



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“ESTUDIO COMPARATIVO DE SUPRESORES DE POLVO DASAUT, DL10 PLUS Y KNOCKOUT DUSTPLY PARA LA MITIGACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN VÍAS YANACOCCHA 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autores:**

Br. Guivar Pereda Paul Miki.

Br. Zelada Alaya Ronald.

**Asesor:**

Mg. Ing. Danyer Stewart Girón Palomino.

Cajamarca – Perú

2018

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Paul Miki Guivar Pereda y Zelada Alaya Ronald**, denominada:

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE SUPRESORES DE POLVO DASAUT, DL10  
PLUS Y KNOCKOUT DUSTPLY PARA LA MITIGACIÓN DE MATERIAL  
PARTICULADO EN VÍAS YANACocha 2018”**

---

Ing. Danyer Stewart Girón Palomino  
**ASESOR**

---

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán  
**JURADO  
PRESIDENTE**

---

Ing. Rafael Napoleón Ocas Boñon  
**JURADO**

---

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León  
**JURADO**

## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios por avernos dado fuerza y valor para culminar esta etapa de nuestras vidas, de igual forma a nuestros padres quienes nos formaron con buenos hábitos, sentimientos y valores lo cual nos ha dado mucha valentía para salir de los momentos más difíciles, a nuestros hermanos quienes nos dieron su apoyo incondicional arduamente durante toda esta etapa de nuestra formación profesional y a nuestros docentes a quienes les debemos gran parte de los conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza.

## AGRADECIMIENTO

Nos gustaría que estas líneas sirvieran para expresar nuestros más profundos y sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo de investigación, en especial a los Ingenieros de la empresa minera Yanacocha Juan Villanueva y Boris Tejada García por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido durante el periodo del desarrollo de esta tesis, Así mismo Al Ing. Alex Marinovic Pulido Director de nuestra facultad Ingeniería de Minas por el ánimo infundido y su confianza depositada en sus alumnos. También nos gustaría agradecer la ayuda recibida de nuestro asesor el Ingeniero Stewart Danger Girón Palomino por su gran apoyo en la realización de esta investigación. Un agradecimiento muy especial a nuestros familiares y amigos. Finalmente, un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes emprendedores como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

<u>APROBACIÓN DE LA TESIS</u> .....	ii
<u>DEDICATORIA</u> .....	iii
<u>AGRADECIMIENTO</u> .....	iv
<u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u> .....	v
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u> .....	vii
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u> .....	ix
<u>RESUMEN</u> .....	xi
<u>ABSTRACT</u> .....	xii
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1. Antecedentes .....	18
2.2. Bases teóricas.....	20
2.2.1. <i>El suelo</i> .....	20
2.2.2. <i>Diseño de Carreteras</i> .....	26
2.2.3. <i>Selección de materiales de construcción de las pistas</i> .....	42
2.2.4. <i>Evaluación de estados de las pistas</i> .....	45
2.2.5. <i>Descripción de vías minera Yanacocha SRL</i> .....	47
2.2.6. <i>Supresores de polvo</i> .....	52
2.2.7. <i>Supresores aplicados en minera Yanacocha</i> .....	58
2.2.8. <i>Polvo</i> .....	64
2.2.9. <i>Impacto de la generación de polvo</i> .....	68
2.2.10. <i>Plan de control de polvo minera Yanacocha SRL</i> .....	70
2.3. Hipótesis .....	73
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>74</b>
3.1. Operacionalización de variables .....	74
3.2. Diseño de investigación .....	74
3.3. Unidad de estudio .....	75
3.4. Población .....	75
3.5. Muestra (muestreo o selección).....	75
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos .....	76
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos .....	93
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS</b> .....	<b>94</b>

