

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESÍS**

**TIPIFICACIÓN DE LAS CAUSAS QUE INFLUYEN EN LA VIDA ÚTIL  
DE LOS NEUMÁTICOS DE VOLQUETES Y SU INCIDENCIA EN LA  
PRODUCCIÓN DE LA MINA TOQUEPALA**

**PRESENTADO POR:**

**MIGUEL EDUARDO MENDOZA VALVERDE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**AYACUCHO – PERÚ**

**AÑO – 2016**

### **DEDICATORIA:**

A mis queridos padres Oscar y Sara, a mis Hermanos Sara y Oscar y a mi cuñada Liv por su apoyo incondicional y motivación durante mis años de estudio y sus buenos consejos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Compañía Minera Southern Perú, al superintendente de mina Alberto Paz, al jefe general de mina Manfredo Herrera, por la confianza depositada para poder realizar mis prácticas profesionales, así mismo a los ingenieros del área de operaciones mina por compartir sus conocimientos y vivencias en el campo minero.

## INTRODUCCIÓN

La explotación minera tiene repercusiones económicas, ambientales, laborales y sociales en el mundo. Como es de conocimiento las empresas mineras se subdividen en dos tipos: Las empresas mineras subterránea y Las empresas mineras superficiales; es en esta última que se centra mi tema de tesis. Habiendo adquirido experiencia laboral en la mina Toquepala, específicamente en el área de Operaciones Mina, pude identificar que uno de los factores que influyen en la producción diaria son las demoras de los equipos de carguío y acarreo, estas demoras se ven influenciadas por problemas con los neumáticos de gran dimensión.

En síntesis, durante el periodo que estuve laborando en la mina Toquepala fui identificando que del total de neumáticos enviados a desecho un 18% fue por corte e impacto, ocasionando una disminución de sus horas de vida; cabe resaltar que el presupuesto en neumáticos representa un 10% del total asignado por año y por ende la adquisición adicional de neumáticos no programados ocasionaría el incremento del presupuesto asignado.

Por consiguiente, se debe considerar que las maquinarias mineras son muy importantes en la explotación, pues ayudan a tener una mayor producción con un uso mínimo de mano de obra lo que conlleva a reducir costos y, en consecuencia, se reduce los riesgos al que está expuesto el personal. Así

también se puede rescatar que dichas maquinarias llegan a un máximo en su rendimiento cuando el espacio de trabajo presenta ciertas características convenientes en su funcionamiento; entre estos, vías correctamente lastradas, neumáticos con su debida supervisión y mantenimiento y apropiados lugares de carga y descarga.

## RESUMEN

La tesis en mención tiene como principal objetivo identificar las causas influyentes que extienden la vida útil de los neumáticos para una buena producción de la mina Toquepala y en consecuencia lograr disminuir los costos por el uso excesivo de neumáticos.

Se sabe que la minería tiene como principal labor una buena perforación y voladura, sin embargo, el transporte del material ya disparado es una tarea ardua y con mayor dificultad en mina a tajo abierto debido a los grandes volúmenes de material a mover a diario y las distancias que recorren estos equipos, si a estos puntos sumamos que se proporcionen gastos mayores por un mal cuidado de los neumáticos, un mal inflado de estos o por el simple hecho de tener las vías en un mal estado, obtendremos como respuesta un desgaste más rápido de los neumáticos y por ende un cambio anticipado de los mismos, lo cual generaría mayores costos.

Por lo que concluimos que el problema planteado para esta tesis nos va a brindar información sobre las causas por las cuales los neumáticos son afectados, y así poder tener una buena gestión que involucraría una mejor productibilidad en el acarreo del material.

## INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	iv
RESUMEN.....	vi
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>1</b>
1.1 UBICACIÓN Y ACCESO.....	1
1.2 CLIMA Y VEGETACIÓN.....	2
1.3 ANTECEDENTES.....	2
1.4 RECURSOS HÍDRICOS.....	4
1.5 OBJETO DEL TRABAJO.....	5
1.6 MÉTODO DEL TRABAJO.....	5
1.7 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.7.1 Objetivos generales.....	6
1.7.2 Objetivos específicos.....	6
<b>CAPÍTULO II: GEOLOGÍA.....</b>	<b>7</b>
2.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	8
2.1.1 Estratigrafía.....	8
2.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	13
2.2.1 Fallamiento.....	13
2.2.2 Emplazamiento de Intrusitos.....	13
2.2.3 Rocas Volcanicas.....	14
2.3 GEOLOGÍA LOCAL.....	15
2.3.1 Rasgos de estructura local.....	16
a. Fracturamiento.....	16
b. Brechamiento.....	17
c. Fallamiento Local.....	17
2.4 GEOLOGIA ECONOMICA.....	18
2.4.1 PARAGENESIS.....	18
2.4.2 MINERALIZACIÓN.....	19
2.4.3 ALTERACIÓN DE ESTRUCTURAS MINERALIZADAS.....	22
a. Zona Fílica.....	23
b. Zona Argílica.....	23
c. Zona Propílica.....	23
d. Zona Silicificada.....	23
<b>CAPÍTULO III: MINERIA.....</b>	<b>25</b>
3.1 DEFINICIÓN DEL LÍMITE FINAL DE MINADO.....	25
3.2 MODELO DE BLOQUES.....	26
3.3 MODELO GEOLÓGICO.....	27
3.4 MODELO GEOTÉCNICO.....	28
3.5 MODELO GEOMETALÚRGICO.....	30
3.6 MODELO METALÚRGICO.....	31
3.7 MODELO ECONÓMICO.....	33
3.7.1 Costos.....	34
3.7.2 Valorización del bloque de minado.....	37
<b>CAPÍTULO IV: ASPECTOS ECONÓMICOS.....</b>	<b>34</b>

4.1	PERFORMANCE DE EQUIPOS.....	34
4.2	MANTENIMIENTO.....	40
	4.2.1 Preventivo.....	40
	4.2.2 Programado.....	40
4.3	DISPONIBILIDAD.....	40
	4.3.1 Mecánico.....	40
	4.3.2 Física.....	41
	4.3.3 Utilización.....	42
4.4	CONFIABILIDAD.....	42
4.5	VIDA ÚTIL Y ECONÓMICA DE EQUIPOS.....	42
4.6	DEPRECIACIÓN.....	42
4.7	INTERÉS.....	42
4.8	VALOR ACTUAL.....	43
	<b>CAPÍTULO V: TIPIFICACIÓN DE LAS CAUSAS QUE INFLUYEN EN LA VIDA ÚTIL DE LOS NEUMÁTICOS DE VOLQUETES Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE LA MINA TOQUEPALA.....</b>	<b>44</b>
5.1	VOLQUETES.....	44
5.2	DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN DE VOLQUETES.....	44
5.3	ASIGNACIÓN DE VOLQUETES POR PALA.....	45
5.4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS NEUMÁTICOS.....	46
5.5	TIPIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE LA VIDA ÚTIL DE NEUMÁTICOS.....	50
	5.5.1 Marcas de llantas.....	50
	5.5.2 Condiciones de vía.....	50
	5.5.3 Temperatura.....	53
	5.5.4 Presiones de inflado.....	55
	5.5.5 Condiciones climáticas.....	63
	5.5.6 Posición de los neumáticos.....	64
	A. Rotación de neumáticos.....	64
	B. El gemelado de neumáticos.....	64
	C. Diferencia entre los diámetros de los neumáticos montados sobre el vehículo.....	65
	5.5.7 Condiciones de mina zonas de carga y botaderos.....	70
	5.5.8 El trazado y mantenimiento de las pistas.....	70
	5.5.9 La duración y la longitud de los ciclos de acarreo.....	71
	5.5.10 El mantenimiento mecánico de los vehículos.....	71
	5.5.11 Hábitos de conducción del camión.....	73
5.6	ESTADÍSTICA DE MANTENIMIENTO DE REPARACIÓN DE LLANTAS.....	76
5.7	COSTOS DE ADQUISICIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE LLANTAS.....	78
5.8	DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL DE LLANTAS.....	78
5.9	INCIDENCIA DE LA VIDA ÚTIL DE LLANTAS EN LA PRODUCCION DE LA MINA TOQUEPALA.....	79
5.10	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	80
	CONCLUSIONES.....	82
	RECOMENDACIONES.....	83
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	84



## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N°01. Método de Trabajo.....	4
Gráfico N°02. Columna estratigráfica Mina Toquepala.....	12
Gráfico N°03. Plano Geológico Mina Toquepala.....	18
Gráfico N°04. Alteraciones.....	21
Gráfico N°05. Ángulos de Talud Recomendados por Golder Associates.....	30
Gráfico N°06. Dimensiones de los neumáticos.....	46
Gráfico N°07. Partes de los neumáticos.....	47
Gráfico N°08. Componentes de un neumático.....	47
Gráfico N°09. Partes de un neumático.....	48
Gráfico N°10. Secciones de los neumáticos.....	48
Gráfico N°11. Ancho de Vía en Zona en Curvas.....	52
Gráfico N°12. Generación de Calor Interna en un Neumático.....	54
Gráfico N°13. Energía vs Tiempo.....	55
Gráfico N°14. Aumento de Presión en los neumáticos.....	57
Gráfico N°15. Control de Presión.....	59
Gráfico N°16. Separación por Calor de un Neumático.....	60
Gráfico N°17. Separación por Esfuerzo de un Neumático.....	60
Gráfico N°18. Daño en el Talón del Neumático.....	60
Gráfico N°19. Gemelado de neumáticos.....	65
Gráfico N°20. Diferencia de Diámetros.....	66
Gráfico N°21. Medición del Neumático.....	67
Gráfico N°22. Piezas de los Aros.....	67
Gráfico N°23. Canal de Montaje de los Neumáticos. ....	69
Gráfico N°24. Modificación del Anillo.....	69
Gráfico N°25. Desgaste de Banda de Rodamiento.....	72
Gráfico N°26. Alineamiento de Neumático.....	73
Gráfico N°27. Esquema para alargar la vida de los neumáticos.....	80

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°01. Consumo de Agua.....	5
Tabla N°02. Zonas de Mineral.....	21
Tabla N°03. Taludes por Dominios Estructurales.....	29
Tabla N°04. Clasificación de las Zonas Geometalúrgicas. ....	31
Tabla N°05. Costos de minado.....	35
Tabla N°06. Costo de Concentradora.....	35
Tabla N°07. Costo de Lixiviación.....	36
Tabla N°08. Costo de Fundición y Refinería.....	36
Tabla N°09. Equipos de acarreo.....	39
Tabla N°10. Disponibilidad y Utilidad de Volquetes.....	45
Tabla N°11. Volquetes Asignados/Pala.....	45
Tabla N°12. Código de Neumáticos .....	49
Tabla N°13. Duración de neumáticos por hora .....	50
Tabla N°14. Presión de neumáticos.....	56
Tabla N°15. Cambio de neumáticos mes de enero.....	76
Tabla N°16. Cambio de neumáticos mes de febrero.....	76
Tabla N°17. Cambio de neumáticos mes de marzo.....	76
Tabla N°18. Cambio de neumáticos mes de abril.....	77
Tabla N°19. Costos de Adquisición.....	78
Tabla N°20. Costos de Reparación.....	78
Tabla N°21. Comparación de vida útil de los neumáticos.....	79
Tabla N° 22. Tiempo promedio que demora el cambio de neumático según modelo de volquete .....	79
Tabla N° 23. Tiempo promedio de ciclo de acarreo y número de viajes por día....	80
Tabla N° 24. Producción perdida por reparación de neumático.....	80

# **CAPÍTULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 UBICACIÓN Y ACCESO.**

El yacimiento se ubica en el sur del Perú, a 68 Km al Norte de la ciudad de Tacna, en el distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna.

La mina Toquepala está ubicada en las coordenadas geográficas:

- 17° 13' Latitud Sur
- 70° 36' Longitud Oeste

Para poder llegar a la mina Toquepala se puede hacer mediante vía terrestre mediante 2 vías la primera es llegar por la carretera Panamericana Sur hasta Camiara, que se encuentra situado a la altura del Km. 1204, de donde parte una carretera afirmada de 76 Km. hacia la mina, la segunda vía es desde la ciudad de Moquegua que cuenta con una carretera de 73 Km. No asfaltada que llega hasta la mina.

También puede ser accesible por vía aérea, puesto que cuentan con un pequeño aeropuerto en la zona de Staff, que solo es usado para avionetas de uso de la compañía.

Por último las vías de acceso secundarias están representadas por un ferrocarril industrial de 167 Km. Que une la mina con el puerto de Ilo, y otro que une las minas de Cuajone y Toquepala.

## **1.2 CLIMA Y VEGETACIÓN.**

El clima es seco durante la mayor parte del año, la precipitación local alcanza unos 9 mm de precipitación durante los meses de enero y febrero, se debe tener en cuenta que el escurrimiento general de la región es pequeño. Precisamente en estas épocas el ambiente de la zona y en especial de la mina se cubre condensas capas de niebla. La temperatura varía entre 4°C y 20°C, y la humedad relativa entre 70% y 100%.

La vegetación en general por estas zonas es muy obre y se compone mayormente de cactus y plantas silvestres.

## **1.3 ANTECEDENTES.**

El yacimiento de Toquepala fue descrito brevemente en la bibliografía geográfica del siglo XIX como depósito de cobre, y recibió una atención pasajera de cateadores chilenos a principios de este siglo. Por vez primera, fue reconocido como zona mineralizada de importancia real por el Geólogo O.C. Schmedeman durante un viaje de exploración por cuenta de la Cerro de Pasco Copper Corporation, en 1937.

El descubrimiento fue tardío en comparación con reconocimientos anteriores de Chuquicamata, Potrerillos y Braden de Chile, y de Cerro Verde al sur del Perú. Esto

se debió parcialmente a la difícil accesibilidad de la región, pero principalmente al carácter oscuro de la evidencia de cobre en la superficie.

Desde 1939 hasta 1942 la Cerro de Pasco Copper Corp. Exploro parcialmente el deposito por túneles y perforaciones diamantinas. La Northern Perú Mining and Smelting Co., realizo estudios regionales de ingeniería en 1945 y exploración por perforación en 1949. De acuerdo con datos publicados, el deposito contiene aproximadamente 400 millones de toneladas de mena para su extracción a cielo abierto, con un promedio de un poco más de 1.04% de Cobre. En los años siguientes se asociaron 4 grandes empresas extranjeras para la explotación del yacimiento minero de Toquepala, para formar Southern Perú Copper Corporation.

Southern Perú Copper Corporation (SPCC) fue constituida en el año 1952 en el Estado de Delaware, Estados Unidos, En el año 1956 inician los trabajos de desarrollo de la mina Toquepala y en 1960 la mina entra en operación, con una capacidad de 46 000 ton/día, conjuntamente con las operaciones en Toquepala se puso en operación el ferrocarril y el puerto industrial de Ilo, Moquegua. En el año 1976 inicia sus operaciones el complejo minero Cuajone con una capacidad de producción de 58 000 ton /día la cual para el año 1999 amplía a 87 000 ton/día.

En 1994 SPCC adquiere del estado peruano la refinería de cobre en Ilo con una capacidad de producción de 190 000 ton/año para posteriormente en el año 2002 fuera ampliada a 280 000 ton/año.

En 1995 en Toquepala inicia las operaciones de la planta LESDE con una capacidad de 36 250 ton/año, la misma que fue ampliada a 56 336 ton/ año en 1999.

Para el año 2002 se amplió la planta concentradora de Toquepala a una producción a 60 000ton/día.

En abril del 2005 SPCC se fusiona con Minera México y subsidiarias, consolidándose como la compañía minera más importante de México y Perú, así como las empresas con las mayores reservas de cobre en el mundo.

Para el año 2007, en Toquepala se completa el proyecto de formación de depósitos lixiviables con chancados y fajas transportadoras.

En el 2008 se terminaron los estudios de pre-factibilidad de la expansión de las concentradoras de Toquepala y Cuajone, a 100 000 ton/ día y 105 000 ton/día respectivamente, que hoy en día sigue en construcción.



**Gráfico N°01. Método de Trabajo**

#### **1.4 RECURSOS HÍDRICOS.**

En general, en todo el Sur del Perú, las fuentes y ríos se encuentran muy distanciados. Canales rudimentarios irrigan pequeños terrenos ubicados en terrazas a lo largo, los riachuelos proporcionando un sustento modesto a los pocos habitantes de esta región.

Esta región cuenta con bastantes recursos minerales, como tenemos el caso de las minas de cobre de Toquepala y Cuajone, y el proyecto minero Quellaveco también de cobre.

En lo referente a recursos humanos, este es muy poco por la naturaleza desértica de la zona, casi todo el personal obrero y empleado que labora en estas minas es de departamentos vecinos como Puno, Arequipa, Tacna y Moquegua, en la plana de funcionarios en gran parte son de Lima, Moquegua, Tacna y del extranjero los directivos. El consumo de agua en planta concentradora y en mina es como sigue:

**Tabla N°01. Consumo de Agua**

<b>Consumo de Agua</b>	
Concentradora	350 000 Gal/ mes
Mina	28 000 Gal/ mes

### **1.5 OBJETO DEL TRABAJO.**

Identificar las causas influyentes que extiende la vida útil de los neumáticos para una buena gestión en la mina Toquepala.

### **1.6 MÉTODO DEL TRABAJO.**

El desarrollo del presente trabajo tendrá dos etapas:

A.- Recopilación de información básica:

Comprenderá la toma de datos referidos sobre las marcas, modelos, duración y fallas de las llantas usadas en los volquetes de la Mina Toquepala.

B.- Trabajos de gabinete:

Análisis de los datos obtenidos, elaboración de cuadros estadísticos y finalmente la redacción de la tesis.

## **1.7 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.7.1 Objetivos generales:**

Identificar las causas influyentes que extiende la vida útil de los neumáticos para una buena gestión en la mina Toquepala.

### **1.7.2 Objetivos específicos:**

- Identificar la carencia del conocimiento sobre un cuidado adecuado de los neumáticos con el fin de implementar un programa de mantenimiento preventivo de neumáticos.
- Identificar qué porcentaje de operadores están teniendo mayor incidencia de daño hacia los neumáticos, por lo que a la empresa NEUMA, encargada de supervisar y suministrar los neumáticos, se le debe exigir que lleve un mejor registro de los cortes o daños que presenten estas.



