-2013	C-137	5	32122027	B1K600039	Desgaste	Banda de rodamiento	5874
01-08-2013	C-86	5	32119175	PLJ0444E0Y	Desgaste	Banda de rodamiento	8954
01-08-2013	D-103	6	32124056	S2E910007	Corte de Roca	Hombro	6787
03-08-2013	D-113	5	32124057	S2E910016	Desgaste	Banda de rodamiento	6937
03-08-2013	D-113	6	32124058	B2R560173	Desgaste	Banda de rodamiento	6937
08-08-2013	D-88	5	32129033	DVC0066E5Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7321
08-08-2013	D-88	6	32119152	OLJ0372E2Y	Desgaste	Banda de rodamiento	7620
09-08-2013	D-107	5	32114083	B1L560055	Desgaste	Banda de rodamiento	7945

Fecha	Unidad	Pos.	S.P.C.C.	Serie	Razón de cambio	Parte Fallada	HRS.
09-08-2013	C-84	5	32119089	UVB0127L4A	Desgaste	Banda de rodamiento	10432
11-08-2013	T-97	3	32127002	SLJ0992L3A	Corte Pasante	Banda lateral	1645
11-08-2013	D-71	3	32129076	S2Y1F0015	Impacto de Roca	Banda de rodamiento	5649
15-08-2013	T-98	3	32117003	HLJ0164E8A	Corte de Roca	Banda lateral	6461
15-08-2013	T-98	4	32117004	OLJ0002L3A	Separación térmica.	Banda de rodamiento	2646
15-08-2013	T-98	6	3296006	KLH0671T3A	Separación térmica.	Banda de rodamiento	6596
15-08-2013	C-140	2	32132036	AVD0029V6A	Corte Pasante	Hombro	474
16-08-2013	C-137	5	32122009	VVC0001T1Y	Desgaste	Banda de rodamiento	5522
17-08-2013	C-134	5	32132005	B2B600003	Corte Pasante	Banda lateral	3622
19-08-2013	C-86	5	32119086	SLO0104M4C	Desgaste	Banda de rodamiento	6837
19-08-2013	C-86	6	32119162	HLJ0135E9Y	Desgaste	Banda de rodamiento	8477
20-08-2013	C-130	5	32122034	B1K600068	Desgaste	Banda de rodamiento	6797
23-08-2013	D-67	6	32119008	LLH0115G2B	Corte Pasante	Banda de rodamiento	4835
25-08-2013	D-74	6	32129025	CVC0013E8Y	Impacto de Roca	Hombro	6465
26-08-2013	D-106	6	32124078	PLP0240U5A	Desgaste	Banda de rodamiento	6202
27-08-2013	D-89	5	32129013	CVC0097E4Y	Desgaste	Banda de rodamiento	8096
27-08-2013	D-89	6	32129031	CVC0077E4Y	Desgaste	Banda de rodamiento	8472