4.1.	Resultados de las evaluaciones con dasaut.....	94
4.1.1.	<i>Ubicación del área de muestreo.....</i>	94
4.1.2.	<i>Ubicación geográfica.....</i>	95
4.1.3.	<i>Resultados de la evaluación.....</i>	96
4.2.	Resultados de las evaluaciones con dl10 plus.....	103
4.2.1.	<i>Ubicación del área de muestreo.....</i>	104
4.2.2.	<i>Ubicación geográfica.....</i>	104
4.2.3.	<i>Desarrollo prueba de desempeño supresor de polvo dl10 plus.....</i>	105
4.3.	Resultados de las evaluaciones con knockout dustply.....	111
4.3.1.	<i>Ubicación del área de muestreo.....</i>	111
4.3.2.	<i>Ubicación geográfica.....</i>	112
4.3.3.	<i>Desarrollo prueba de desempeño supresor de polvo knockout dustply.....</i>	113
4.4.	Resultados de reducción de material particulado con dasaut, dl10 plus y knockout dustply. .....	123
4.5.	Resultados porcentaje de reducción de agua con dasaut, dl10 plus y knockout dustply.	124
4.6.	Resultados de costo de hora hombre, costo hora máquina y supresor en un día, mes y año en 1 km de aplicación. ....	125
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....</b>		<b>127</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>128</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>129</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>131</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>134</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 1. 1. Vías de mantenimiento Yanacocha.....	14
Tabla n.º 2. 1. Distancia de frenado.....	32
Tabla n.º 2. 2. Anchura de las pistas. ....	33
Tabla n.º 2. 3. Características de los materiales granulares a emplear tipo macadam. ....	43
Tabla n.º 2. 4. Características de los materiales granulares a emplear tipo zahorra. ....	44
Tabla n.º 2. 5. Vías de mantenimiento rutinario. ....	47
Tabla n.º 2. 6. Mantenimiento periódico.....	48
Tabla n.º 2. 7. Clasificación de las pistas según su estado de conservación.....	48
Tabla n.º 2. 8. Actividades de mantenimiento vial. ....	49
Tabla n.º 2. 9. Vías de servicios proyectos de capital sostenible. ....	51
Tabla n.º 2. 10. Eficacia, impacto ambiental y efecto funcional de supresores de polvo. ....	57
Tabla n.º 2. 11. Pruebas de frenado. ....	60
Tabla n.º 2. 12. Tamaño de partículas de polvo. ....	65
Tabla n.º 3. 1. Operacionalización de las Variables a estudiar.....	74
Tabla n.º 3. 2. Factores puntuales de cada programa para la obtención correcta de los resultados. .....	77
Tabla n.º 3. 3. Cuadro de aplicaciones. ....	79
Tabla n.º 3. 4. Factores puntuales de cada programa para la obtención correcta de los resultados. .....	82
Tabla n.º 3. 5. Cuadro de aplicaciones. ....	84
Tabla n.º 3. 6. Factores puntuales de cada programa para la obtención correcta de los resultados. .....	88
Tabla n.º 4. 1. Medición de material particulado en zona de prueba.....	101
Tabla n.º 4. 2. Porcentaje de reducción consumo de agua. ....	102
Tabla n.º 4. 3. Distancia de frenado.....	108
Tabla n.º 4. 4. Medición de material particulado en zona de prueba.....	109
Tabla n.º 4. 5. Porcentaje de reducción consumo de agua. ....	110
Tabla n.º 4. 6. Medición de material particulado en zona de prueba.....	117
Tabla n.º 4. 7. Porcentaje de reducción consumo de agua. ....	118
Tabla n.º 4. 8. Análisis de costo hora hombre peón, oficial, operario y capataz. ....	118
Tabla n.º 4. 9. Análisis de hora máquina. ....	120
Tabla n.º 4. 10. Análisis de costos hora hombre y hora máquina.....	121
Tabla n.º 4. 11. Costo a partir de la segunda aplicación del knockout dustply.....	122
Tabla n.º 4. 12. Cuadro comparativo del porcentaje de reducción de material particulado de los supresores y del estabilizador.....	123

Tabla n.º 4. 13. Cuadro comparativo del porcentaje de reducción de agua .....	124
Tabla n.º 4. 14. Costo con los supresores de PM en US\$/Km en un día .....	125
Tabla n.º 4. 15. Parámetros a tomar en el costeo.....	126
Tabla n.º 4. 16. Costos de supresores a detalle en un año .....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1. 1. Consumo de agua minera Yanacocha SRL 2016. ....	15
Figura n.º 1. 2. Porcentaje de consumo de agua minera Yanacocha SRL 2016. ....	15
Figura n.º 2. 1. Suelos cohesivos y suelos no cohesivos. ....	23
Figura n.º 2. 2. Combinaciones de suelos. ....	24
Figura n.º 2. 3. Estratigrafía de un sondeo. ....	24
Figura n.º 2. 4. Tipos de terreno en carreteras. ....	28
Figura n.º 2. 5. Geometría de carretera afirmada. ....	48
Figura n.º 2. 6. Principales puntos de abastecimiento de agua con cisterna. ....	50
Figura n.º 2. 7. Ruta del agua para control de polvo. ....	70
Figura n.º 3. 1. Procedimiento de análisis de datos para obtener los resultados. ....	76
Figura n.º 3. 2. Verificación del pH y la conductividad del dasaut. ....	78
Figura n.º 3. 3. Llenado de cisterna con agua y Dasaut. ....	78
Figura n.º 3. 4. Aplicación de dasaut. ....	79
Figura n.º 3. 5. Procedimiento de análisis de datos para obtener los resultados. ....	81
Figura n.º 3. 6. Verificación del pH y conductividad del producto dl10 plus ....	83
Figura n.º 3. 7. Medición del dl10 plus y llenado a la cisterna. ....	83
Figura n.º 3. 8. Llenado de agua a la cisterna. ....	84
Figura n.º 3. 9. Aplicación de dl10 plus. ....	85
Figura n.º 3. 10. Procedimiento de análisis de datos para obtener los resultados. ....	87
Figura n.º 3. 11. Verificación del pH de agua. ....	90
Figura n.º 3. 12. Verificación del pH del knockout dustply. ....	90
Figura n.º 3. 13. Verificación del pH de la disolución. ....	91
Figura n.º 3. 14. Aplicación de knockout dustply. ....	91
Figura n.º 3. 15. Escarificado y perfilado. ....	92
Figura n.º 3. 16. Riegos de la solución (knockout dustply – agua). ....	92
Figura n.º 3. 17. Compactación. ....	93
Figura n.º 4. 1. Ubicación vía pasamayo (fase 5 hasta taller de mantenimiento T-2). ....	94
Figura n.º 4. 2. Ubicación detallada. ....	95
Figura n.º 4. 3. Nivel de polvo sin dasaut. ....	96
Figura n.º 4. 4. Después de aplicar dasaut. ....	96
Figura n.º 4. 5. Dasaut no se adhiere a los neumáticos. ....	97
Figura n.º 4. 6. Derrape de vehículos. ....	99
Figura n.º 4. 7. Gráfico de reducción de material particulado. ....	101
Figura n.º 4. 8. Reducción de consumo de agua. ....	102
Figura n.º 4. 9. Ubicación vía oficinas la quinua. ....	104