## **CAPÍTULO II**

### **GEOLOGÍA**

#### **2.1 GEOLOGIA REGIONAL**

Toquepala es un depósito mineral de tipo “Pórfido de Cobre”, donde la mineralización está constituida por una fina disseminación de sulfuros y el relleno de angostas vetillas y con poca persistencia de fracturas, emplazadas en una secuencia de rocas ígneas de composición química ácidas a intermedias.

La forma como esta mineralización ha llegado a su posición actual es el resultado de muchos y muy variados factores que se explicaran más adelante.

Estructuralmente, el depósito está ubicado en una chimenea volcánica del tipo diatrema (chimenea de brecha) donde la mineralización del depósito ha sido posible por la existencia de una zona de debilitamiento que permitió el paso de las soluciones mineralizadas.

Mineralógicamente, el depósito desde su origen ha sufrido sucesivos cambios químicos y estructurales. La mineralización ha seguido los procesos de evolución comunes a todos los depósitos de este tipo, originando finalmente, la alteración y mineralización supergénica.

El depósito está ubicado en un terreno compuesto de volcánicos mesozoicos y terciarios intrusionados por apófisis dioríticas del Batolito Andino.

La historia tectónica de la región está comprendida en un lapso geológico entre el Cretáceo superior y el Terciario inferior, cuyos efectos expuestos en los diferentes tipos de rocas que afloran a lo largo de esta faja de yacimientos de cobre porfiríticas.

La actividad volcánica del Cretáceo superior que depositó una serie de derrames riolíticos y andesíticos conocidos integralmente como “Grupo Toquepala” sufrió plegamientos, fallamientos y levantamientos en bloques por acción de una compresión más o menos continua que iniciándose con el “Plegamiento Peruano” de Steiman, alcanza su máximo desarrollo durante el “Plegamiento Incaico”. Los esfuerzos producidos fueron lo suficientemente intensos como para producir importantes fallas de compresión de rumbo Norte-Oeste, y afectaron la estructura homoclinal volcánica pre-intrusiva hacia el Sur-Oeste. En general, los eventos tectónicos (Orogénesis) que tuvieron lugar en dicho intervalo de tiempo, coinciden con la actual Cordillera de los Andes, ubicándose en el flanco occidental.

### **2.1.1 Estratigrafía:**

#### **GRUPO TOQUEPALA (Cretáceo Superior-Paleoceno Superior)**

Esta unidad lito-estratigráfica fue descrita en el cuadrángulo de Punta Bombón y Cledesí (Bellido & Guevara 1963), para describir una gruesa secuencia de rocas volcánicas formadas por derrames, brechas de flujo, aglomerados y piroclásticos

finos cuyas composiciones varían entre dacitas, andesitas, traquitas y riolitas que descansan en discordancia sobre la Formación Guaneros y Volcánico Chocolate, donde se identifican sus miembros más inferiores.

El actual Grupo Toquepala fue conocido anteriormente como “Formación Toquepala” (Bellido y Landa, 1965), y fue elevado a la categoría por Bellido E. & Guevara C. (1963) a razón que buena parte de las unidades superiores del afloramiento se encuentran en los distritos mineros de Toquepala, Quellaveco y Cuajone donde fueron estudiados por Richard y Coutright (1955) y Lacy (1958). Actualmente, el Grupo Toquepala está dividido en cuatro formaciones algunas de ellas están subdivididas en algunos miembros:

- 1. Formación Huaracane (Martínez, 2000).** Conocida anteriormente como formación Toquepala (Bellido y Landa, 1965), actualmente está dividida en un conjunto de siete unidades volcánico clásticas estudiadas a lo largo del curso inferior del río Torata.
- 2. Formación Inogoya (Bellido, 1979).** Secuencia sedimentaria (Bellido y Landa, 1965), compuesta de conglomerados, areniscas, gravas consolidadas, bien estratificadas, de coloración gris atonalidades claras, está diferenciada en varias litofacies que van desde conglomerados gruesos en el sector oriental (Cerro Vizcachane) a sistemas de areniscas y limolitas claras (Hacienda Inogoya), intercalaciones de flujos piroclásticos porfiríticos grises de poco grosor (0.10 m), tabulares (Cerro Alegoma). Sobre yace a la Formación Huaracane (miembros 04, 06 y 07), e infra yace disconforme a tobas soldadas macizas (Formación Paralaque). Su localidad tipo se encuentra en las inmediaciones de la Hacienda Inogoya.

**3. Formación Paralaque (Bellido, 1979).** Secuencia de tobas (Bellido y Landa, 1965), altamente soldadas porfíricas, textura eutaxítica con minerales esenciales de vidrio, plagioclasas y cuarzo, como accesorios, biotita, fragmentos líticos y opacos, color gris rojizo, conforman farallones abruptos y extensas plataformas como las observadas en Otorá, y en la carretera que va de Torata Cuajone. En el sector de Otorá afloran secuencias sedimentarias compuestas por lodolitas y areniscas finas rojizas a grises, bien estratificadas que se definen como un miembro para esta formación. Sobre yace disconforme sobre la Formación Inogoya e infra yace en igual relación a la Formación Quellaveco, esta unidad es asignada al Cretáceo superior.

**4. Formación Quellaveco (Bellido, 1979):**

- **Miembro Asana.** Secuencia de lavas coherentes, de composición química riolítica, color gris claro, porfidíticas con cuarzo libre y feldespatos mayormente alterados, el cuarzo hialino es flotante en matriz media compuesta por cuarzo-feldespato. Su estrato tipo se encuentra en las inmediaciones del poblado de Asana, la Cimarrona y Villa Toquepala.
- **Miembro Yarito.** Secuencia de lavas porfíricas gris rosadas, matriz fina, muy resistentes y silicificadas, presentan buena estratificación, químicamente son riolitas alteradas a arcillasericita, parcialmente afaníticas con matriz holocristalina. Aflora extensamente al NO de la mina Toquepala entre los cerros Yarito y Cruz Laca, regionalmente tiene forma cómica e intruye a las secuencias volcánicas Samanape y Paralaque, presenta

contacto fallado (Falla Micalaco) con la súper unidad Yarabamba y las andesitas Carpanito.

- **Miembro Tinajones.** Secuencia de lavas coherentes blanco amarillentas estratificadas, porfíricas con cuarzo flotante en matriz afanítica, se inclinan  $15 - 20^\circ$  en dirección SO, su afloramiento se encuentra entre la mina de Cuajone y la Quebrada Charaque.

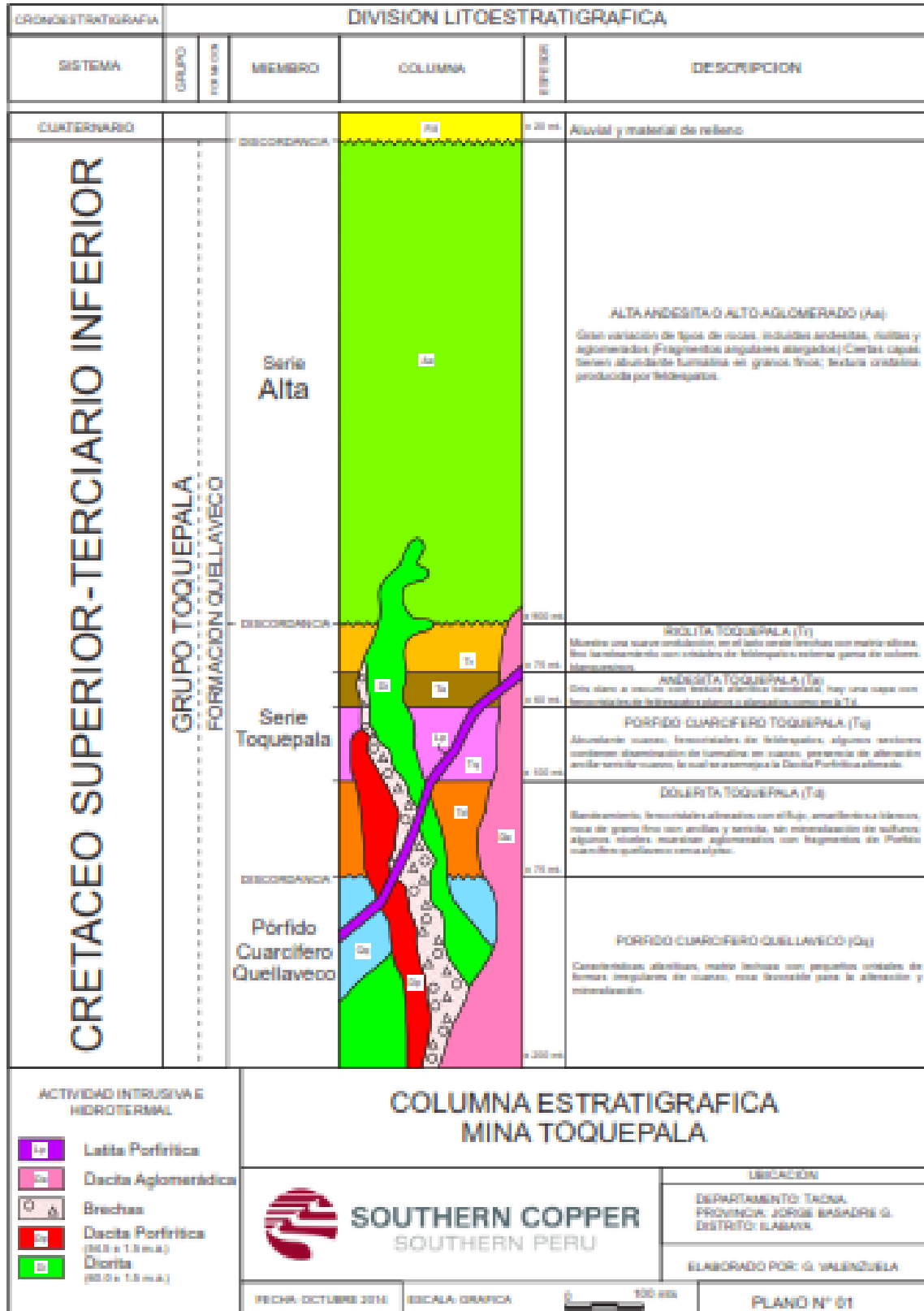


Gráfico N°02. Columna estratigráfica Mina Toquepala

## **2.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

### **2.2.1 Fallamiento**

Estas estructuras se refieren a un fallamiento de pre-mineralización cuya dirección predominante es Noroeste-Sureste; algunas de las cuales son también pre-intrusivas.

Está constituido por una familia de fallas casi paralelas conocido como el “Sistema Incapuquio” con una orientación N 50-55` W del tipo transcurrente con movimiento de los bloques tierra hacia el Nor-Oeste. Merece especial atención la Falla Micalaco en Toquepala, la cual tiene rumbo N 60-65` W y su inclinación es de 70-80 NE. El grupo de fallas en el área de Quellaveco tienden a una continuidad estructural en Cuajone.

### **2.2.2 Emplazamiento de Intrusitos**

En este marco estructural compuesto por fallas extensas y alineadas en la región, se produjo la inyección de los intrusivos pre-minerales presentándose como afloramientos irregulares allí donde estas rocas atraviesan a los derrames volcánicos existentes. Son los responsables de la alteración-mineralización en los tres depósitos (Toquepala, Cuajone, Quellaveco).

El emplazamiento tiene como características de “Stopping Magmático” producido durante o inmediatamente después de la fase orogénica (Plegamiento Incaico) y está relacionado al Batolito Longitudinal de la Costa. Dicho emplazamiento se habría producido hasta el Terciario inferior por etapas de acuerdo a su composición en el orden siguiente: Diorita, Granodiorita, Gramito, Monzonita Cuarcifera, Pórfido Dacítico y diques Latítico-Pegmatítico. Diques de cuarzo y turmalina que incluyen a todas las rocas anteriores que constituyen las intrusiones más jóvenes de la región.

### **2.2.3 Rocas Volcanicas:**

#### **- Volcánicos de pre-mineralización.**

Forman una gruesa secuencia de mantos de lava en forma de capas homoclinales con ligero buzamiento al Suroeste, donde es común la intercalación de andesitas y riolitas. Corresponden al Grupo Toquepala. La serie Toquepala está conformada por cuatro unidades de poca potencia cada una entre ellas. En Toquepala la secuencia es relativamente completa. Se correlaciona con otras unidades. La serie está representada por cuatro flujos volcánicos por andesitas y riolitas intercalados, ellos son la Dolerita Toquepala, Pórfido Cuarzífero Toquepala, Andesita Toquepala y Riolita Toquepala.

Las andesitas son de colores grises-verdosos y las riolitas de color blanco coloreados por lixiviación a colores de tonos rojizos, amarillentos y marrones. Por lo general son rocas poco mineralizadas y su potencia aproximada es de 650 m.

Los volcánicos se presentan solamente en los niveles superiores desapareciendo en el nivel 2905.

#### **- Volcánicos de Post- Mineralización.**

Son de importancia la secuencia de derrames volcánicos post-minerales por cubrir los depósitos de Quellaveco y Cuajone y ayudar en su preservación. En Toquepala no se depositaron o simplemente fueron barridos por la erosión. Está representado por tres formaciones: Huaylillas, Chuntacal y Barroso.



## - **Rocas Intrusivas:**

El stock de pórfido de dacita penetra a los flujos volcánicos y a la diorita. Las brechas hidrotermales tienen su máximo desarrollo, donde se formaron por repetidos episodios de brechamiento principalmente antes y después de la intrusión del pórfido de dacita. Richard y Courtright (1958) establecieron la secuencia de la formación Toquepala:

- Vulcanismo Regional
- Intrusión Regional
- Brechamiento con Diques y columnas de Turmalina
- Brechamiento con Diques y sulfuros (Brech. Primario)
- Intrusión de pórfido de dacita
- Brechamiento con Diques y columnas de Sulfuros (Brech. Secundario)
- Explosión. Formación de cráter abierto, zona N-E.
- Brechamiento. Diques y columnas de Brecha de Guijarros.
- Intrusión de los diques de Latita.
- Erosión Regional. Lixiviación profunda, enriquecimiento supergénico.
- Levantamiento y erosión moderna Regional.
- Los diques de Latita porfirítica atraviesan el depósito en dirección Norte-Sur principalmente, en algunas zonas acompañan a las Brechas de Guijarros.

### **2.3. GEOLOGÍA LOCAL.**

El área mineralizada de forma elongada y de 8 Km. De largo, ha sido un centro de intensa actividad ígnea. Existen varios cuerpos intrusivos de formas irregulares

dentro y junto a una gran chimenea ubicada en el centro. El cuerpo mineralizado en forma de hongo consiste de una zona enriquecida de posición tendida, predominante, de calcosina con una continuación a manera de tallo, de mena de Calcopirita Hipógena en la profundidad, tanto dentro como alrededor de la chimenea. La alteración hidrotermal se generaliza en la zona de mineralización. El cuarzo y la sericita constituyen los principales productos de alteración, y en muchos casos las texturas de la roca original han desaparecido.

Los principales sulfuros, pirita hipógena, calcopirita y calcosina supérgena, se presentan principalmente como rellenos de vacíos en la brecha y como granos pequeños diseminados a través de todas las rocas alteradas.

Las venillas de sulfuros son relativamente escasas. Los sulfuros se encuentran más abundantes y la alteración es más intensiva en ciertas unidades de rocas, tales como la diorita y la mayoría de las brechas.

### **2.3.1. Rasgos de estructura local.**

#### **a. Fracturamiento**

Cubre todo el intrusivo con intensidades variables con máximo desarrollo en la parte central de ellos. Existen tres sistemas más o menos constantes, cada sistema se presenta como una sucesión de fracturas que guardan cierto paralelismo entre sí, originando zonas de apariencia lineal con áreas de fracturamiento mayor y estrechamiento espaciado. Las direcciones comunes de rumbo están dirigidas en gran proporción hacia el Nor-Oeste con un sistema correspondiente al Nor-Este a  $90^{\circ}$  aproximadamente entre ambos sentidos. Presentan ángulos de buzamiento intermedios a altos en los 2 sistemas predominantes. El tercero indistintamente tiene rumbo en las dos

direcciones, pero sus inclinaciones son sub-horizontales y horizontales en algunos casos. Al Nor-Oeste los rangos son N 35-50° W y N 5-10° W siendo la primera la más importante puesto que repercute regionalmente, la segunda está referida especialmente al sistema sub-horizontal o de bajo ángulo.

#### **b. Brechamiento**

Las estructuras de brecha se relacionan a zonas de mayor fracturamiento. Estas se alinean al Noroeste en Cuajone y Quellaveco, variando en algo en Toquepala debido a su génesis y extensión. En este alineamiento encontramos, en términos generales, cuerpos de brecha con fragmentos angulares y otros con fragmentos redondeados (brecha de guijarros). Los primeros son los más importantes por haber constituido las unidades de mayor receptividad para la depositación mineral.

#### **c. Fallamiento Local**

Afecta a los volcánicos del Grupo Toquepala y a los intrusivos en cada depósito, en consecuencia, son posteriores al proceso de alteración – mineralización. Se asigna a estas estructuras una edad anterior a los eventos Volcánicos Terciarios y Cuaternarios.

En base a la orientación, potencia y efectos de desplazamiento podemos distinguir dos tipos de fallamientos que han producido desplazamientos verticales y de rumbo que han desplazado lateralmente parte de la mineralización y han variado la orientación de los sistemas de fractura. Se tiene un Fallamiento Mayor, que es un conjunto de fallas de orientación aproximada E-W, Las trazas de estas guardan cierto paralelismo, en otros casos se separan o acercan irregularmente.

Un Fallamiento Menor, cuyas fallas están orientadas al N-E y N-W indistintamente. Sus efectos son de menor intensidad que las anteriores, pero numéricamente son mayores.

## 2.4 GEOLOGIA ECONOMICA.

### 2.4.1 PARAGENESIS.

Las superficies o planos de rotura son mayormente ásperas y algunas veces con entrantes y salientes debido a la naturaleza granular de la roca, además la resistencia de los diferentes granos no es uniforme y la rotura se ha producido siguiendo los puntos más débiles. La orientación de estos planos constituye las direcciones de los sistemas predominantes hacia el Noroeste y Noreste a 90° entre ambos. Las características citadas sugieren un fracturamiento por fuerzas tensionales actuando sobre un metal o roca relativamente homogénea.

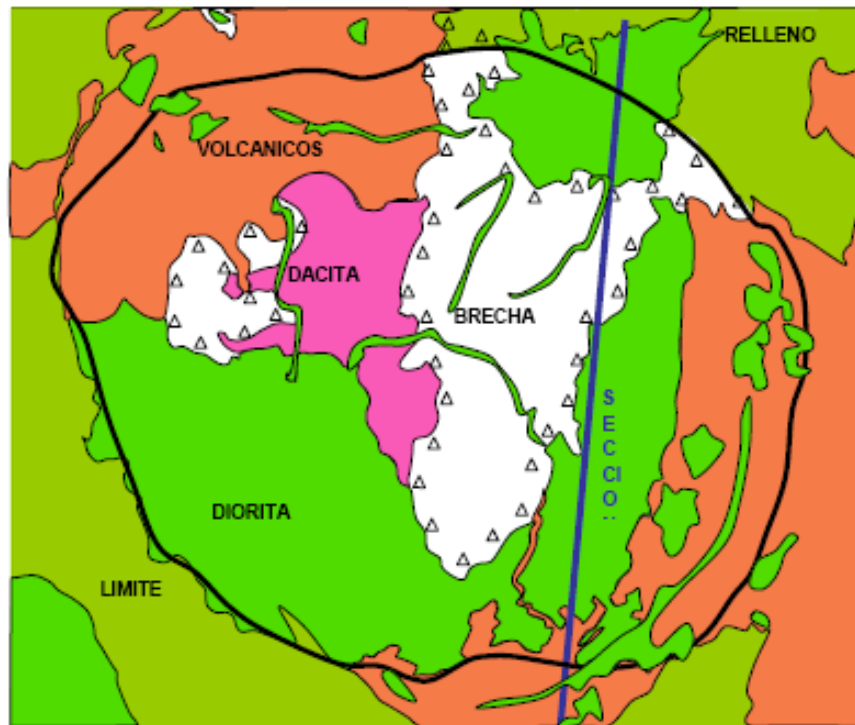


Gráfico N°03. Plano Geológico Mina Toquepala

## 2.4.2 MINERALIZACIÓN.

Los procesos de alteración, el emplazamiento intrusivo de las rocas y mineralización en los depósitos porfíricos de cobre pueden ser generalizados como un desarrollo de origen magmático sub-volcánico de un magma rico en metales, donde los fluidos residuales se mezclan con aguas meteóricas durante las últimas etapas de enfriamiento en la formación de un yacimiento.

Los sulfuros se encuentran diseminados en delgadas venillas y como relleno de vesículas o espacios vacíos en las brechas. La abundancia de los sulfuros es en general de:

Pirita Calcopirita Calcosina Molibdenita (Py Cpy Cc Moly)

La mineralización supérgena o secundaria está dado por metales transportados por aguas meteóricas oxidadas que se mueven hacia abajo y también lateralmente, en contraste con la mineralización hipógena o primaria donde los sulfuros son formados por soluciones hidrotermales ascendentes.

El enriquecimiento supergénico por lo tanto consiste de un relativo reemplazamiento de sulfuros primarios por sulfuros secundarios y en una menor extensión por el relleno de los intersticios de óxidos minerales en zonas debajo del nivel freático donde soluciones lixiviadas ácidas y oxigenadas son reducidas y neutralizadas. El enriquecimiento secundario depende de la cantidad de pirita disponible para producir un ambiente de bajo PH, reemplazando calcosina en zonas extensas de pirita-calcopirita.

En Toquepala se desarrolló mejor el enriquecimiento secundario, presentando las siguientes características mineralógicas:

- Mineralogía Simple, con distribución de leyes de cobre uniforme.

- Espesor de mineral, mayores de 300 m.
- La pirita es el sulfuro más abundante, la calcopirita el sulfuro de cobre más abundante y la calcosina es el mineral supérgeno más importante.
- La molibdenita se presenta como subproducto.

## **a. Zonificación.**

### **a.1 Zona Primaria.**

El mineral hipógeno formado por pirita, molibdenita, calcopirita, y trazas de bornita, esfalerita y galena.

Ocurrió una mineralización temprana con cuarzo-turmalina con menos sulfuros, más tarde y antes a la intrusión del pórfido dacítico, ocurrieron sulfuros y menos cuarzo-turmalina.

Conteniendo una mineralización discreta de pirita-calcopirita con una ley marginal o menor de 0.40% de Cu tenemos a la brecha de guijarros. En profundidad se estrecha la zona primaria, también la mayor distribución como una buena ley de molibdenita se encuentra en el contacto brecha angular-diorita ubicado en la parte central-sur del depósito. En la diorita, ubicado al este encontramos los mayores valores de Fierro.

### **a.2 Zona Enriquecida.**

La formación de la frontera superior fue una superficie ondulada, en contacto con el material lixiviado.

Siendo irregular la superficie superior, la parte central fue de un espesor de 150 m. Y en sus márgenes de pocos metros, predominando la calcosina, trazas de covellina y digenita, estos minerales están asociados a la calcosina-calcopirita-pirita y calcosina-pirita.

Esta zona aparece en el nivel 3235, desapareciendo en el nivel 2980. La molibdenita es errática, y al Este encontramos fierro con valores de más de 6%.

### a.3 Zona de Óxidos.

Tuvieron pequeñas cantidades de silicatos de Cobre en los afloramientos iniciales, sin poder constituirse en mena. Siendo los principales minerales, la malaquita, crisocola, cuprita y calcopirita, difícilmente encontrado cobre nativo en los diques de lutita porfirítica.

### a.4 Encape Lixiviado.

La superficie original fue compuesta de materia de lixiviación, variando su espesor desde algunos metros hasta los 300 m. Los minerales son limoníticos, principalmente hematita, gohetita y jarocita. Actualmente podemos ver en los niveles superiores de la mina, abundante material lixiviado. Ver tabla siguiente.

**Tabla N°02. Zonas de Mineral**

ZONA MINERAL	MINERALES PREDOMINANTES	OCURRENCIA
LEACH CAPING	Limonitas, Jarosita 30%, Hematita 60%, Goethita 10%	Diseminado mayormente y en fracturas
OXIDOS	Practicamente no existe	
ENRIQUECIDO	Calcosita 90% y otros 10% Digenita, Pirita, Covelita, Bornita. Cu nativo	Rellenando espacios en las brechas, diseminado y como vetas
TRANSICIONAL	Calcopirita 60%, Calcosita 25% , otros 15% Molibdenita, Pirita, Bornita	Rellenando espacios en las brechas, diseminado y en venas, asociado al Cuarzo
PRIMARIO	Calcopirita 90% y otros 10%, Pirita, Bornita, Molibdenita, Tetrahedrita, Enargita, Galena.	Rellenando espacios vacíos de las brechas, diseminado y en vetas.

### 2.4.3 ALTERACIÓN DE ESTRUCTURAS MINERALIZADAS.

La alteración hidrotermal es intensa y afecta a todos los cuerpos a excepción del pórfido de Latita. El límite lateral de esta alteración es ligeramente mayor a la mineralización y su forma es elíptica. Las principales zonas de alteración son:

- Zona Fílica: Cuarzo-Sericita
- Zona Argílica: Arcillas
- Zona Propilítica: Clorita-Pirita
- Zona Silicificada: Principalmente en la masa

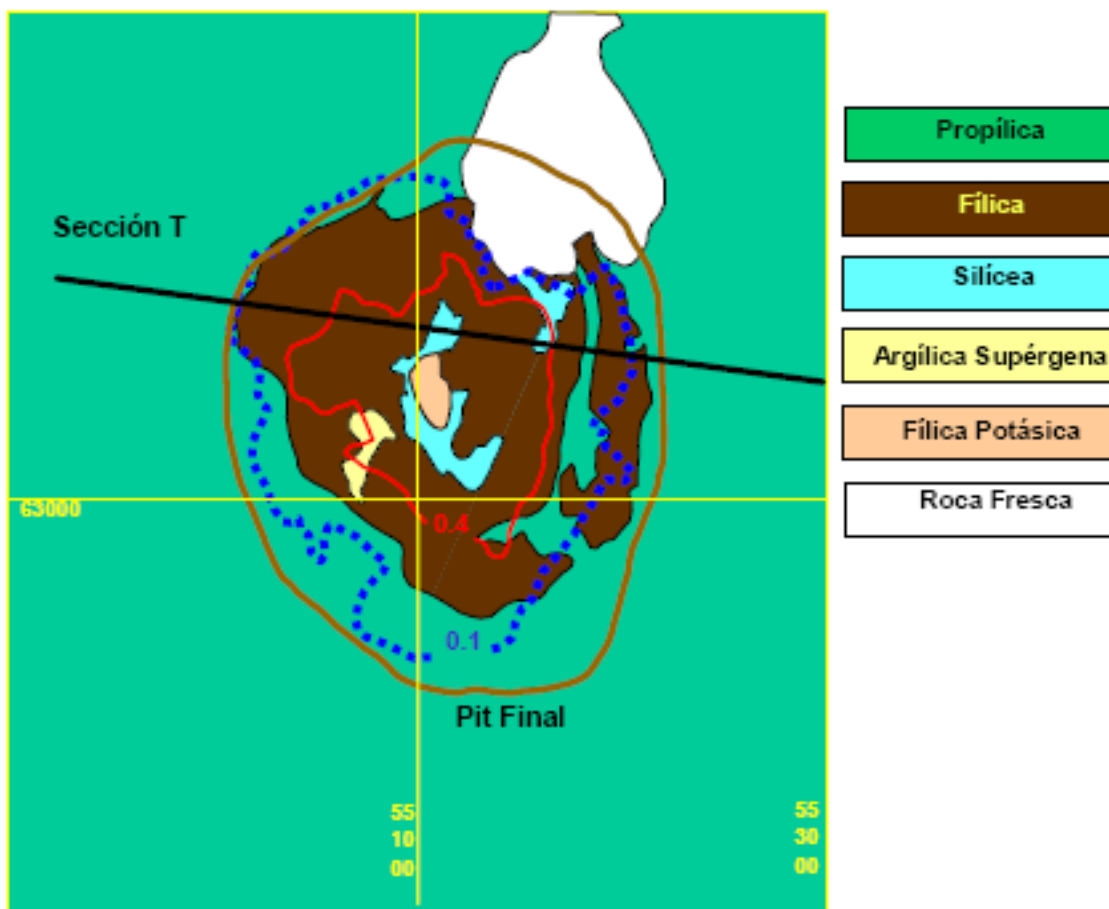


Gráfico N°04. Alteraciones



**a. Zona fílica.**

El desarrollo de Cuarzo-Sericita es la que predomina en todo el depósito en diversas intensidades.

Fuerte: Principalmente en la diorita, luego en la brecha angular y e pórfido de dacita, disminuye a medida que se desciende en la profundidad.

Moderada: Se presenta en la mitad Norte del depósito en los niveles superiores, predominando a medida que se profundiza afectando principalmente a la brecha angular y pórfido de dacita.

Débil: En los márgenes del depósito, principalmente en la diorita.

Sericita: Desarrollo individual en ciertas zonas de la diorita.

**b. Zona argílica.**

Esta alteración se superpone a la anterior, principalmente a la moderada intensidad. La zona principal se ubica en los volcánicos y algo en los intrusivos, pórfido de dacita y en la brecha angular.

**c. Zona propilítica.**

Erráticamente distribuida a los volcánicos principalmente y a la brecha angular, pórfido de dacita, diorita y en el contacto de brecha angular y dacita aglomerada en la zona NE.

**d. Zona silicificada.**

En los niveles por encima del 3100 hay una zona definida, ubicada en el lado Este del depósito, donde se presenta con moderada a fuerte intensidad afectando al pórfido cuarcífero de Quellaveco y a la diorita. En profundidad se presenta esporádicamente afectando tanto a la brecha angular, pórfido de dacita

y a la diorita. Venillas de cuarzo se encuentran irregular pero profusamente distribuidas en todo el depósito.

## **CAPÍTULO III**

### **MINERIA**

#### **3.1 DEFINICIÓN DEL LÍMITE FINAL DE MINADO.**

##### **Generalidades**

Este proceso envuelve el desarrollo y la superposición de una superficie geométrica llamada tajo sobre el inventario de recursos minerales. Consecuentemente, el material minable es el que se encuentra dentro de los límites del Pit.

La forma y tamaño del tajo depende de factores económicos y constantes de diseño y de producción. Con un incremento en el precio del metal explotable, las paredes del Pit podrían expandirse en tamaño asumiendo que los demás factores continúan constantes, el proceso inverso también puede suceder a lo largo de la vida de la mina.

El Pit que queda al final de la vida de la mina se denomina Pit final. Entre el nacimiento y la finalización del minado de una mina a tajo abierto, hay una serie de Pit intermedios los cuales se denomina fases de minado o pushbacks.

Dentro del tajo se hallan materiales de diferentes valorizaciones. El criterio económico es aplicado para la asignación de destinos basados en la valorización de estos (concentradora, botadero de desmonte, botadero de lixiviable, stock pile, etc.)

Una vez establecidos los límites del tajo y las reglas para clasificar el material dentro de este, se puede realizar el cálculo de reservas minables de la mina y la posterior programación de la producción.

### **3.2 MODELO DE BLOQUES.**

Un punto clave en el diseño, planeamiento y operación de una mina moderna es la construcción de lo que se llama el modelo del cuerpo mineralizado o modelo de bloques. Este modelo es una representación de la realidad construida a partir de la información predicha. Los bloques incluidos son un subconjunto del modelo total, los cuales permiten una manipulación de la información a escala local. En general, los modelos de bloques hacen posible al Ingeniero de Planeamiento seleccionar los medios más promisorios de extracción del mineral tanto física como económicamente. Podemos definir que un bloque es el volumen básico más pequeño de material, al cual es práctico asignarle una ley, tonelaje y valores geológicos. Los parámetros usados para determinar el tamaño básico son:

- El grado de variabilidad de la ley
- La continuidad geológica de las estructuras
- La estabilidad del talud

- Las limitaciones del software

Para la determinación de los límites finales del tajo se usan varios métodos, pero todos se basan en dos factores:

- El aspecto geológico
- Las restricciones de costos

Los aspectos geológicos son hipótesis imperfectas sobre las cuales debemos basar nuestros futuros cálculos y planes.

Las restricciones de costos se aplican a través de lo que se llama una función de parametrización, la cual se basa tanto en restricciones geométricas como en la variación de los valores económicos.

### **3.3 MODELO GEOLÓGICO.**

El modelo de bloques de la mina Toquepala es una matriz tridimensional, cuyos bloques tienen una base cuadrada de 20 m. de lado y 15 m. de alto.

Este modelo debe ser inicializado con todas las variables que se necesitan modelar. Cada bloque contiene variables numéricas como topografía, leyes de Cu y Molibdeno, roca, alteración, mineralización, densidad, dureza, índice de solubilidad, etc., cuyos contenidos iniciales están vacíos y son llenados gradualmente. Es importante el modelamiento geológico y tenerlo en un sistema electrónico, ya que este es la base para la determinación de las reservas económicas, para el planeamiento de minado a corto, mediano y largo plazo.

La manipulación de los controles geológicos electrónicos conjuntamente con la topografía nos permite obtener información tridimensional para cada fase de minado.

### **3.4 MODELO GEOTÉCNICO.**

El modelo geotécnico usado considera ángulos de taludes complejos por tipo de roca y por dominios estructurales según los estudios de Golder Associates Inc.

Los estudios de las características de las estructuras y del macizo rocoso de Toquepala han permitido definir 10 dominios estructurales.

En base a estos dominios, y para propósitos de su uso en la optimización del tajo, el depósito se dividió en 5 superficies, que están relacionadas con los principales tipos de roca existentes en el tajo de acuerdo a su génesis de formación; estas superficies son interceptadas verticalmente por diferentes tipos de rocas. Para cada una de estas intersecciones se ha definido un ángulo de talud, toda esta combinación de información es para que tengamos un mejor control de los ángulos verticales y una multiplicidad de sectores para cada zona de las superficies, y con ello podemos determinar la pared final del tajo.

La tabla de taludes por dominio estructural y tipo de roca recomendados por Golder, muestra una combinación de los dominios estructurales con agrupaciones por tipos de rocas, separados por la cantidad de yeso y sus correspondientes taludes.

El porcentaje de yeso que es significativamente alto en la parte inferior del tajo, contribuye a la estabilidad del macizo rocoso y por consiguiente se tiene taludes más parados.