Figura n.º 4. 10. Ubicación detallada. ....	104
Figura n.º 4. 11. Condiciones iniciales de la zona. ....	105
Figura n.º 4. 12. Después de aplicar dl10 plus. ....	106
Figura n.º 4. 13. Derrape de vehículos. ....	108
Figura n.º 4. 14. Gráfico de reducción de material. ....	109
Figura n.º 4. 15. Reducción de consumo de agua. ....	110
Figura n.º 4. 16. Ubicación vía ex marte. ....	111
Figura n.º 4. 17. Vía ex marte. ....	112
Figura n.º 4. 18. Escarificación de la vía con motoniveladora. ....	113
Figura n.º 4. 19. Aplicación de knockout dustply. ....	113
Figura n.º 4. 20. Mezclado y compactado. ....	114
Figura n.º 4. 21. Vista final de la aplicación. ....	115
Figura n.º 4. 22. Gráfico de reducción de material. ....	117
Figura n.º 4. 23. Reducción de consumo de agua. ....	118
Figura n.º 4. 24. Reducción de material particulado de los supresores y del estabilizador. ....	123
Figura n.º 4. 25. Reducción de consumo de agua. ....	124
Figura n.º 4. 26. Comparación de costos de los supresores. ....	126
Figura n.º 4. 27. Costo del empleo de supresores en 1 año. ....	127

## RESUMEN

En este proyecto de investigación se realizó una evaluación de efectividad de tres productos dasaut, dl10 plus y knockout dustply los cuales son derivados de productos orgánicos estos productos se aplicaron en zonas estratégicas de emisión de material particulado como vía pasamayo (dasaut), vía oficinas la quinua (dl10 plus) y ex marte (knockout dustply); en los que se obtuvo los siguientes resultados. Dasaut ha tenido muy buenos resultados con respecto al ratio de adición de 2,0 ml/l, con ratio de riego de 0,9 ml/m<sup>2</sup>, pH de 2,83, se adiciono una cantidad de 37 854,1 ml del supresor por cisterna, tiempo de degradación de 180 días no presento efectos negativos en el ambiente, con un promedio de reducción de material particulado de 88,9 %, así mismo se observó que los riegos en la zona eran de 10 aplicaciones esto quiere decir que con 3 aplicaciones reducimos un 70 % de consumo de agua. La aplicación de dl10 plus ha tenido muy buenos resultados con respecto al ratio de adición que es 1,1 ml/l, con un ratio de riego de 0,5 ml/m<sup>2</sup>, pH de 7,23, se adiciono una cantidad de 20 000 ml del supresor por cisterna, siendo un producto 100 % biodegradable no presento efectos negativos en el ambiente, con un promedio de reducción de material particulado de 91,89 %, así mismo se observó que los riegos en la zona eran de 10 aplicaciones esto quiere decir que con 4 aplicaciones reducimos un 60 % de consumo de agua. Finalmente se realizó la aplicación del knockout dustply que ha tenido muy buenos resultados con respecto al ratio de adición que es 118,2 ml/l, con un ratio de riego de 56,0 ml/m<sup>2</sup>, pH de 6,85, se adiciono una cantidad de 2 000 000 ml del supresor por cisterna, siendo un producto 100 % biodegradable no presento efectos negativos en el ambiente, con un promedio de reducción de material particulado de 81,6 %, así mismo se observó que los riegos en la zona eran de 10 aplicaciones esto quiere decir que con 1 aplicaciones reducimos un 90 % de consumo de agua.

Dentro de nuestra investigación se realizó una evaluación técnica - económica de los supresores de polvo donde se obtuvo como resultados lo siguiente. Se comprobó que el dasaut tiene un costo de 680,6 \$/día en un Km, 30 626,3 \$/mes y medio en un Km y 245 010,2 \$/año en un Km; dl10 plus 635,3 \$/día en un Km, 28 589,9 \$/mes y medio en un Km y 228 719,5 \$/año en un Km como también el knockout dustply tiene un costo de 2 803,8 \$/día en un Km, 14 267,4 \$/mes y medio en un Km y 114 139,5 \$/año en un Km.