Para el caso específico de Toquepala las superficies determinadas están directamente relacionadas por su génesis de formación, y estas son:

- Volcánicos
- Diorita
- Brechas

- Dacita aglomerada
- Dacita porfírica

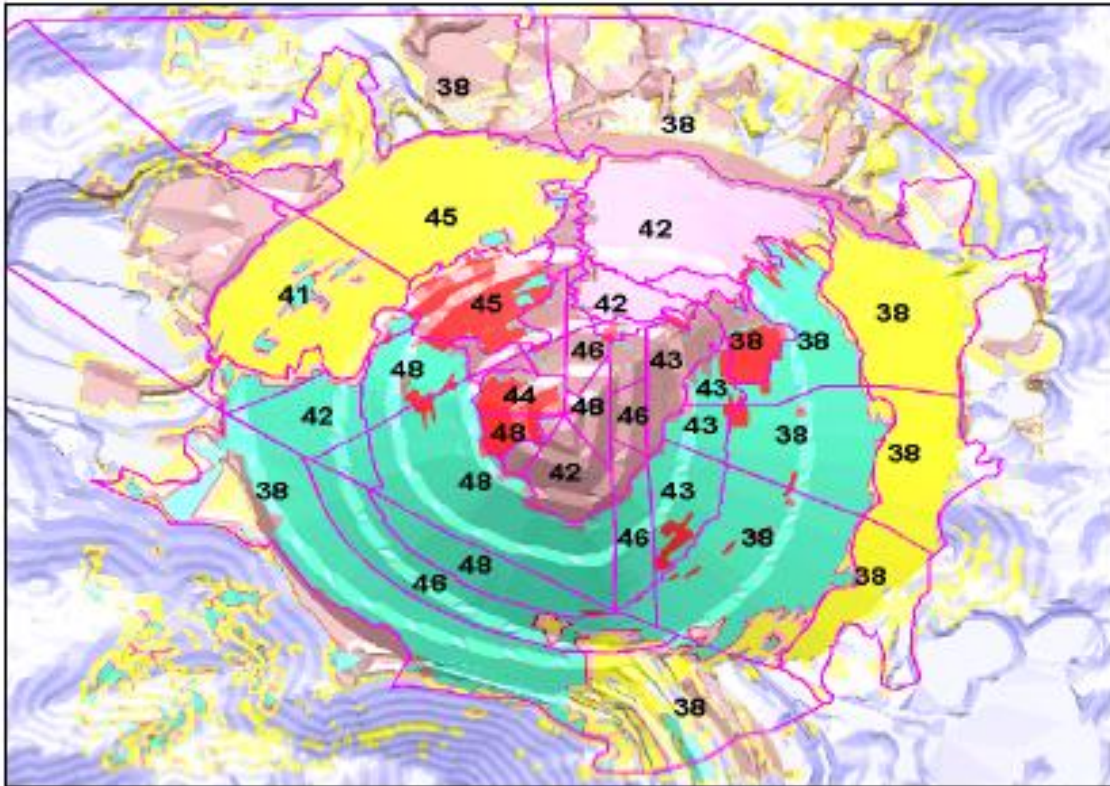
**Tabla N° 03. Taludes por Dominios Estructurales**

Sobre el límite de YESO / ANHIDRITA

		ROCAS				
		VOLCÁNICOS	DAC. AGLO.	DAC. PORF.	DIORITA	BRECHA
DOMINIOS ESTRUCTURALES	ESTE-SUR	38°			38°	
	ESTE-CENTRO	38°				
	Z. TOQUEPALA 01				46°	48°
	NOR-OESTE	45°				47°
	NO-GRAVEN	41°			40°	
	OESTE >= 3220			42°	38°	
	OESTE < 3220			42°	45°	
	Z. COLA DE CABALLO			45°	42°	41°
	ZONA MICALACO					
	ESTE - NORTE	38°			38°	38°
	DACITA		42°	42°		
	Z. TOQUEPALA 02					43°

Bajo el límite de YESO / ANHIDRITA

		ROCAS				
		VOLCÁNICOS	DAC. AGLO.	DAC. PORF.	DIORITA	BRECHA
DOMINIOS ESTRUCTURALES	ESTE-SUR				43°	
	ESTE-CENTRO				43°	
	Z. TOQUEPALA 01				46°	48°
	NOR-OESTE					48°
	NO-GRAVEN				48°	
	OESTE			44°	48°	
	Z. COLA DE CABALLO			45°	48°	41°
	ZONA MICALACO				48°	
	ESTE - NORTE	43°		43°	43°	
	DACITA		42°			
	Z. TOQUEPALA 02				46°	45°



**Gráfico N° 05. Ángulos de Talud Recomendados por Golder Associates**

### **3.5 MODELO GEOMETALÚRGICO.**

El modelo Geometalúrgico nos permite determinar zonas geológicas dentro del tajo que tenga alguna implicancia (positiva o negativa) en el proceso de concentración o lixiviación, especialmente en la recuperación metalúrgica en concentradora o en planta ESDE. Para hacer un estudio de estas zonas se hace un muestreo de cada zona geometalúrgica, previamente delimitada en base a sus características geológicas de roca y alteración. Para ello, se hicieron todas las combinaciones posibles de mineral conformadas por su tipo de roca, mineralización, alteración y presencia de yeso, dando un total de 10 combinaciones.

En la tabla que se adjunta se aprecia la conformación de las 10 zonas geometalúrgicas definidas (las zonas 3, 4 y 6 a su vez se subdividen en 3 subzonas



atendiendo a su tipo de alteración: a=fílica, b=fílica-silíceo, y c=silíceo). Se cubrió con información a detalle las 5 zonas más importantes del tajo: Zona 1, 2, 3, 4 y 6, que aproximadamente representan el 97.3% de las reservas minables de la mina.

**Tabla N° 04. Clasificación de las Zonas Geometalúrgicas.**

YESO	MINERALIZACION	ROCA	ALTERACION	RHI	ZONA
SIN YESO	LIXIVIADO + ÓXIDO	VOLCANICO	PROPILICA	13.8	8
		INTRUSIVO	PROPILICA	22.0	9
	ENRIQUECIDO + TRANSICIONAL	VOLCANICO	FILICA	13.8	5
		INTRUSIVO	FILICA	8.8	3a
			FILICA - SILICEA	12.0	3b
		SILICEA	19.6	3c	
	PRIMARIO	VOLCANICO	PROPILICA	13.8	7
		INTRUSIVO	FILICA	9.3	4a
			FILICA - SILICEA	12.0	4b
			SILICEA	19.6	4c
			PROPILICA	22.0	10
		BRECHA	FILICA	8.4	6a
			FILICA - SILICEA	13.3	6b
SILICEA			16.5	6c	
CON YESO	PRIMARIO	INTRUSIVO	FILICA - YESO	22.0	2
		BRECHA	FILICA - YESO	14.1	1

### 3.6 MODELO METALÚRGICO.

Para el desarrollo del modelo metalúrgico, se realizan una serie de perforaciones con sus correspondientes pruebas metalúrgicas, tomando como base las zonas geometalúrgicas discutidas en el ítem anterior.

Para la realización de estas pruebas, se enviaron a planta concentradora de uno o dos bancos consecutivos de la mina con una ley mayor o igual a 0.4% de Cu. Una vez que se reciben los resultados de las pruebas, se hace una regresión múltiple que deba relacionar la recuperación y el grado de concentrado con todas las variables que puedan interferir en sus resultados (incluyendo los índices de solubilidad), conformándose así los modelos de recuperación y grado.

Ecuaciones de recuperación se han usado para obtener la recuperación de concentradora, la recuperación del material lixiviable sin triturar y la recuperación del material lixiviable triturado. Se han usado valores constantes para las recuperaciones de fundición y refinera.

La ecuación de recuperación del cobre en concentradora está basada en resultados de pruebas de flotación llevadas a cabo en los años 2000 y 2001.

$$\%Rec.Cu = A + (B \times \%Cu) - (C \times \%CuSac) - (D \times (\%Py / \%Cpy))$$

$$\%Rec.Mo = E \times Log - 1(\%Mo) + F + ((G - \%Cu) \times H) + ((I - \%Fe) \times J)$$

Dónde: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J son valores constantes.

La estimación de recuperación del cobre en el proceso LESDE, está en función de las propiedades del botadero del material a lixiviar, las cantidades de cobre soluble e insoluble en este material y el tiempo de exposición a los agentes lixiviantes. Se han desarrollado ecuaciones para diferentes alturas de capa de material lixiviable tanto directo de la mina o ya sea material triturado. A continuación, se muestran las ecuaciones para la recuperación de cobre en función del tiempo correspondiente a lixiviable: Material ROM con 45 m. de altura de capa:

$$\%Rec.Cu = (M \times Ln(T) - N) \times ISAC + (O \times Ln(T) - P) \times ISCN + (Q(T) \times InSol)$$

Material triturado a – 8" con 30 de altura de capa:

$$\%Rec.Cu = (R \times Ln(T) - S \times ISAC + (U \times Ln(T) - V) \times ISCN + (W(T) \times InSol)$$

Dónde: M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V y W son valores constantes.

T = Tiempo en días

ISAC = Índice de solubilidad en ácido

ISCN = Índice de solubilidad en cianuro

InSol = Índice de insolubles

Estas ecuaciones han sido formuladas sobre la base de pruebas de lixiviación en columna de 34 muestras diferentes de mineral. Los resultados brindaron información de recuperación vs. Tiempo para cobre soluble en ácido y cobre soluble en cianuro, a partir de las cuales se derivaron curvas de recuperación en términos de Ln(T). Pruebas sobre la parte insoluble de cobre contenido no se realizaron debido a la cantidad de tiempo necesario para obtener resultados de recuperación y tiempo similares. Esto debido a la cantidad de tiempo necesario para convertir calcopirita a covelita, por lo tanto, se asume una recuperación de 1.5% anual de sulfuros primarios insolubles, esto basado en la experiencia en la mina Cananea en México.

### **3.7 MODELO ECONÓMICO.**

Datos mineralógicos, metalúrgicos y económicos se combinan para asignar un valor en dólares a cada bloque de minado.

Los costos de acarreo con volquetes y carreteras varían considerablemente dependiendo del perfil y longitud de la ruta además de la carga de los volquetes.

En primer lugar, se estiman los costos horarios y se convierten a costos unitarios por tonelada, basados en una estimación de la productividad del ciclo de acarreo.

Debido a esta variación en los componentes del acarreo y de las carreteras, los costos de minado para mineral como para desmonte tienen un componente fijo además de un componente dependiente directamente del nivel de minado.

Después de realizar todos los cálculos para la valorización de un bloque, siendo enviado a planta concentradora o siendo tratado como desmonte, se asigna el valor

más positivo al bloque. Posteriormente este valor es el único valor que se utiliza para propósitos de optimización y simulación de procesos.

### **3.7.1 Costos.**

Para las estimaciones se utilizaron de operación reales correspondientes al año 2015.

Los costos considerados para la evaluación incluyen todos los costos directos e indirectos de operación, gastos generales, etc. así como un capital de sostenimiento para reemplazo y mantenimiento de equipo promedio de los próximos 05 años.

Los costos de operación promedio reales del año 2005 fueron ajustados para reflejar los precios de los combustibles y energía proyectados por la oficina de planeamiento financiero son los siguientes:

- Lubricantes: 24.00 US\$/barril.
- Diésel: 1.45 US\$/galón
- Energía: 0.065 US\$/KWh

Los gastos usados en la evaluación están disgregados de acuerdo con la operación, comenzando con el minado, seguido por concentración, lixiviación, SE / EW y fundición / refinación.

El costo base de minado por tonelada métrica se aplica a todos los materiales minados (mineral, lixiviable y desmonte). Para el caso de mineral, se cargan costos adicionales por unidad de minado.

Se debe notar que los costos por supervisión, indirectos y los cargos por mantenimiento de capital se especifican en dólares por tonelada de minado, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla N°05. Costos de minado**

<b>MINA</b>	<b>Costo US\$</b>	<b>Tons. de Material</b>	<b>Costo Unit. (US\$/TM)</b>
Perforación y Voladura	7,536,542	90,082,000	0.0837
Carguío	8,091,234	115,120,000	0.0703
Acarreo	25,431,360	95,798,000	0.2655
Caminos y Botaderos	6,006,572	115,120,000	0.0522
Costos Generales	6,931,804	115,120,000	0.0602
<b>Costo Directo de Minado</b>			<b>0.5318</b>
Costos Indirectos Variables	336,872	115,120,000	0.0029
Capital de Reposición (Mtto + Mina)	14,640,000	133,000,000	0.1101
<b>Costo Indirecto de Minado</b>			<b>0.1130</b>
<b>Costo Base de Minado</b>			<b>0.6448</b>

<b>OTROS COSTOS CARGADOS AL MINERAL</b>	<b>Costo US\$</b>	<b>Tons. de Material</b>	<b>Costo Unit. (US\$/TM)</b>
Acarreo mineral trenes a Concentradora	2,896,563	21,820,000	0.1327
Costos Indirectos Fijos de Mina	10,633,873	21,820,000	0.4873
Capital de Administración de Mina	216,667	21,820,000	0.0099
Capital de Administración de Fundición	325,000	51,200,000	0.0063
Capital de Administración de Refinería	325,000	51,200,000	0.0063
Capital de Reposición Fundición	1,772,172	51,200,000	0.0346
Capital de Reposición Refinería	800,000	51,200,000	0.0156
Costos Indirectos Fundición	12,583,142	51,200,000	0.2458
Costos Indirectos Refinería	6,406,172	51,200,000	0.1251
Costo Supervisión Mina	1,220,894	21,820,000	0.0560
Costo Supervisión Fundición	2,251,200	51,200,000	0.0440
Costo Supervisión Refinería	1,013,039	51,200,000	0.0198
<b>Costo Base de Minado</b>			<b>0.6448</b>
<b>Total Costos Cargados a Mineral</b>			<b>1.8284</b>

**Tabla N°06. Costo de Concentradora**

<b>CONCENTRADORA</b>	<b>Costo US\$</b>	<b>Tons. de Material</b>	<b>Costo Unit. (US\$/TM)</b>
Acarreo mineral trenes a Concentradora	50,840,315	21,820,000	2.3300
Costos Indirectos Fijos de Mina	10,057,657	21,820,000	0.4609
Capital de Administración de Mina	896,536	21,820,000	0.0411
Capital de Administración de Fundición	7,068,000	21,820,000	0.3239
Capital de Administración de Refinería	216,667	21,820,000	0.0099
<b>Costo Base de Minado</b>			<b>3.1659</b>

**Tabla N°07. Costo de Lixiviación**

MATERIAL LIXIVABLE	Costo Unit.
	<b>US\$/TM</b>
Chancadora, Faja y Apilador	0.6390
Costo de Lixiviación	0.2620
Costos Indirectos	0.0300
Capital de Reposición	0.0210
Costo de Supervisión	0.0040
<b>Costo Total de Lixiviación *</b>	<b>0.9560</b>
	<b>US\$/Lb.</b>
Costo ESDE	0.1450
Costo Indirecto	0.0340
Costo de Supervisión	0.0040
Capital de Reposición	0.0230
<b>Costo Total ESDE</b>	<b>0.2060</b>
<b>Total Costos Proceso LESDE (US\$/Lb.)</b>	<b>0.2064</b>

\*No existe costo de minado, ya que dicho costo es asumido por el cobre de concentradora

**Tabla N°08. Costo de Fundición y Refinería**

FUNDICIÓN	Costo US\$	Lbs. Cu Fino	Costo Unit. (US\$/TM)
Operación	49,370,552	626,112,080	0.0789
Crédito Ácido Sulfúrico en Blister			-0.0040
<b>Costo de Fundición</b>			<b>0.0749</b>

REFINERÍA	Costo US\$	Lbs. Cu Fino	Costo Unit. (US\$/TM)
Operación	14,807,298	626,112,080	0.0236
Crédito Metales Preciosos			-0.0200
<b>Costo de Refinación</b>			<b>0.0036</b>

$$CUT - OFF\%Cu \text{ mineral} = \left( \frac{Cst. Min + Cst. Conc. + Cst. Incr. Acarreo}{Valor \text{ neto de Mineral} \times 22.046} \right)$$

**Valor neto mineral**

$$= (\text{precio} - (Cst. Ventas + Cst. Fund + Cst. Refin + Regalias)) \times \text{Recuperación total}$$

$$CUT - OFF\%Cu \text{ Lixiviable} = \frac{(CST. \frac{SE}{EW} + Cst. Incr. Acarreo)}{(Interno) Valor \text{ neto lixiviable} \times 22.046}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CUT} - \text{OFF}\% \text{Cu Lixiviable} &= \frac{(CST. SE/EW + Cst. Incr. Acarreo)}{(\text{Interno})\text{Valor neto lixiviable} \times 22.046} \\
 \text{Valor neto Lixiviable} &= (\text{precio} - (Cst. Ventas + Cst. SE/EW + Regalias)) \\
 &\times \text{Recuperación proceso LESDE}
 \end{aligned}$$

### 3.7.2 Valorización del bloque de minado.

Se calcula la ganancia por bloque de minado con la ecuación estándar:

$$\text{Ganancia} = \text{Ingreso} - \text{Costo}$$

Para el caso de los bloques se asume un ingreso cero, por lo tanto, los valores de ganancia se hacen negativos.

Las leyes de corte nominales que definen el material como lixiviable y mineral aseguran que los valores de ganancia de esos bloques sean positivos. Las ecuaciones de ganancia utilizadas para desmonte, lixiviable y mineral se muestran a continuación:

Bloques de Desmonte:

$$\text{Ganancia} = 0.0 - (\text{Vol. bloque} \times \text{Dens. bloque} \times (Cst. Min. + Cst. Incr. Acarreo))$$

Bloques de Lixiviable:

Se han caracterizado dos tipos de material lixiviable de acuerdo a su ley:

#### a. Lixiviable de baja ley:

Que es definido como cualquier material cuya ley de cobre se encuentre sobre la ley de corte interna del lixiviable y debajo de la ley de corte nominal del proceso LESDE.

*Ganancia*

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Vol. bloque} \times \text{Dens. bloque} \times \% \text{Cu} \times 22.046 \times (\text{Precio} - Cst. Ventas - Cst. SX \\
 &/ EW - Regalías)) \times \text{Rec. LESDE} - (\text{Vol. bloque} \times \text{Dens. bloque} \times (Cst. Lixi. + Cst. Incr. Acarreo)).
 \end{aligned}$$

**b. Lixiviable de alta ley:**

Que es definido como cualquier material cuya ley de cobre se encuentra sobre la ley de corte nominal del proceso LESDE y que a la vez reporte mayores ganancias al ser procesados por lixiviación que por concentración.

Ganancia = (Vol. bloque x Dens. bloque x %Cu x 22.046 x (Precio – Cst. Ventas – Cst. SX / EW – Regalías)) x Rec. LESDE – (Vol. bloque x Dens. bloque x (Cst. Min. + Cst. Lixi. + Cst. Incr. Acarreo)).

**c. Bloques de Mineral:**

Los bloques que tienen un valor económico positivo al ser evaluados con los costos del proceso de concentración, fundición y refinación son caracterizados como mineral a concentradora. El cálculo del valor de estos bloques es como sigue:

Ganancia = (Vol. bloque x Dens. bloque x %Cu x 22.046 x (Precio – Cst. Ventas – Cst. Refinería y Fundición – Regalías) x Rec. Total) + (Vol. bloque + Dens. bloque x %Mo x 22.046 x (Precio Moly – Cst. Ventas – Costo de Tostación – Regalías) x Rec. Moly)) – (Vol. bloque x Dens. bloque x (Cst. Min. + Cst. Conc. + Cst. Incr. Acarreo)).



## CAPÍTULO IV

### ASPECTOS ECONÓMICOS

#### 4.1 PERFORMANCE DE EQUIPOS.

Tabla N°09. Equipos de acarreo

<b>Equipo de Carguío (8 palas)</b>		
	<u>MARCA / MODELO</u>	<u>CAPACIDAD</u>
• 02 Palas	P&H 4100A	56 yd <sup>3</sup>
• 01 Pala	P&H 4100+	60 yd <sup>3</sup>
• 01 Pala	<u>Bucyrus 495BI</u>	56 yd <sup>3</sup>
• 04 Palas	<u>Bucyrus 495HR</u>	73 yd <sup>3</sup>
• 01 C. Frontal	CAT 994F	23 yd <sup>3</sup>
• 01 C. Frontal	Le <u>Tourneau L-1850</u>	33 yd <sup>3</sup>
• 01 C. Frontal	Le <u>Tourneau L-2350</u>	50 yd <sup>3</sup>
<b>Equipo de Acarreo (75)</b>		
	<u>MARCA / MODELO</u>	<u>CAPACIDAD</u>
• 30 Volquetes	<u>Komatsu 930E</u>	290 <u>tm</u> (320 <u>tc</u> )
• 18 Volquetes	<u>Komatsu 830E</u>	218 <u>tm</u> (240 <u>tc</u> )
• 05 Volquetes	Caterpillar 793C	218 <u>tm</u> (240 <u>tc</u> )
• 13 Volquetes	Caterpillar 793D	218 <u>tm</u> (240 <u>tc</u> )
• 09 Volquetes	Caterpillar 797F	363 <u>tm</u> (400 <u>tc</u> )

## **4.2 MANTENIMIENTO.**

El mantenimiento consiste en atender al equipo constantemente a intervalos regulares y atender desperfectos imprevistos en cualquier momento.

La razón para hacer el mantenimiento es:

- Prologan la vida del equipo.
- El equipo proporciona un servicio eficiente durante la operación.

### **4.2.1 Preventivo.**

El mantenimiento preventivo se realiza para evitar fallas repentinas durante la operación y puede hacerse en cualquier momento.

### **4.2.2 Programado.**

Es el mantenimiento que se hace según un tiempo determinado que puede ser cada mes y/o conforme el número de horas de trabajo de la maquinaria

## **4.3 DISPONIBILIDAD.**

Es el porcentaje del tiempo total que el equipo está lista para el servicio.

### **4.3.1 Mecánico.**

Porcentaje del tiempo disponible para el uso en operaciones.

$$DM = \frac{Hp - (MP + RME)}{HP} \times 100$$

Donde: HP= días calendarios de trabajo por mes x N° de guardias/días x 8 horas

Por guardia +Horas extras

MP= mantenimiento preventivo.

RME= reparaciones mecánicas eléctricas.

DF= demoras fijas.

OD= otras demoras.

Ejemplo:

Días trabajados por mes = 30

Turnos de trabajo=2

Duración de turno= 12 horas.

Horas programadas por día=20

Horas de mantenimiento /guardia=0.5 horas.

Reparaciones mecánicas eléctricas= 150 horas/mes

Solución:

Horas de mantenimiento preventivo fijado por mes =  $0.5 \times 2 \times 30 = 30$  horas.

Horas programadas por mes=  $30 \times 20 = 600$

$$DM = \frac{600 - (30 + 150)}{600} \times 100 = 0.70$$

$$DM = 70\%$$

#### 4.3.2 Física.

Mide la disponibilidad del equipo exceptuando todas las pérdidas de tiempo incluyendo las mecánicas.

$$DF = \frac{\text{Horas trabajadas} + \text{Horas en demora}}{\text{Horas programadas}} \times 100$$

Horas netas trabajadas por guardia = 8

Horas netas trabajadas por mes =  $5 \times 2 \times 30 = 300$

Horas de demora por turno = 0.4

Horas de demora x mes =  $1.5 \times 2 \times 30 = 90$

$$DF = \frac{300 + 90}{600} \times 100 = 0.65 = 65\%$$

### **4.3.3 Utilización.**

Es la medida que determina con que eficiencia se opera el equipo.

$$U.E = \frac{HP - (MP + RME + DF + DO + OD)}{HP} \times 100$$

Donde U.E = utilización neta del equipo

DO= demoras operacionales.

$$U.E = \frac{600 - (30 + 150 + 20 + 25)}{600} \times 100 = 0.625 = 62.5\%$$

### **4.4. CONFIABILIDAD.**

Es la probabilidad de que un equipo funcione de la manera deseada en un cierto ambiente y durante un cierto tiempo establecido

### **4.5. VIDA ÚTIL Y ECONÓMICA DE EQUIPOS.**

Vida útil: es el periodo de tiempo durante el que el equipo rendirá un servicio útil.

Vida económica: es el periodo durante el que el equipo dado tiene el costo anual uniforme equivalente más bajo.

### **4.6. DEPRECIACIÓN.**

Es la disminución del valor de un activo.

### **4.7. INTERÉS.**

En todas las actividades financieras donde se involucra el uso del dinero es costumbre pagar un interés por el dinero prestado. Esto significa que en toda operación financiera, llámese crédito o proyecto de inversión, está presente el concepto de valor del dinero en el tiempo a través del interés que se paga.

### **TASAS DE INTERÉS:**

La tasa de interés es la expresión porcentual del costo del dinero. Está presente cuando se abre una cuenta de ahorros o se efectúa un préstamo.

### **TASA DE INTERÉS SIMPLE:**

Es la tasa de interés que, al final de cada período, se aplica únicamente sobre el capital inicial.

### **TASA DE INTERÉS COMPUESTO:**

Es la tasa de interés que, al final de cada período, significa tanto al capital anterior como a los intereses ganados en ese período.

Generalmente se establece el interés compuesto como una tasa anual, la cual puede ser capitalizada en forma continua, diaria, mensual, bimensual, trimestral o semestral.

### **4.8. VALOR ACTUAL.**

Es el valor inmediato de un conjunto de sumas futuras que habrá que recibirse o invertirse durante un determinado periodo a una tasa de interés prefijado.

## **CAPÍTULO V**

### **TIPIFICACIÓN DE LAS CAUSAS QUE INFLUYEN EN LA VIDA ÚTIL DE LOS NEUMÁTICOS DE VOLQUETES Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE LA MINA TOQUEPALA**

#### **5.1 VOLQUETES.**

Son camiones de dos ejes con caja basculante. El eje trasero, motriz, lleva, por lo general, ruedas gemelas. El eje delantero, directriz, lleva, por lo general, dos ruedas en sencillo.

#### **5.2 DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN DE VOLQUETES.**

La disponibilidad de los volquetes está controlada por el cuarto control con el sistema MineStar quienes llevan un registro en tiempo real.

**Tabla N°10. Disponibilidad y Utilidad de Volquetes**

CAPACIDAD	VOLQUETES	DISP	UTIL
218 ton	35	81%	78%
283 ton	29	85%	85%
363 ton	9	88%	86%

### **5.3 ASIGNACIÓN DE VOLQUETES POR PALA.**

Las asignaciones de los volquetes a cada pala dependen al número de semana que se encuentre la operación, la distancia y la producción prevista para esa semana.

Un punto importante es que los volquetes Caterpillar 797-F solo trabajan en la fase V, pues en esta fase se encuentran las vías más anchas y los recorridos más cortos hacia los botaderos de desmonte.

**Tabla N°11. Volquetes Asignados/Pala**

PALA	Nº DE VOLQUETES
S02	9
S01	6
S03	7
S06	7
S07	6
S04	9
S05	6
S08	9
S06	3
LT-2350	2

La distribución de los volquetes, también tiene mucho que ver con la capacidad de carga de cada pala es por esto que los volquetes con cargas menores son enviados a la fase III a extraer mineral, pues la pala asignada tiene una capacidad de carga aproximada a 90 ton.

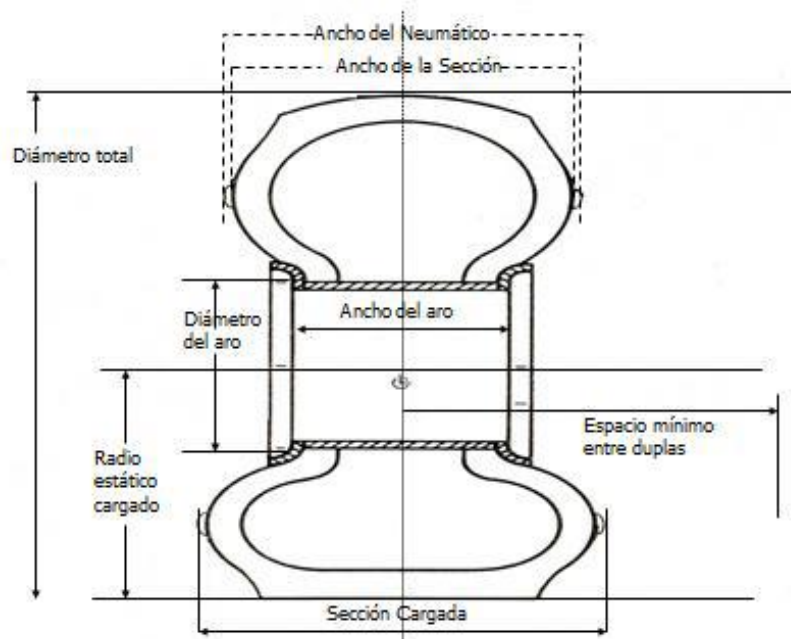
## 5.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS NEUMÁTICOS.

**Definición:** Es el punto de unión entre la máquina y el suelo y es, por lo tanto, el elemento que la sustenta y le permite desplazarse. Tiene como principales funciones:

- Capacidad para transportar carga
- Proporcionar amortiguación
- Transmitir torque en la tracción y en el frenado
- Proporcionar respuesta a la dirección
- Condiciones máximas de seguridad.

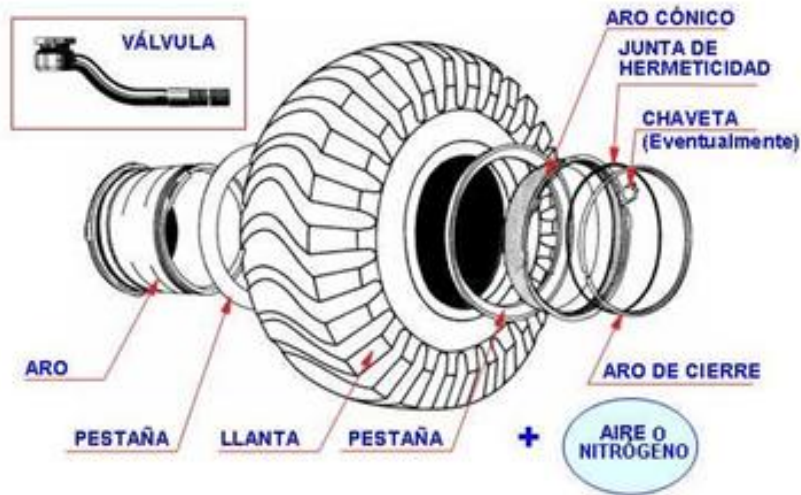
### Dimensiones del neumático prototipo

En la siguiente figura se describe las dimensiones correspondientes a neumáticos gigantes.



**Gráfico N° 06. Dimensiones de los neumáticos**





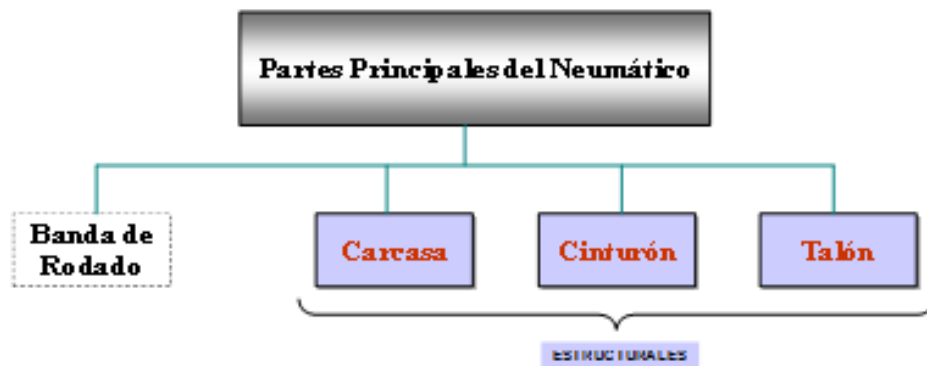
**Gráfico N° 07. Partes de los neumáticos**

**Partes de construcción del neumático**

Las partes del neumático son:

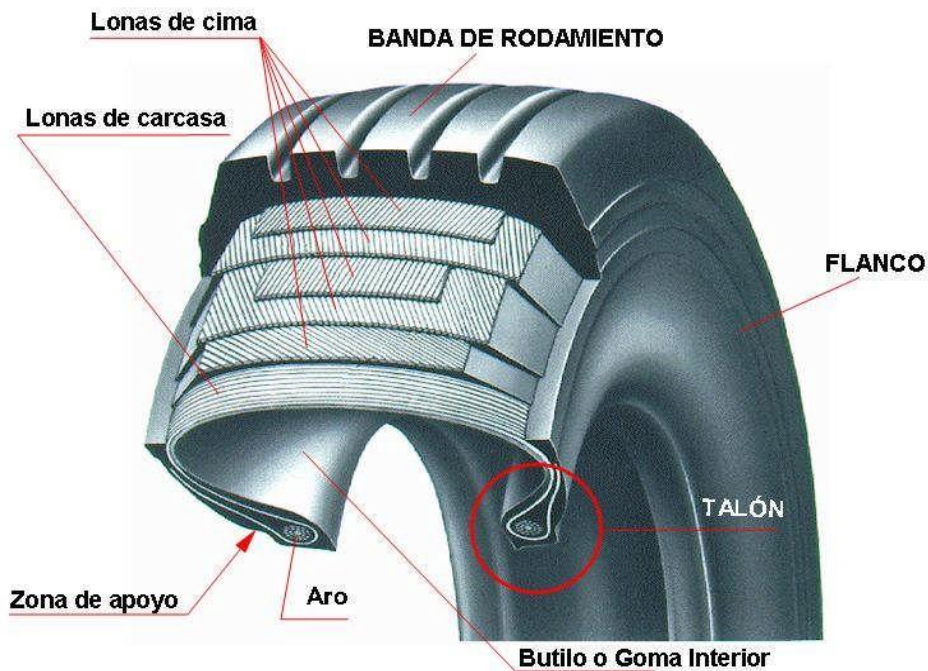
La banda de rodamiento, tres tipos de cinturones compuestos por 1,2; 3,4 y 5,6; carcasa y talón, ver figura siguiente.

Un Neumático puede ser clasificado ampliamente en 4 grupos de componentes



**SILA ESTRUCTURA SUFRE DAÑOS, EL NEUMATICO DEBE SER DESECHADO**

**Gráfico N° 08. Componentes de un neumático**



**Gráfico N° 09. Partes de un neumático**

**Zonas de apoyo**

Las partes de los neumáticos que están en posible riesgo de daño son:

Flanco, talón, hombro, aro, calandraje, cima de carcasa, y zona de apoyo, se explica con la siguiente figura adjunto.



**Gráfico N° 10. Secciones de los neumáticos**

## Tipos de Gomas

### Michelín:

- **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.

### Bridgestone:

**Tabla Nº 12. Código de Neumáticos**

Servicio	Código	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 "V")
	2 Z*	Resistencia al corte especial (Tipo "Z")
Industrial		Estándar

## 5.5 TIPIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE LA VIDA ÚTIL DE NEUMÁTICOS

### 5.5.1 Marcas de llantas.

Básicamente las marcas de llantas que se utilizan son dos de las cuales las consideraciones que más pueden repercutir en un daño a los neumáticos son las vidas útiles que nos entregan cada vendedor como se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla N°13. Duración de neumáticos por hora**

MODELO	RADIO	HORAS PROMEDIO	
		MICHELIN	BRIDGESTONE
793C y D	40.00R57	7000	7500
797F	59/80R63	5000	5500
830E	40.00R57	7000	7500
930E-01	50/90R57	5000	5000
930E-03	53/80R63	6000	6200
930E-04	53/80R63	6000	6200
930E-4SE	53/80R63	6000	6200

### 5.5.2 Condiciones de vía.

Depende de:

- Punto de salida en el tajo: depende la ubicación de la planta y botaderos de desmontes.
- Numero de vías de acceso: dan flexibilidad en la operación; pero pueden aumentar el coeficiente de destape, complicar el diseño, etc.
- Definir si son internas o externa al tajo; temporales o permanentes, etc.
- Tipo de trazado: en espiral o zig- zag o mixtas.
- Número de carriles de circulación: una o doble vías (tipos de equipos y normas de seguridad).

- Gradientes medias por tramos, tanto favorables como desfavorables.
- Sentido del tráfico.
- Obras complementarias: drenaje, peraltes, etc.
- Tomar en cuenta: pendiente de rampa, ancho, Peralte, y drenaje.

**Pendiente:** debe ser máximo de 9%. Siendo el ancho del banco de 40 metros, para un ancho de 30 m de rampa.

Ancho de la curva: se calcula con la siguiente formula:

$$W = 2 (u + Fa + Fb + z) + c$$

Dónde:

W= ancho de la curva, m

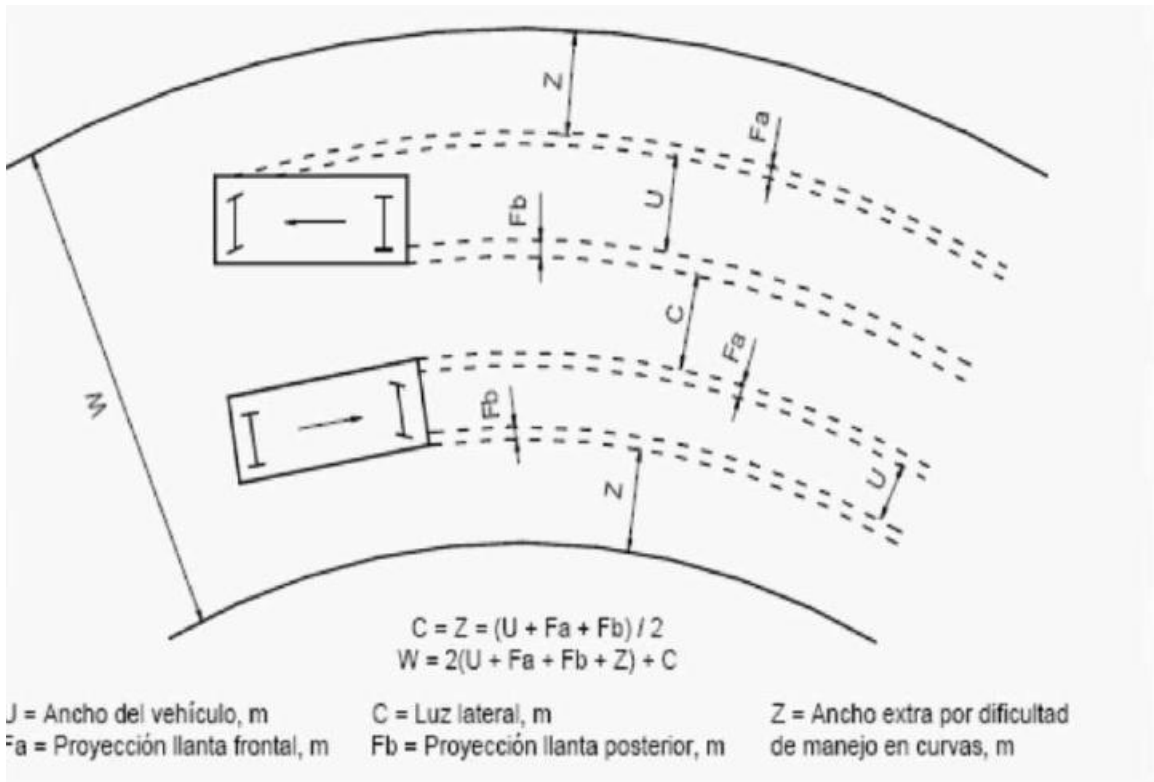
Fa = proyección de llanta, m

U = ancho del vehículo

C = luz lateral, m

Fb = proyección llanta posterior, m

Z= ancho extra por dificultad de manejo en curvas, m.