Se comprobó que los tres supresores son totalmente factibles por lo tanto se puede apreciar que este trabajo de investigación escrito ayudara a muchas empresas del país tanto mineras y constructoras que sufren con este problema de emisión de material particulado así se deja en claro que esta tesis pueda servir como base para que surja otras nuevas investigaciones; de esta manera se lograra reducir la emisión de material particulado, enfermedades respiratorias y reducción de impactos ambientales por otro lado se minimizaría el agua que es un requisito esencial para la vida de los animales , persona y plantas.

## ABSTRACT

In this research project, the effectiveness evaluation of three products was developed: Dasaut, dl10 plus and knockout dustply, which are derived from organic products. These products were applied in strategic areas of particulate matter emission such as via pasamayo (dasaut), via oficinas la quinua (dl 10 plus) and ex marte (knockout dustply), where the following results were obtained. Dasaut has had very good results with respect to the addition ratio that is 2,0 ml/l, with a irrigation ratio of 0,9 ml/m<sup>2</sup>, pH of 2,83, an amount was added of 37 854,1 ml of the suppressor per tank, degradation time of 180 days I do not present negative effects on the environment, with an average reduction of 88,9 % of particulate matter. Furthermore, it was observed that the irrigation in the area was of 10 application, this means that with 3 applications we reduce 70 % of water consumption. The application of dl10 plus has had very good results with respect to the addition ratio that is 1,1 ml/l, with a irrigation solution of 0,5 ml/m<sup>2</sup>, pH of 7,23, was added a quantity of 20 000 ml of the suppressor per tank, being a 100 % biodegradable product with no negative effects on the environment, with an average reduction in particulate matter of 91,89 %. In addition, it was observed that the irrigation in the area was of 10 applications, this means that with 4 applications we reduce 60 % of water consumption. Finally, the application of the knockout dustply stabilizer was carried out with very good results with respect to the addition ratio that is 118,2 ml/l, with a irrigation solution of 56,0 ml/m<sup>2</sup>, pH of 6,85, an amount was added 2 000 000 of the suppressor per tank, being a 100 % biodegradable product with no negative effects on the environment, with an average reduction of 81,6 % of particulate material, as well as it was observed that the irrigation in the area was of 10 applications this means that with 1 application we reduce 90 % of water consumption.

In our research was carried out a technical-economic evaluation of the dust suppressors and obtained the following results. It was proven that the dasaut has a cost of 680,6 \$/Day in one Km, 30 626,3 \$/month and a half in one Km and 245 010,2 \$/year in one Km; dl10 plus 635,3 \$/day in one Km, 28 589,9 \$/month and a half in a Km and 228 719.5 \$/year in a Km as well as the knockout dustply has a cost of 2 803,8 \$/day in a Km, 14 267,4 \$/month and a half in a Km and 114 139,5 \$/year in a Km.

Since all three are totally feasible, it can therefore be seen that this written research work will help many companies in the country, such as mining and construction companies that suffer from this problem of particulate matter emissions, and it is clear that this thesis can serve as a basis for further research to emerge; in this way, it will reduce the emission of particulate matter, respiratory diseases and reduction of environmental impacts, on the other hand, it will minimize the water that is an essential requirement for the life of animals, people and plants.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En el área de operaciones mina uno de los factores ambientales más significativos es la generación de material particulado debido a la pérdida de la cobertura del material de la vía. Puesto a que las unidades mineras cuentan en su gran mayoría con vías de acceso no pavimentadas así mismo la pavimentación de estos accesos y vías no es una opción realista, por los costos elevadísimos y el constante cambio de ubicación de los mismos. El polvo se genera principalmente en sus vías de acarreo provocadas por transferencia de carga, perforación, voladura y movimiento de maquinaria esto afectando no solo a los trabajadores de este rubro, sino también a los pobladores y vecinos más cercanos al área de operaciones, así como también a las zonas agrícolas y forestales. Este también reduce la visibilidad en los caminos con pérdidas en horas/hombre y horas/maquina, obstrucción y daño de equipos de trabajo.

Invetisa (2018), manifiesta que en la empresa Minera Antamina, se rego 15 veces al día con agua, mientras que con el producto dasaut más agua solo se rego 6 veces al día, obteniendo resultados muy favorables para la operación, reduciendo en un 60 % los riegos aplicados y por ende ofreciendo un mayor control de material particulado.

Multinsa (2018), manifiesta que en la Mina Cerrejón que se ubica en el departamento de Guajira – Colombia produce mineral de carbón, esta zona tiene una temperatura promedio de 36 °C, con un flujo vehicular en sus vías de 54 camiones gigantes hora – carril, sus horas de sol promedio diarias es de 8 horas, se aplica el producto dl10 plus unos 7 años, teniendo un porcentaje de reducción de polvo de 89 % de PM10.

Urteaga (2016), en su investigación resalta tres factores ambientales importantes generados por la suspensión de polvo: Económico, social y ambiental. A nivel económico, la generación de polvo daña la carpeta de rodadura y compromete el buen desempeño de los equipos puesto que disminuye su vida útil, como medida de control la mayoría de las empresas mineras usan grandes cantidades de reservas de agua para el riego permanente de las vías, sin embargo, esta era una solución a corto plazo porque genera un alto costo para su mantenimiento. A nivel ambiental, las partículas de polvo dispersas por el tránsito de los equipos hacen daño no solo a las plantaciones de las comunidades aledañas a la operación sino también generan problemas en las vías respiratorias, ojos y la piel. Una de las enfermedades ocupacionales en minería más comunes es la silicosis que resulta por inhalación repetida de polvo de sílice. A nivel social, el polvo crea un entorno de polución que afecta tanto a los trabajadores como a las comunidades aledañas un estudio "Health

Risk Evaluation for the Inhabitants of a Typical Mining Town in a Mountain Area South China" en el año 2008 rebela la contaminación por metales en tierras de cultivo y en el aire en una típica ciudad minera de Guangxi, sur de China.

Urteaga (2016), en su investigación demuestra que el costo de riego para los 48 Km de longitud que comprenden las vías de tránsito de equipo liviano en minera Yanacocha, se obtuvo una reducción del 80 % (2 474 \$/día) en el costo operativo, así mismo una reducción del consumo de agua en 92 % (1 656 m<sup>3</sup>) al emplear el supresor R42-10, sin embargo, produce un incremento del 27 % (1 325 \$/día) sobre el costo total del riego comparándolo con el riego de la vía con tan solo agua. Esta última variación del costo total obedece básicamente a la relación agua/supresor (4:1) que compone la mezcla.

## 1.2. Formulación del problema

Minera Yanacocha S.R.L. Mencionó que la más importante medida adoptada para mitigar el material particulado en las diferentes vías es el riego con agua no potable procedente de las diferentes garzas ubicadas dentro de la operación. Este proceso de riego demanda el uso de agua que se ve incrementado durante la época seca del año (mayo a octubre). Debido a que los puntos de agua superficiales autorizados para el abastecimiento de riego en época de sequía disminuye su volumen se viene usando como principal fuente de agua para riego de vías, el excedente de agua que se genera en las plantas de tratamiento AWTP y EWTP. Además, se viene utilizando para el riego de vías el agua superficial y dewatering que es almacenada en posas temporales en el interior de los tajos, de estas posas se extraerá el agua para conducirlos así a los puntos autorizados para el abastecimiento de agua. En la actualidad se tiene aproximadamente 42,48 Km de vías no pavimentada.

Tabla n.º 1. 1. Vías de mantenimiento Yanacocha.

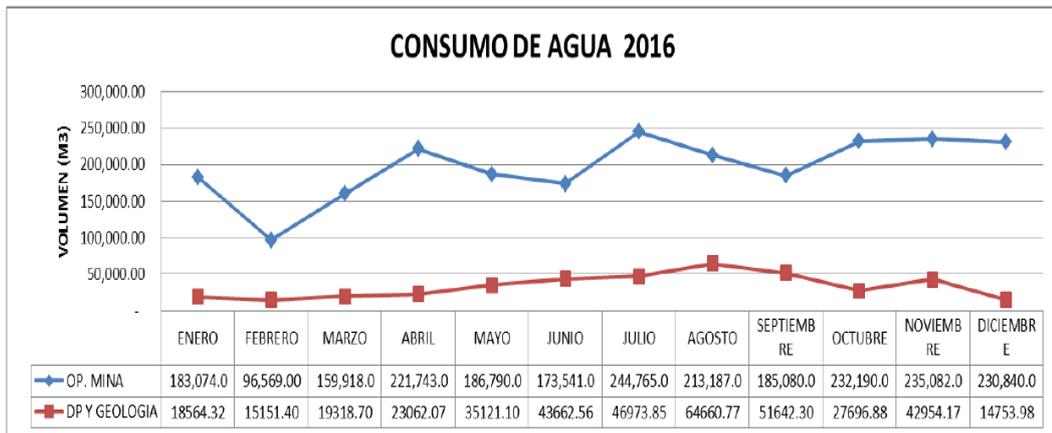
Zona	Tramo	Longitud (Km)	Categoría	Código Actual
La quinua	Vía campamento operadores Km 37	1,00	B	1
	Vía del aglomerador	1,40	B	2
	Vía oficinas la quinua	1,68	B	3
	Vía paleosuelos	3,00	B	4
	Vía plataforma oficinas la quinua	0,40	B	5
Yanacocha	Vía pachacutec	1,30	B	6
	Vía fase 5	1,10	B	7
	Vía pasamayo	0,90	B	8
	Vía fase 0	2,00	B	9
Maqui maqui	Vía planta maqui maqui	0,30	C	10

china linda	Vía variante maqui maqui	3,30	C	11
Varios	Vía service road (Vía de servicios)	13,00	B	12
	Vía maqui maqui - campamento conga	5,59	C	13
	Vía garita pongo - China linda	7,51	C	14
Longitud total = 42,48 Km				

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

El consumo registrado durante el año 2016 distingue 03 principales usuarios: El área de operaciones mina, proyectos de capital sostenible y el área de geología. El volumen total de agua utilizado en 2016 para consumo de agua es 2 766 341,1 m<sup>3</sup>/año ó 2 766 341 100