**Gráfico N° 11. Ancho de Vía en Zona en Curvas**

**Compactación:** debido al peso que deben soportar las vías al peso de los vehículos de acarreo, deben tener un afirmado con materiales que pueden soportar estos pesos sin que se deterioren rápidamente.

**Peralte:** es la sobreelevación del lado exterior de la curva que se utiliza para contrarrestar la fuerza centrífuga que aparece en las curvas, originando deslizamientos transversales e incluso vuelcos, el cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$e = V^2 / 127,14 * R - f$$

Dónde:

e = tangente del ángulo del plano horizontal de la vía.

V = velocidad, (km/h)

R = radio de la curva, m

f coeficiente de fricción, 0,075.

**Acarreo:** toda la vía de acarreo debe tener sus drenajes bien definidos con el fin de resumir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega a la misma y evacuarla el más rápido posible. La sección transversal de la vía debe estar diseñada con un determinado bombeo, es decir a dos aguas.

Los valores más usuales de dichas pendientes transversales varían entre un 2% y en 4%.

**Cunetas:** son zanjas que se hacen a ambos lados de la vía con el propósito de recibir y conducir el agua de lluvia proveniente del bombeo.

**Alcantarillas:** tienen por objeto darle paso rápido al agua que por no poder desviarse en otra forma tenga que cruzar de un lado a otro de la vía.

### 5.5.3 Temperatura.

Cuando un neumático rueda, se calienta debido a: El trabajo que efectúa. El calentamiento de los tambores de freno. El calentamiento de los reductores.

La temperatura crítica interna del aire en un neumático es el límite a partir del cual existe un peligro para el neumático. En ausencia de fuentes térmicas exteriores al neumático, se admite que dicha temperatura crítica se alcance cuando el aire que se encuentra en el interior del neumático llega a 80° C (dicha temperatura es siempre más baja que la temperatura interna del propio neumático).

Como consecuencia, conviene comprobar si dicha elevación de temperatura no es tal que perjudique excesivamente al neumático.

Cómo efectuar dicha comprobación:

Según la ley física de Mariotte, donde:

- P = Presión absoluta (en kPa).

- $V$  = Volumen interno del neumático (en l).
- $T$  = Temperatura absoluta (en °K) ó  $273 + t_0$  (en ° C).

La relación  $(P \cdot V)$  es una constante  $R \cdot T$

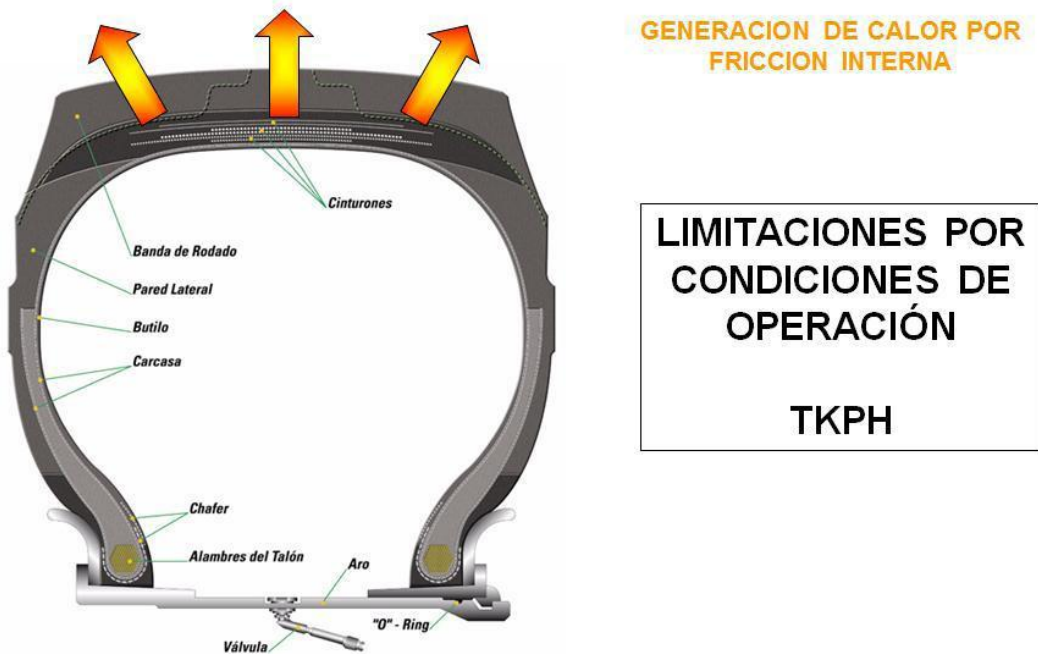
En caliente (neumáticos que han rodado):

$$R = (P_1 \cdot V_1 + 1) \cdot 273 + t_1$$

En frío (neumáticos que no han rodado):

$$R = (P_0 \cdot V_0 + 1) \cdot 273 + t_0$$

Aunque el volumen interno del neumático no ha cambiado ( $V_0 = V_1$ ), la temperatura y la presión han cambiado. Se mide la presión de los neumáticos en caliente (respetando las consignas de seguridad) con el manómetro utilizado para medir la presión en frío, y se determina de este modo la temperatura interior del neumático según la operación. Ver figura adjunto, referido a áreas de generación de calor en la operación.



**Gráfico Nº 12. Generación de Calor Interna en un Neumático**



Así mismo en la siguiente figura se observa, los instantes en que se incrementan la temperatura. El neumático se encuentra en reposo (posición 1), a medida que el neumático gira (posición 2), los flancos se aplastan, lo que provoca un calentamiento de los constituyentes internos del neumático. La intensidad de dicho calentamiento se incrementa hasta el contacto con el suelo (posición 3); a continuación, disminuye hasta retomar la posición inicial (posición 1).

Si la acción descrita más arriba es demasiada rápida, se puede superar la temperatura óptima del funcionamiento del neumático, lo que provoca una degradación de neumático.



**Gráfico N° 13. Energía vs Tiempo**

#### **5.5.4 Presiones de inflado.**

La presión es uno de los factores esenciales para la duración de vida de un neumático.

- Un inflado insuficiente en un 10% reduce la duración del neumático en un 10%.

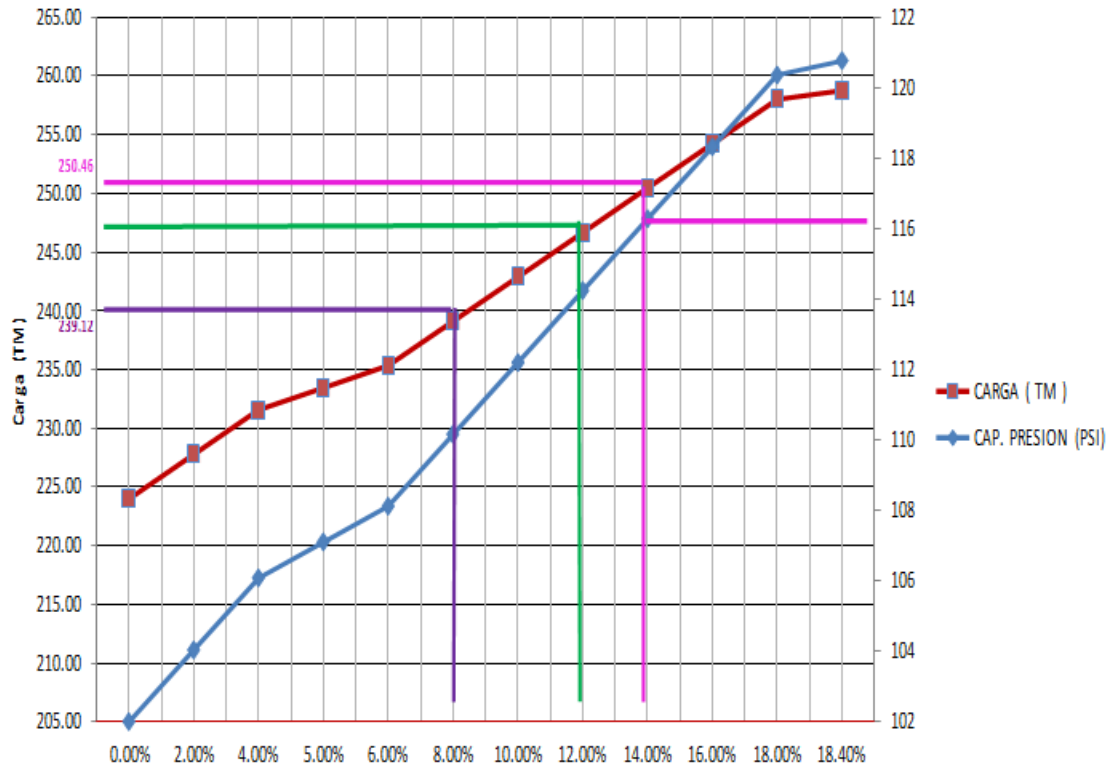
- Un inflado insuficiente en un 20% reduce la duración del neumático en un 25%.
- Un inflado insuficiente en un 30% reduce la duración del neumático en un 50%.
- Un sobre inflado de un 10% reduce la duración del neumático en un 5%.
- Un sobre inflado de un 20% reduce la duración del neumático en un 10%.
- Un sobre inflado de un 30% reduce la duración del neumático en un 20%.

Así mismo, en la siguiente tabla se indican las capacidades de presión de inflado en PSI, porcentaje aumentado de presión, capacidad de llantas en TM y capacidad de carga del camión en TM.

De igual manera presión actual (8% de incremento de presión) y límite de presión en las llantas.

**Tabla N° 14. Presión de neumáticos**

Capac. Pres (psi)	%aum. Cap. Pres (psi)	Cap llanta( TM )	Carga( TM)	
102	0.00%	63	224	
104	2.00%	64	227.78	
106	4.00%	64	231.56	
107	5.00%	65	233.45	
108	6.00%	65	235.34	
<b>110</b>	<b>8.00%</b>	<b>66</b>	<b>239.12</b>	Presión actual de las llantas 46R.
112	10.00%	66	242.9	
114	12.00%	67	246.68	
<b>116</b>	<b>14.00%</b>	<b>67</b>	<b>250.46</b>	Presión límite de las llantas.
118	16.00%	68	254.24	
120	18.00%	69	258.02	
121	18.40%	69	258.776	



**Gráfico N° 14. Aumento de Presión en los neumáticos**

**Definiciones:**

**Presión en frío**

Es aquella presión en el neumático, cuando éste se encuentra a temperatura ambiente.

**Presión en caliente**

Es la presión registrada en el neumático con 8 o más horas de operación.

Los neumáticos gigantes se diseñan para operar con una determinada deflexión o achatamiento en sus bandas laterales. La presión de aire correcta asegura una adecuada deflexión, la cual, a su vez proporciona tracción y amortiguación.

Se debe estar consciente sobre la importancia que tiene la correcta presión de aire en los neumáticos Gigantes.

Una mantención incorrecta de este tipo resultará en una falta de presión, lo que acorta su vida útil.

### **Funciones de la presión de inflado.**

- a) Asegura la deformación apropiada del neumático.
- b) Permite la buena ubicación de los talones sobre los apoyos cónicos de la llanta.
- c) Participa en el confort, y en la seguridad
- d) Correctamente, utilizada, contribuye al buen rendimiento del neumático.

### **¿Cómo mantener una presión correcta?**

A) Las presiones tomadas en caliente, cuando el equipo tenga más de 8 horas de trabajo, no indican la presión correcta del neumático, pues la alta temperatura del neumático hace aumentar la presión del aire, esta puede variar entre un 15 y un 20 %.

B) Si la presión, tomada en caliente, sobrepasa este límite, y asumiendo que la presión en frío está correctamente entregada, se debe definir por variar y revisar las siguientes alternativas y condiciones operacionales:

1. Detener el equipo para generar un enfriamiento paulatino por 8 horas mínimo
2. Asignar un circuito más corto al equipo
3. Reducir la carga
4. Reducir la velocidad
5. Reducir carga y velocidad
6. Estado de las huellas (baches, curvas cerradas, saltos, etc.)
7. Estado mecánico del equipo. (Altura de suspensiones, convergencia, divergencia, frenos).

C) La tapa de válvula actúa como sello primario del aire, evita que el polvo y suciedad entren a la válvula.

Deben estar colocadas permanentemente con un buen apriete, para evitar su pérdida o caída debido a la vibración y movimiento del equipo.

### **Daños asociados a presión de inflado incorrecta**

1. Control de presión en terreno neumático: 27.00R49.



**Gráfico N° 15. Control de Presión**

### **A. PRESIÓN DE INFLADO ANORMALMENTE BAJA**

Fenómeno: Distorsión del costado.

Daño resultante: Separación, rotura de carcasa.

1. **Fenómeno:** Alta generación de calor.

Daño resultante Separación por calor.



**Gráfico N° 16. Separación por Calor de un Neumático**

**2. Fenómeno:** Alto esfuerzo entre capas. Daño resultante: Separación de capas.



**Gráfico N° 17. Separación por Esfuerzo de un Neumático**

**3. Fenómeno:** Deslizamiento del talón. Daño resultante: Fricción del aro.  
Separación del talón.



**Gráfico N° 18. Daño en el Talón del Neumático**

## **B. PRESIÓN DE INFLADO ANORMALMENTE ALTA**

1. Fenómeno: Alta tensión de las cuerdas. Daño resultante: Estallido.
2. Fenómeno: Alta tensión en la banda de rodado. Daño resultante Cortes, reventón por corte.
3. Fenómeno: Radio estrecho de la banda de rodado. Daño resultante: Desgaste rápido en el centro, desgaste acelerado e irregular.

## **C. PRESIÓN DE INFLADO CORRECTA (LA PRESIÓN JUSTA)**

Con un inflado correcto, se alcanzan propiedades de tracción, flotación, y soporte de la carga ideales.

### **Métodos de inflado**

#### **El inflado con aire**

Es el medio más corrientemente utilizado. La utilización del aire ambiente para inflar los neumáticos es ideal en la gran mayoría de usos. No obstante, conviene destacar dos precauciones: el caudal del compresor ha de ser suficiente (43 m<sup>3</sup>/h para una presión de 12 bar mínimo) y el tamaño del depósito, adecuado a la dimensión de los neumáticos.

#### **El inflado con nitrógeno**

¿Por qué inflar con nitrógeno?

El nitrógeno puede utilizarse para el inflado de neumáticos con vistas a eliminar el riesgo de combustión interna del neumático, con el riesgo asociado de una explosión. El inflado con nitrógeno suprime dicho riesgo, al eliminar el oxígeno que es necesario para la combustión y la explosión.

Observación: cuando la temperatura es anormalmente elevada (del orden de 250 °C), el caucho entra en combustión interna, fenómeno que se denomina pirolisis.

Las consecuencias del fenómeno de pirolisis son dobles:

- Emanaciones de vapores inflamables (metano e hidrógeno).
- Aceleración de la elevación de la temperatura dentro del neumático.

En determinadas condiciones, la temperatura dentro del neumático puede alcanzar el punto de auto inflamación de la mezcla gaseosa de la pirolisis del caucho. El resultado es la explosión del neumático, cuyos efectos son mucho más devastadores que un pinchazo instantáneo, conocido con el nombre de reventón.

Nota: las temperaturas excepcionales mencionadas más arriba sólo pueden alcanzarse con una aportación externa de energía:

- Vehículo alcanzado por un rayo.
- Vehículo atravesado por un arco eléctrico (al pasar demasiado cerca de una línea eléctrica).
- Soldadura junto a un neumático.
- Calentamiento excesivo de órganos mecánicos (transmisión motores eléctricos y frenos, por ejemplo, o incluso cuando se calientan las tuercas de apriete de las ruedas).
- Ambiente caliente, como el de una acería.
- Recalentamiento del neumático provocado por un inflado insuficiente, una sobrecarga, el sobrepasar el límite de velocidad del neumático o una asociación de estas tres situaciones.

### **Ventajas:**

El nitrógeno es un gas neutro no combustible. El inflado de los neumáticos con nitrógeno refuerza la seguridad.



Aporta un mejor mantenimiento de la presión de inflado en el tiempo. El nitrógeno, gas neutro, se difunde más despacio que el oxígeno a través de las gomas. Inflado con nitrógeno, el neumático pierde su presión más lentamente que si está inflado con aire.

El inflado con nitrógeno limita los riesgos de oxidación de los constituyentes del neumático (gomas, cables, etc.) y del material de hierro (llantas).

### **¿En qué casos aconsejar el inflado con nitrógeno?**

Por motivos evidentes de seguridad, este inflado se aconseja sistemáticamente en los siguientes usos:

- Trabajo en atmósfera con riesgos de explosión.
- Trabajo sobre o junto a materias incandescentes (fundiciones, acerías, fábricas de vidrio).
- Trabajo con riesgos de que se produzcan arcos eléctricos (proximidad de líneas o cables de alta tensión, rayo).
- Trabajo que pueda originar un importante calentamiento de los neumáticos, como consecuencia de: rodaje intensivo (velocidad, distancia, intensidad de los ciclos), transmisión importante de calor del motor, de los cubos de rueda, de los frenos.