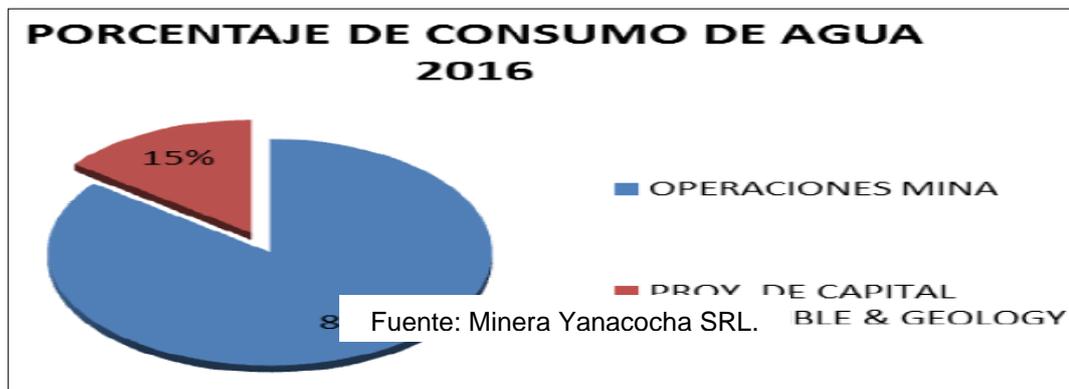
Figura n.º 1. 1. Consumo de agua minera Yanacocha SRL 2016.



Lts/año.

Según esta data el consumo de agua para control de polvo en cuanto a porcentajes de incidencia se presenta de acuerdo al gráfico siguiente:

Figura n.º 1. 2. Porcentaje de consumo de agua minera Yanacocha SRL 2016.



Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Se ha sugerido tres supresores dasaut, dl10 plus y knockout dustply para ser utilizados en la empresa minera Yanacocha SRL 2018 con los cuales se hizo aplicaciones en campo para determinar su factibilidad.

¿Qué supresor de polvo dasaut, dl10 plus y knockout dustply es más factible utilizar en la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Justificación Teórica**

No existe una comparación técnica y económica de los tres tipos de supresores de polvo dasaut, dl10 plus y knockout dustply.

#### **1.3.2. Justificación Práctica**

La aplicación de los supresores de polvo disminuye el costo debido a que minimiza los ciclos de riego, el mantenimiento de equipos livianos y pesados y aumenta el desempeño de los equipos, también reduce los problemas de seguridad así mismo haciendo uso de los supresores se reducirán los problemas medio ambientales que derivan en daños a la salud generados por la inhalación de las partículas de material particulado por el tránsito de vehículos, quedando abierta la posibilidad de usar estos supresores.

Yanacocha hizo pruebas con tres supresores de polvo para ver cuál de los tres es más factible, el supresor que será elegido cumplirá con todos los requerimientos de la operación siendo así el pilar principal en la mitigación del material particulado.

### **1.4. Limitaciones**

La empresa minera Yanacocha ya contaba con un benchmarking de tres productos dasaut, dl10 plus y knockout dustply por lo que cuando le propusimos aplicar la melaza como supresor de polvo no fue aceptada.

Otra de las principales limitaciones fue el poco tiempo de accesibilidad a la empresa minera Yanacocha ya que fue demasiado corto para la participación de la experimentación con los supresores de material particulado.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Realizar un estudio comparativo usando los supresores de polvo dasaut, dl10 plus y knockout dustply para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar la factibilidad del supresor de polvo dasaut, para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018.
- Determinar la factibilidad del supresor de polvo dl10 plus para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018.
- Determinar la factibilidad del supresor de polvo knockout dustply para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018.
- Determinar los costos de los supresores de polvo dasaut, dl10 plus y knockout dustply en vías Yanacocha 2018.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Paiva y Martín (2018), manifiestan que el consumo del recurso hídrico hoy en día en la minería es un tema de debate, ya que es utilizado en cantidades inmensas, sin una medición o conciencia de lo que realmente se está utilizando. Para mitigar y aliviar el gasto de agua producido en la minería chilena en general, existen una serie de soluciones, de hecho, éstas tienen nombre, ya que se tratan de distintos productos que vienen a reemplazar el consumo de agua y sus funciones como tal, muchas veces mejorando su efecto sobre las tareas deseadas. Muchos de los recursos que se utilizan como recambio al agua tienen efectos negativos sobre el suelo en el que se utilizan, como también hay otros que tienen deficiencias en ciertas condiciones, principalmente climáticas, pero también hay otros que las tienen según el tipo de minerales que hay en los suelos. Es por esta razón principalmente, por sus debilidades, por las cuales hay que hacer una discriminación de estos métodos si se quieren aplicar en un lugar en concreto. El desarrollo de estas nuevas tecnologías permitirá al hombre ir disminuyendo el consumo del recurso hídrico a medida que pase el tiempo, y quién sabe, hasta eliminarlo por completo en varios de los procesos de la minería, lo que supondría un desarrollo más sustentable de la minería y más amigable en relación con el medio ambiente.