### **5.5.5 Condiciones climáticas**

Dependiendo de que la temperatura sea más o menos elevada o de que el clima sea seco o húmedo, el neumático soportará las consecuencias.

Factor climatológico:

Niebla, humedad, derrumbes, zonas inestables, hundimientos.

### **5.5.6 Posición de los neumáticos.**

Se admite que los neumáticos montados sobre ruedas motrices tienen una duración por desgaste inferior en un 25% en comparación con los montados sobre ruedas directrices.

La ciencia cotidiana, indica que la posición de los neumáticos nuevos inicia uno en la posición delantera derecha, y dos delanteras izquierdas, tres y cuatro posterior derecha externa e interna, siendo la cinco y seis posterior izquierda externa e interna.

#### **A. Rotación de neumáticos**

La ciencia cotidiana, nos dice referente a la rotación de neumáticos que es favorable hacia la extensión de su vida útil debido a que los camiones de alto tonelaje vienen con dos ejes uno de dirección y otro motriz con ruedas gemelas. El eje delantero soporta aproximadamente 47% del peso neto de la unidad y el 32% del peso total cargado; mientras el eje posterior soporta 53% y 68% de los pesos respectivamente; entendiéndose los posteriores son motrices. Por tanto conviene rotarlos, en tal caso ya en la metodología de esta tesis se indica dicha rotación realizada.

#### **B. El gemelado de neumáticos**

Se deben considerar las siguientes recomendaciones:

- a) Deben tener una mínima diferencia entre los diámetros.
- b) Tener ambos la misma presión en frío.
- c) Ser de la misma construcción (ambos radiales ó ambos convencionales. En lo posible, ambos de la misma marca.

Importancia del emparejamiento de neumáticos: Lograr una vida satisfactoria, en ambos, neumáticos y los componentes de carga del mando final.

Es necesario hacer un emparejamiento de los conjuntos de las ruedas dobles para: evitar un exceso de carga en el neumático que tiene el diámetro más grande. Al no estar emparejados los neumáticos, puede hacer que haya una distribución desigual de carga. También podría resultar en un desgaste rápido y/o explosión del neumático.

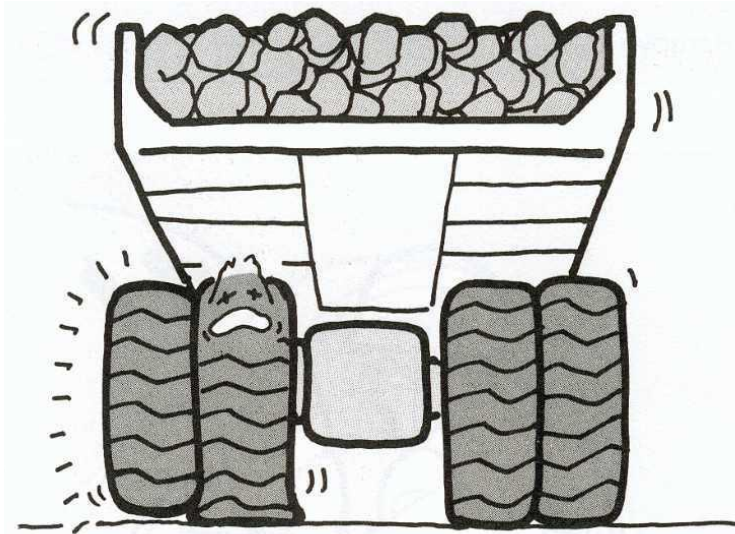
Regla general: la diferencia no debe exceder de una variación máxima de 1% en sus diámetros.



**Gráfico N° 19. Gemelado de neumáticos**

### **C. Diferencia entre los diámetros de los neumáticos montados sobre el vehículo**

En seguida se explica esta diferencia por constituir muy importante a la hora de utilizar en la operación.



**Gráfico N° 20. Diferencia de Diámetros**

**a. Emparejamiento de neumáticos con desgaste irregular**

En ocasiones, los neumáticos presentan un desgaste pronunciado en una mitad de la banda de rodado, aspecto cónico.

Al formar duplas con estos neumáticos, el lado que tenga menos goma, debe quedar mirando a la bota piedras. Con esto, lograremos mantener un equilibrio a la carga transportada.

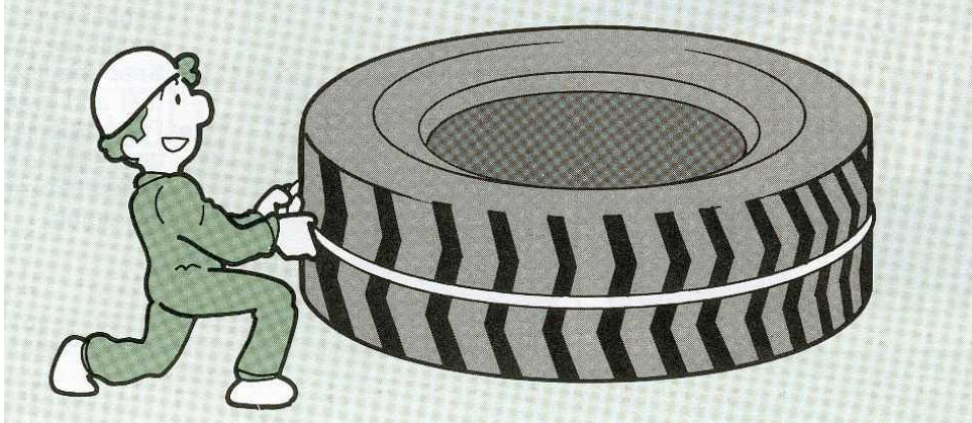
**b. Emparejamiento de los conjuntos de las ruedas dobles**

Es importante hacer el emparejamiento de los diámetros del neumático, de un lado de un eje al lado opuesto, para evitar el deslizamiento de una carga inestable, una carga excesiva en los miembros estructurales y un desgaste rápido en los componentes internos del mando final.

Regla general

La diferencia diametral entre los duales derecho e izquierdo, no deben exceder el 6%.

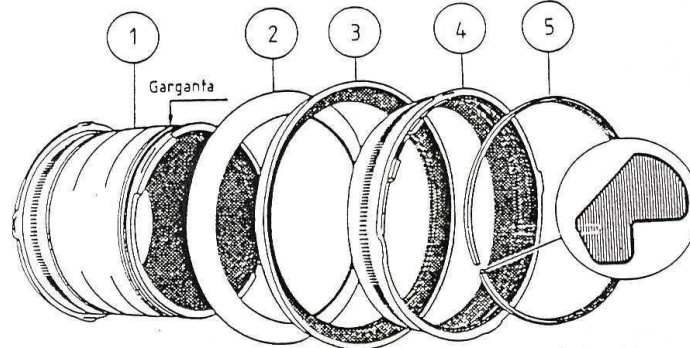
### c. Medición de diámetros



**Gráfico N° 21. Medición del Neumático**

### d. Cuidados de las llantas

La mayoría de los neumáticos mueve tierra están diseñados para ser montados en aros compuestos por 5 piezas.



**Gráfico N° 22. Piezas de los Aros**

Debido a las altas presiones de inflado y a la pesada carga involucrada, los aros de los neumáticos gigantes deben mantenerse en buen estado.

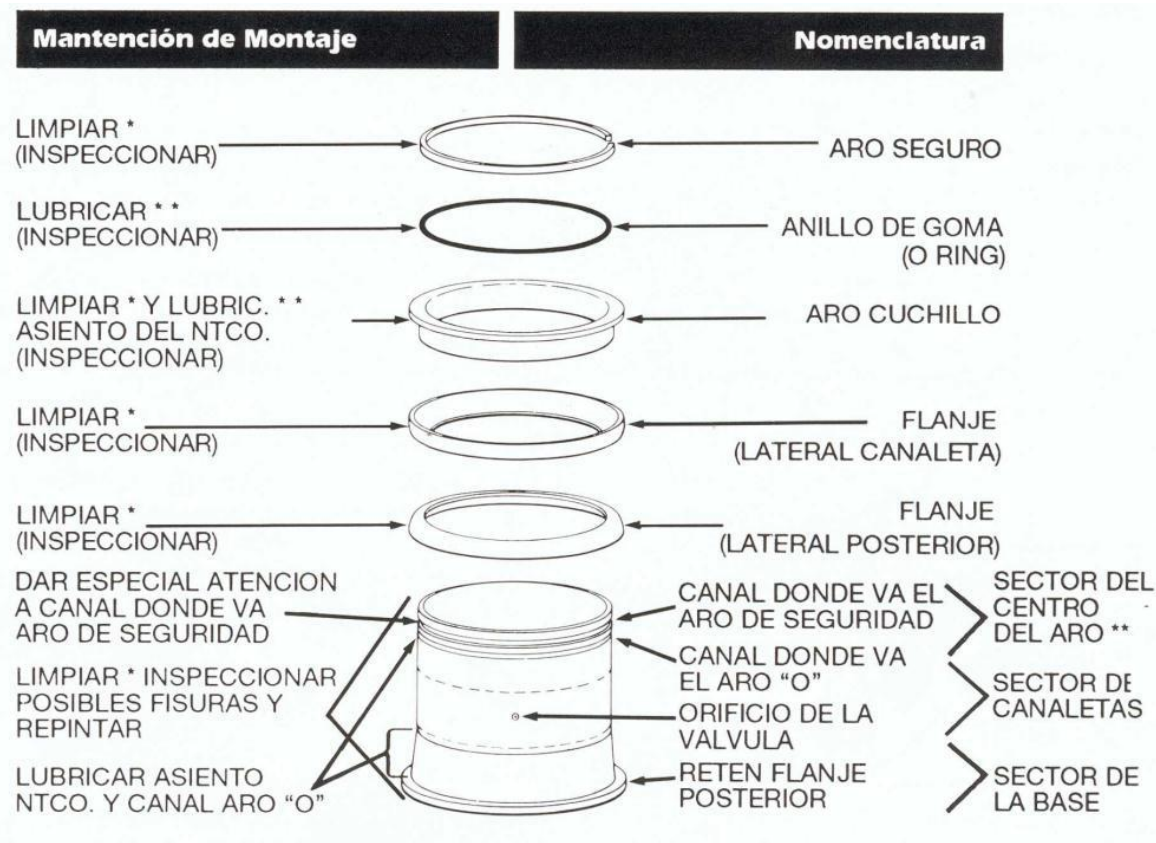
A fin de garantizar la máxima seguridad del personal e impedir que se dañe el equipo y evitar tiempo improductivo, seguir las siguientes instrucciones:

Reglas:

- 1) Nunca mezcle los componentes de tipos o piezas de aros y fabricantes diferentes
- 2) Inspeccione todos los componentes de las piezas de un aro antes de montar un neumático. Repare o reemplace los componentes que no estén en estado.
- 3) Limpie todos los componentes de metal al cambiar un neumático.
- 4) Use siempre un anillo “ O “ ( o´ring ) nuevo . Bote el usado.
- 5) El personal que realice la mantención y montaje debe estar entrenado.
- 6) Antes de montar el neumático, lubrique siempre todos los componentes del aro con lubricantes de base vegetal aprobados. Nunca utilice grasa o aceites sintéticos o minerales, existe riesgo potencial de incendio y explosión
- 7) Nunca aplique soldadura a un aro que tenga un neumático montado, aunque esté desinflado. Existe riesgo seguro de autoencendido y explosión
- 8) Durante el inflado, el neumático debe tener un elemento de contención (jaula para los neumáticos menores y cadenas para los gigantes).

#### **e. Mantención rutinaria de llanta y partes**

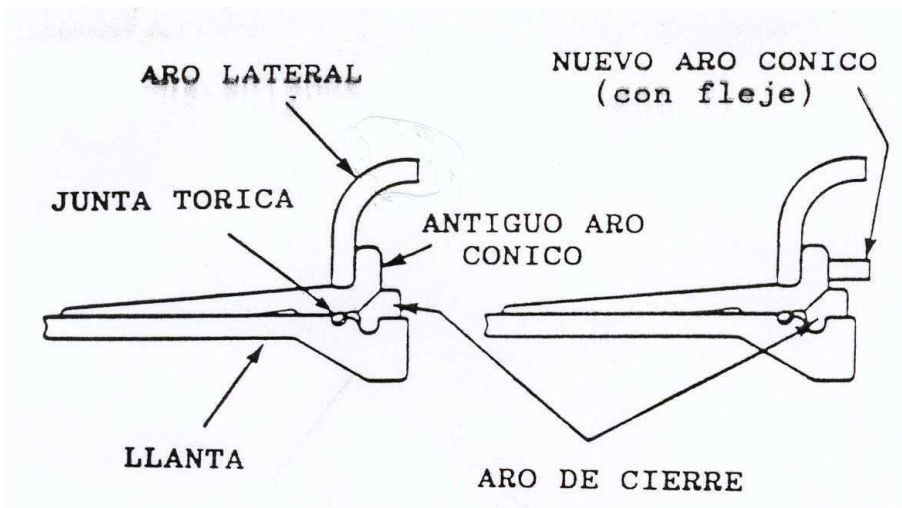
Se deben realizar limpieza, lubricación, inspeccionar, dar atención al canal donde va el aro.



**Gráfico N° 23. Canal de Montaje de los Neumáticos**

**f. Modificación del anillo cuchillo**

Mantener bien posicionado el seguro en su garganta antes del inflado.



**Gráfico N° 24. Modificación del Anillo**



### **5.5.7 Condiciones de mina zonas de carga y botaderos**

Las vías en niveles de palas, la pendiente longitudinal de esta vía es 0%; el bombeo del 2% hacia la cara libre en un solo sentido, para su construcción se utiliza material del sitio.

Estas vías son cambiadas con frecuencia debido al avance de la minería. La cara libre del nivel debe tener bermas de protección.

Las rampas para ascenso de botaderos, su función es permitir el acceso de equipos de un nivel a otro en los botaderos. La pendiente longitudinal máxima del 8%, bombeo del 2% a ambos lados con respecto al eje de la vía, se construirán con material de interburden.

### **5.5.8 El trazado y mantenimiento de las pistas**

El perfil de las pistas, longitudinal y transversal, la forma y el trazado de las curvas, así como la importancia de las pendientes, tienen una importancia significativa en la sobrecarga dinámica (en el caso de subida o bajada con carga) y en el ripado de los neumáticos, favoreciendo la separación de la banda de rodamiento de la carcasa.

Una pendiente en descenso (descenso con carga de una máquina de transporte) incrementará la carga sobre el eje anterior con el valor de la pendiente.

Una pista inclinada, en línea recta, o en curva con peralte incrementara de forma significativa la carga soportada por los neumáticos situados en el lado contrario al peralte.

Un mantenimiento regular de las pistas, la limpieza de las áreas de carga y la retirada de cualquier obstáculo, así como nivelación y riesgo con agua (rocas caídas



durante el transporte, residuos, etc.) preservan los neumáticos de accidentes tales como choques, cortes, perforaciones, etc.

La determinación de la presión y el asegurar su conservación son vitales para optimizar el servicio prestado por el neumático y la longevidad del mismo.

En una obra, las agresiones de todo tipo para el neumático son permanentes. Pero cualquier cambio en las condiciones de explotación, naturaleza del suelo, longitud de los ciclos y perfil de las pistas puede hacer inadecuado a un neumático que había dado resultados plenamente satisfactorios hasta entonces. Por lo general, es necesario volver a hacer un estudio de la obra.

#### **5.5.9 La duración y la longitud de los ciclos de acarreo**

Unos ciclos largos, sobre todo en pistas acondicionadas, favorecen velocidades elevadas y por tanto, importantes elevaciones de la temperatura en el interior de los neumáticos. El mismo ocurre cuando es importante el tiempo de rodaje en comparación con el tiempo de reposo del vehículo.

#### **5.5.10 El mantenimiento mecánico de los vehículos**

El mal estado mecánico de una maquina puede influir en la duración de vida de los neumáticos.

- Unos frenos defectuosos, hacen que se calienten excesivamente las ruedas metálicas y por tanto los neumáticos.
- Un paralelismo incorrecto de las ruedas directrices de una máquina de transporte.
- Holgura en manguetas, rotulas, pivote, etc.

En estos dos últimos casos, el neumático se desgastará de una forma anormalmente rápida. Para simplificar, los neumáticos de un mismo eje ya no

estarán en paralelo y no rodaran sobre el suelo, sino que resbalaran por encima.

Veamos los siguientes casos:

### **Irregularidades mecánicas**

El desgaste del neumático es, en gran parte, ocasionado por las malas condiciones mecánicas del vehículo:

- El alineamiento de las ruedas.
- Los frenos
- Los ejes
- Barras de dirección
- Rótulas de dirección, rodamientos, bujes.
- Suspensiones (delanteras-traseras).

### **Desgaste irregular por problemas mecánicos**

Tienen influencia en el comportamiento del neumático.

Como consecuencia, una irregularidad mecánica de cualquiera de esos puntos, podrá provocar un desgaste excesivo o anormal de la banda de rodado.



**Gráfico Nº 25. Desgaste de Banda de Rodamiento**

COMO NORMA GENERAL:  $F-B = 0$

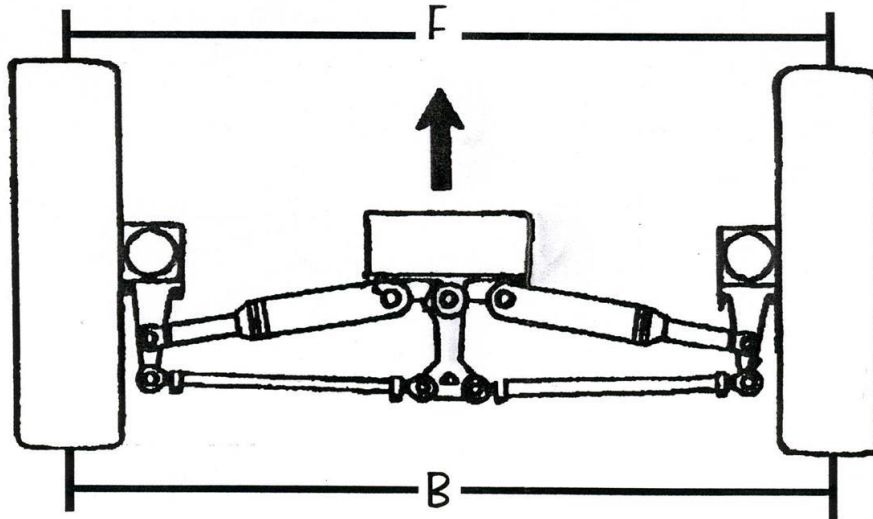


Gráfico N° 26. Alineamiento de Neumático

#### 5.5.11 Hábitos de conducción del camión

Si el operador hace frenazos brutales y repetitivos, de las bruscas aceleraciones, de las curvas tomadas a gran velocidad (aumento excesivo del calentamiento) o del patinazo de las ruedas motrices. Se reduce en forma espectacular la vida de neumáticos; como esta tesis trata del cuidado de neumáticos, por lo que se debe tender al manejo defensivo, que consiste: buenos hábitos, mediante las cuales se llega a evitar colisiones, atropellos, vuelcos y toda clase de incidentes- accidentes de tránsito; de tal forma prever situaciones en peligro; manejo defensivo significa, conducir evitando accidentes a pesar de las acciones inadecuadas de otros conductores y de las condiciones adversas a nuestro alrededor. Siempre tengamos en cuenta que los accidentes de tránsito constituyen la primera causa de muerte relacionada con el trabajo.

### **Factor mecánico:**

- Vehículo en condiciones no adecuadas para su operación (Sistemas averiados de frenos, dirección o suspensión).
- Mantenimiento inadecuado del vehículo.
- Falta de un control regular del equipo a operar.

### **Factor humano**

Hay que tener en cuenta que cuando conducimos un vehículo hay que procurar poder ver bien a los vehículos que vienen de frente, a los que pueden salir por una bocacalle o cruce de carretera o a los que pueden venir detrás e intentan adelantarnos.

También es necesario que los demás conductores nos vean y sobre todo que puedan percibir bien nuestras maniobras, por lo que tienen que estar a punto siempre las luces e instrumentos de maniobra (frenos, intermitentes, alumbrado, limpiaparabrisas, etc).

Errores y condiciones que cuestan por actos subestándares del operador son: fatiga, distracción, cansancio, confianza y manejo temerario.

Su precaución puede salvar su vida y la de los imprudentes.

De conformidad con lo anterior, no se justifica que un operador argumente que el accidente se produjo porque él no se imaginaba, que el otro operador haría una maniobra inesperada.

Resumiendo, podemos decir que quien conduce a la defensiva debe: esperar todo, imaginar todo, suponerse todo.

Manejar a la defensiva significa ser prudente en extremo, evitar todo exceso de confianza en sí mismo:

Cuándo se considera un operador experto y se hace alarde de no haber ocasionado accidentes, pero no tuvo la habilidad de haber evitado el accidente, responsabilizando del mismo al otro operador de la maquinaria u otro vehículo en el campo.

Condiciones del operador.

Condición física del operador: Puede verse afectada por la fatiga, la que origina el sueño, que también puede ser causado por contaminación o intoxicación (gases provenientes del motor) o bien por drogas. Considerando de que las drogas no solo son los alucinógenos, también son todo preparado farmacológico, así entonces debe tenerse cuidado con medicamentos prescritos por el medico tales como: Antihistamínicos. - Usados en tratamientos de gripe u otras enfermedades.

Anfetaminas: Estimulantes usados para contrarrestar el sueño. Debe tenerse en cuenta que la mejor forma de contribuir a reducir el sueño en forma natural, es descansando. Es preferible descansar por un rato y no por una eternidad.

Conducir es una labor que requiere que la persona que lo haga se mantenga en buenas condiciones físicas y mentales. Debe tenerse presente que lo que más afecta el buen estado físico y mental del operador son los problemas de visibilidad a causa de problemas visuales en el operador.

Debe tenerse presente que en la conducción intervienen tres fases:

- Percepción: A través de la vista, oído, tacto, olfato.
- Intelección: Procesamiento de lo percibido con los conocimientos, experiencia y aprendizaje.
- Volición o decisión: Como resultado del proceso de intelección, debe tomarse una acción que corresponde a la voluntad del individuo o conductor.

## 5.6 ESTADÍSTICA DE MANTENIMIENTO DE REPARACIÓN DE LLANTAS.

**Tabla N° 15. Cambio de neumáticos mes de enero.**

Equipo	Medida	PRES. ENERO	INST. ENERO	% DE CUMP.
CATERPILLAR	59/80R63 BS	8	5	62.5
797-F	59/80R63 MCH			
KOMATSU	53/80R63 BS	18	12	66.67
930 - E3, E4 y E4 SE	53/80R63 MCH			
KOMATSU	50/90R57 BS	7	1	14.29
930 - E1	50/90R57 MCH			
CATERPILLAR	40.00R57 BS	2	9	450
793-Cy D	40.00R57 MCH			
KOMATSU	40.00R57 BS	5	9	180
830-E	40.00R57 MCH			

**Tabla N° 16. Cambio de neumáticos mes de febrero.**

Equipo	Medida	PRES. FEBRERO	INST. FEBRERO	% DE CUMP.
CATERPILLAR	59/80R63 BS	8	10	125
797-F	59/80R63 MCH			
KOMATSU	53/80R63 BS	17	12	70.59
930 - E3, E4 y E4 SE	53/80R63 MCH			
KOMATSU	50/90R57 BS	4	0	0
930 - E1	50/90R57 MCH			
CATERPILLAR	40.00R57 BS	7	5	71.43
793-Cy D	40.00R57 MCH			
KOMATSU	40.00R57 BS	2	11	550
830-E	40.00R57 MCH			

**Tabla N° 17. Cambio de neumáticos mes de marzo.**

Equipo	Medida	PRES. MARZO	INST. MARZO	% DE CUMP.
CATERPILLAR	59/80R63 BS	8	7	87.5
797-F	59/80R63 MCH			
KOMATSU	53/80R63 BS	21	20	95.24
930 - E3, E4 y E4 SE	53/80R63 MCH			
KOMATSU	50/90R57 BS	2	3	150
930 - E1	50/90R57 MCH			
CATERPILLAR	40.00R57 BS	8	6	75.00
793-Cy D	40.00R57 MCH			
KOMATSU	40.00R57 BS	5	10	200
830-E	40.00R57 MCH			

**Tabla N° 18. Cambio de neumáticos mes de abril.**

<b>Equipo</b>	<b>Medida</b>	<b>PRES. ABRIL</b>	<b>INST. ABRIL</b>	<b>% DE CUMP.</b>
<b>CATERPILLAR</b>	59/80R63 BS	19	11	57.89
<b>797-F</b>	59/80R63 MCH			
<b>KOMATSU</b>	53/80R63 BS	13	26	200.00
<b>930 - E3, E4 y E4 SE</b>	53/80R63 MCH			
<b>KOMATSU</b>	50/90R57 BS	6	1	16.67
<b>930 - E1</b>	50/90R57 MCH			
<b>CATERPILLAR</b>	40.00R57 BS	9	3	33.33
<b>793-Cy D</b>	40.00R57 MCH			
<b>KOMATSU</b>	40.00R57 BS	11	6	54.55
<b>830-E</b>	40.00R57 MCH			

En el mes de abril se observa que en la suma total de los neumáticos se cumplió con el número de neumáticos que se remplazarían mas no con planeado según la medida.

En los meses de enero y febrero hay un mayor cambio de neumáticos debido a las lluvias que hubo en estos meses. Pasa lo contrario en el mes de marzo y abril como la época de lluvia ya estaba finalizando se pudo cuidar mejor los neumáticos.

## 5.7 COSTOS DE ADQUISICIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE LLANTAS.

**Tabla N° 19. Costos de Adquisición**

Equipo	Marca	Medida	Costo	Cantidad promedio/mes	Costo mensual
CATERPILLAR	Michelin	59/80R63	62049.00	6	372294.00
797F	Bridgestone	59/80R63			
CATERPILLAR	Michelin	40.00R57	34805.00	22	765710.00
793 C y D	Bridgestone	40.00R57			
KOMATSU	Michelin	53/80R63	51172.00	3	153516.00
930 E-3, E4 y E4-SE	Bridgestone	53/80R63			
KOMATSU	Michelin	50/90R57	47875.00	3	143625.00
930 E-1	Bridgestone	50/90R57			
KOMATSU	Michelin	40.00R57	34805.00	10	348050.00
830 E	Bridgestone	40.00R57			

**Tabla N° 20. Costos de Reparación**

Aro	Costo (\$)
57	1235
63	1425

## 5.8 DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL DE LLANTAS.

La vida útil de las llantas está determinada por los estudios realizados por la compañía neuma en y las clasifica según el tamaño y marca como se muestra en el siguiente cuadro:



**Tabla N° 21. Comparación de vida útil de los neumáticos**

MODELO	MEDIDA	DURACION FABRICANTE (HORAS)		DURACION OBTENIDA (HORAS)		DIFERENCIA (HORAS)	
		MICHELIN	BRIDGESTONE	MICHELIN	BRIDGESTONE	MECHELIN	BRIGESTONE
793C y D	40.00R57	7,000	7,500	7,869	7,019	-869	481
797F	59/80R63	5,000	5,500	3,614	4,090	1,386	1,410
830E	40.00R57	7,000	7,500	6,685	6,032	315	1,468
93O-1	50/90R57	5,000	5,000	4,363	4,284	637	716
93OE-3	53/80R63	6,000	6,200	5,230	4,475	770	1,725
93OE-4	53/80R63	6,000	6,200	5,143	4,896	857	1,304
930E-4SE	53/80R63	6,000	6,200	4,846	4,566	1,154	1,634

### 5.9 INCIDENCIA DE LA VIDA ÚTIL DE LLANTAS EN LA PRODUCCION DE LA MINA TOQUEPALA.

Como podemos observar los neumáticos tiene un alto costo de reparación y de adquisición, es por esto que el daño a los neumáticos causa un aumento en el costo de producción y si hacemos un enfoque en cuanto a la producción nos damos cuenta que las pérdidas se acrecientan para esto mostramos las siguientes tablas.

**Tabla N° 22. Tiempo promedio que demora el cambio de neumático según modelo de volquete**

Modelo de Volquete	Tiempo(H)
793C	5.19
793D	5.11
797F	6.67
830E	5.92
930E	7.53

**Tabla N° 23. Tiempo promedio de ciclo de acarreo y número de viajes por día**

VOLQUETE/ FASE	CAT-793/KOM 830		KOM 930		CAT797F	
	Ciclo (H)	Viajes /día	Ciclo (H)	Viajes /día	Ciclo (H)	Viajes /día
Fase 3	0.68	22.17				
Fase 4			0.43	45.62		
Fase 5			0.38	47.77	0.38	47.58

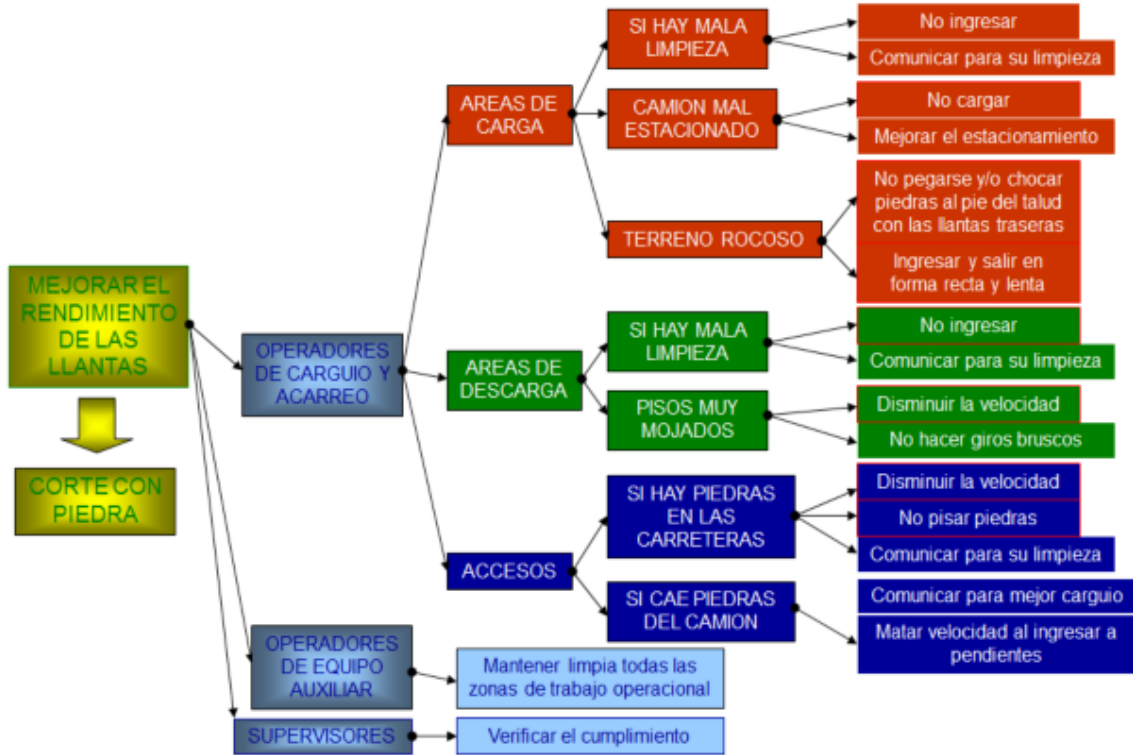
**Tabla N° 24. Producción perdida por reparación de neumático**

VOLQUETE	CARGA TM	TIEMPO (H) DE REPARACIÓN	CICLO			PRODUCCIÓN PERDIDA TM		
			FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 3	FASE 4	FASE 5
Cat793 / KOM 830	218	5.41	0.68			1734		
KOM 930	283	7.53		0.43	0.38		4969	5636
CAT797F	363	6.67			0.38			6329

Como observamos según el tipo de volquete al que se le hace la reparación de neumáticos y según la fase en la que trabaja, se tiene una pérdida en la producción considerable que va desde las 1734 toneladas a 6329 toneladas por volquete de trabajo, el número de ciclo y el tiempo perdido son estimados por el cuarto control y considerando las velocidades y distancias de recorrido en cada fase.

### **5.10 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

Analizando los objetivos planteados en esta investigación, como principal resultado se obtuvo que las causas principales para ampliar la vida útil de los neumáticos se basan principalmente en tres variables: áreas de carga, accesos y áreas de descarga, que a continuación se esquematizará en la siguiente gráfica:



**Gráfico N° 27 Esquema para alargar la vida de los neumáticos**

Como podemos ver en el grafico el cuidado de los neumáticos están directamente relacionados por los conocimientos que tiene los operadores de los equipos de acarreo sobre un cuidado correcto de los mismos y estos se van a ver reflejado principalmente por un adecuado sentido de pertenencia.

En el proceso de investigación se pudo identificar la cantidad de operadores que necesitaron una capacitación o reuniones de feedback sobre el cuidado de los neumáticos y del total de operadores (216) un 30.1%, son los que presentan mayor recurrencia de daños a los neumáticos en el periodo de enero-abril un 23% del total de los neumáticos averiados es por razón de cortes y un 7% por impacto a los neumáticos. Estos resultados nos demuestran que existe evidencia de un mal cuidado de los neumáticos.

## CONCLUSIONES

- 1) Se identificó como factores influyentes en la vida útil del neumático a:
  - ✓ Temperatura de 80°C des pues de 8 horas de trabajo.
  - ✓ Presión de inflado entre 110 y 116 Psi.
  - ✓ Condiciones climáticas
  - ✓ Posición de los neumáticos: rotación e inversión
  - ✓ Condiciones del diseño de vías, como así mismo las zonas de carga y descarga.
  - ✓ El trazado y mantenimiento de las pistas
  - ✓ La duración y la longitud de los ciclos de acarreo.
  - ✓ El mantenimiento mecánico de los vehículos.
  - ✓ Hábitos de conducción del camión.
- 2) En su mayoría los neumáticos presentan daños por:
  - ✓ Corte
  - ✓ Por un mal carguío
  - ✓ Mal diseño de las vías de acarreo
  - ✓ Altas temperaturas
  - ✓ Por un desgaste final mayor a las 6000 horas.
- 3) Los neumáticos de las posiciones 5 y 6 son las que sufren un mayor daño, pues son los neumáticos que menos los operadores tienen menos visibilidad.

## RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda un mejor control a diario de los neumáticos por parte de la empresa neuma para así reconocer cuales son las falencias de los operadores y quienes tienen un mayor índice de corte de los neumáticos.
- 2) En el momento de la compra de estos neumáticos se debe tener en cuenta cual es la capacidad que soporta cada una de ellas y a qué velocidad debe andar (TKPH).
- 3) Capacitar a los operadores de los equipos para que sepan cual es la inversión que hace la empresa con respecto a los neumáticos así tener un mejor cuidado de ellos y estén concientizados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- <http://www.latercera.com/noticia/negocios/bloomberg-news/2011/07/874-376575-9-neumaticos-para-camiones-mineros-son-mas-caros-que-un-porsche-o-un-condominio-en.shtml>.
- <http://www.excelenciasdelmotor.com/noticia/el-neumatico-mas-grande-del-mundo-michelin-xdr>.
- <http://www.mch.cl/informes-tecnicos/neumaticos-mineros-hacia-mejores-rendimientos/>.
- <file:///C:/Users/Edu/Downloads/Dialnet-LaConfiabilidadLaDisponibilidadYLaMantenibilidadDi-4830901.pdf>.
- <http://www.neumaticos-pneus-online.es/indices-de-carga-y-velocidad-consejos.html>.
- <http://es.slideshare.net/reptell/cuidado-de-las-llantas-16368913>
- Guía de mantenimiento de los neumáticos obras publicas y minería por Michelin Edición - Créditos fotográficos Manufacture Française du Pneumatique Michelin Place des Carmes Déchaux 63040 Clermont-Ferrand cédex 9 Editado en abril de 2004 Impreso en Francia Depósito Legal 2004 - abril N° ISBN 2-06-710182-X
- Manual de Operación Volquete Komatsu 930 E3. Global Mining Division, Komatsu America Internacional Company 2300 N.E. Adam Street Peoria, IL 61639 Printed in USA Edición N° 33 – 2005.
- Technical data: off the road tires 2002 Off the Road Tire Sales Department, Bridgestone Corporation Tokyo, Japan All Right Reserved

- Data de Neuma Peru SA. Unidad minera: Toquepala Ingeniero Residente: Rene Ramos Rejas.