Vera (2016), menciona que durante el año 2015 se implementó el uso de supresor de polvo recomendado (emulsión bituminosa), y se fueron registrando los gastos y consumos asociados a la iniciativa. En base a los resultados obtenidos, se puede mencionar que se logró una disminución de agua en un 69 % y redujo el gasto en maquinaria asociada a la reconstrucción de la carpeta de rodadura en un 45 %. Por otra parte, a través del uso de supresor tipo bituminoso se logró disminuir en un 80,3 % las emisiones MP 2,5 promedio, mientras que para el MP 10 se logró una reducción de 81,7 %. En esto representa los excelentes resultados que permite alcanzar el uso de este tipo de supresor de polvo, entregando caminos libres de polvo, logrando mejores condiciones laborales para los trabajadores de faena y las comunidades aledañas, aumentando la seguridad e higiene en la operación y reduciendo además el impacto ambiental. Por su parte, la evaluación del impacto económico que tuvo la implementación del supresor de polvo tipo bituminoso arrojó un beneficio neto de KUS\$ 429 al año, lo que representa una disminución del 17 % del gasto en reconstrucción de la carpeta y control de polución. El ahorro de cerca de un 70 % del consumo de agua, genera un beneficio que está fuera del alcance de este trabajo, y que considera la utilización de 24,886 m<sup>3</sup> para el procesamiento de minerales en la planta, un costo de oportunidad que fue aprovechado por esta iniciativa y que sin duda generó

beneficio, considerando además la crítica situación de sequía que sufrió los Bronces durante el 2015.

León (2016), manifiesta que durante su aplicación de cloruro de calcio en un proceso de extracción de oro que este supresor de polvo disminuye la emisión de PM10 sin afectar la productividad de las operaciones unitarias evitando posibles gastos en el mantenimiento de máquinas o en complejos sistemas captadores de polvo.

Urteaga (2016), concluye que con la aplicación del supresor R42-10, optimizaron los ciclos de riego, disminuyendo en un 90 % la frecuencia de regado y por ende la reducción de consumo de agua; así mismo redujeron en un 27 % el costo económico de riego por día en las vías de tránsito de equipos livianos de minera Yanacocha. (Urteaga, 2016).

Bravo y Ruiz (2016), mencionan que el biol puede utilizarse para aumentar la eficacia del riego de vías, ya que al ser mezclado con el agua de acuerdo a los principios de la termodinámica (disminución de la presión de vapor) podría hacer que el agua tarde más en evaporarse, haciendo que las vías permanezcan húmedas durante un mayor tiempo disminuyendo así la cantidad de agua y la generación de polvo.

Carlos (2015), menciona que en Perú la gran parte del movimiento de los productos agropecuarios, mineros, turísticos y otros se transporta por caminos no pavimentados, los cuales requieren un mantenimiento periódico que implica un importante flujo de insumos tanto humanos como económicos. Para optimizar los recursos destinados a la conservación de este tipo de caminos, e incrementar la durabilidad de los caminos no pavimentados en el tiempo, se están comenzando a utilizar productos de origen químico destinados a estabilizar la capa superficial de rodadura y de esa manera reducir sensiblemente la progresión de un deterioro superficial, además de minimizar efectos ambientales nocivos tales como la emisión de polvo en suspensión. La investigación tuvo el propósito de evaluar la efectividad del cloruro de magnesio como estabilizador químico de caminos no pavimentados, y se basa en resultados de ensayos de laboratorio y la evaluación de tramos de prueba de capas de rodadura estabilizada y tratada superficialmente con cloruro de magnesio, en el tramo de carretera de Espinar – Tintaya Marquiri, los resultados de terreno han sido más significativos que los de laboratorio, observándose que la adición de cloruro de magnesio permite obtener una capa de rodadura estable, reduce la formación de baches, corrugaciones, pérdida de áridos y emisiones de polvo, y mejora la calidad de rodadura.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. El suelo**

A través de un proceso de desintegración mecánica y descomposición química las rocas de la corteza terrestre forman los materiales sueltos que se encuentran en ella. El término "suelo" ha sido definido de diferentes maneras, ya sea que dicha definición provenga del geólogo, del agrónomo o del ingeniero civil. El geólogo define al suelo como el material resultante de la descomposición y desintegración de la roca por el ataque de agentes atmosféricos. El agrónomo define al suelo como la delgada parte superior del manto de rocas en que penetran las raíces de las plantas y de donde estas toman el agua y las demás sustancias necesaria para su existencia. Algunos ingenieros civiles definen al suelo como el conjunto de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistentes. Otro autor, Alfred R. Jumikis, Doctor en ingeniería, lo define como sedimentos no consolidados y depósitos de partículas sólidas derivadas de la desintegración de las rocas. (Villalaz, 2008)

#### **2.2.1.1. Principales tipos de suelos.**

De acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos amplios grupos: suelos cuyo origen se debe a la descomposición física y/o química de las rocas ósea los suelos inorgánicos, y suelos cuyo origen es principalmente orgánico. Sin los suelos inorgánicos el producto del intemperismo de las rocas permanece en el sitio donde se formó, da origen a un suelo residual, en caso contrario forman un suelo transportado, cualquiera que haya sido el agente transportador (por gravedad: taludes; por agua: aluviales o lacustres; por viento: eólicos; por glaciares: depósitos glaciales). En cuanto a los suelos orgánicos ellos se forman casi siempre in situ. Muchas veces la cantidad de materia orgánica, ya sea en forma de humus o de materia no descompuesta, o en su estado de descomposición es tan alta a la relación con suelo inorgánico que las propiedades que pudieran derivar de la porción mineral quedan eliminadas. Esto es muy común en las zonas pantanosas, en los cuales los restos de vegetación acuática llegan a formar depósitos de gran espesor, conocidos con el nombre genérico de turbas. Se caracterizan por su color negro o café oscuro, por su poco peso cuando están secos y su gran compresibilidad y porosidad. A continuación se describe los suelos más comunes con los nombres generalmente utilizados por el ingeniero civil para su identificación. (Villalaz, 2008).

### **Gravas**

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto, redondeadas. Como material suelto suele encontrárselo en los lechos, en las márgenes y en los conos deyección de los ríos también en muchas depresiones de terrenos rellenadas por el acarreo de los ríos y en muchos otros lugares a los cuales las gravas han sido retransportadas. Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Las partículas varían desde 7,62 cm (3") hasta 2,0 mm.

### **Arenas**

La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0,05 mm de diámetro. El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos comprensibles que la arcilla y que si se aplica una carga en su superficie se comprimen casi de manera instantánea.

### **Limos**

Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producto en canteras, o limo orgánico como suele encontrarse en ríos siendo en este último caso de características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0,05 mm y 0,005 mm. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su comprensibilidad muy alta. Los limos, de no encontrarse en estado denso, a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar.

### **Arcillas**

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0,005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser

mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en no pocas situaciones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalino y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar. De hecho, se puede decir que hay dos tipos clásicos de tales laminas: uno de ellos del tipo silícico y el otro del tipo lumínico.

### **Caliche**

El termino caliche se aplica a ciertos estratos de suelo. Cuyos granos se encuentran cementados por carbonatos calcáreos. Parece ser que para la formación de los caliches es necesario un clima semiárido. La marga es una arcilla con carbonato de calcio más homogénea que el caliche y generalmente muy compacta y de color verdoso.

### **Loess**

Los loess son sedimentos eólicos uniformes y cohesivos. Esa cohesión que poseen es debida aun cementante del tipo calcáreo y cuyo color es generalmente castaño claro. El diámetro de las partículas de los loess está comprendido entre 0,01 mm y 0,05 mm. Los loess se distinguen por que presentan agujeros verticales que han sido dejados por raíces extinguidas. Los loess modificados son aquellos loess que han perdido sus características debido a procesos geológicos secundarios tales como inmersión temporaria, erosión y formación de nuevo depósito. Debido al contenido calcáreo los cortes hechos en loess se mantienen generalmente casi verticales. Los loess son colápsables aunque disminuyen dicha tendencia al incrementársele su peso volumétrico.

### **Diatomita**

Las diatomitas o tierras diatomáceas son depósitos de polvo silícico, generalmente de color blanco compuesto total o parcialmente por residuos de diatomeas. Las diatomeas son algas unicelulares microscópicas de origen marino o de agua dulce presentando las paredes de sus células características silícicas.

### **Gumbo**

Es un suelo arcilloso fino, generalmente libre de arena y que parece cerca a la vista; es pegajoso muy plástico y esponjoso. Es un material difícil de trabajar.

### **Tepetate**

Es un material pulverulento de color café claro o café oscuro compuesto de arcilla, limo y arena en proporciones variables, con un cementante que puede ser la misma arcilla o el carbonato de calcio según sea el componente predominante el tepetate se suele llamar arcilloso, limoso, arenoso, arcillo-limoso si es que predomina la arcilla, areno-limoso si predomina la arena, limo-arenoso si predomina el limo, y así sucesivamente. La mayoría de las veces el tepetate debe su origen a la descomposición y alteración, por intemperismo, de cenizas volcánicas basálticas. Pueden encontrarse dentro del tepetate capas o lentes de arenas y cenizas basálticas que no alcanzaron intemperizarse cuando fueron cubiertas por una capa que si se alteró. También suelen encontrarse lentes de piedra pómez dentro del tepetate.

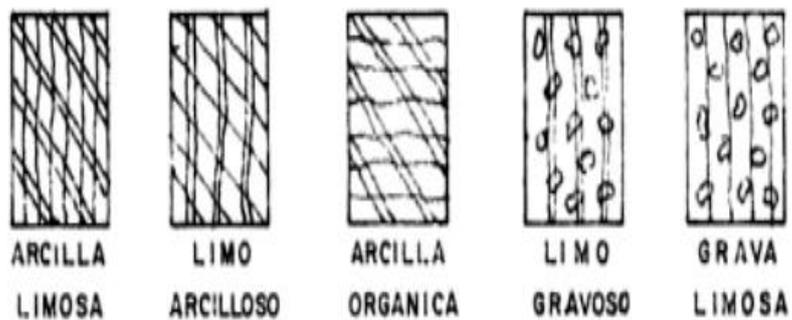
### **Suelos cohesivos y suelos no cohesivos**

Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en cohesivos y no cohesivos. Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas. Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación como la arena y la grava. En la siguiente figura se presentan algunos símbolos empleados para representar a los suelos.

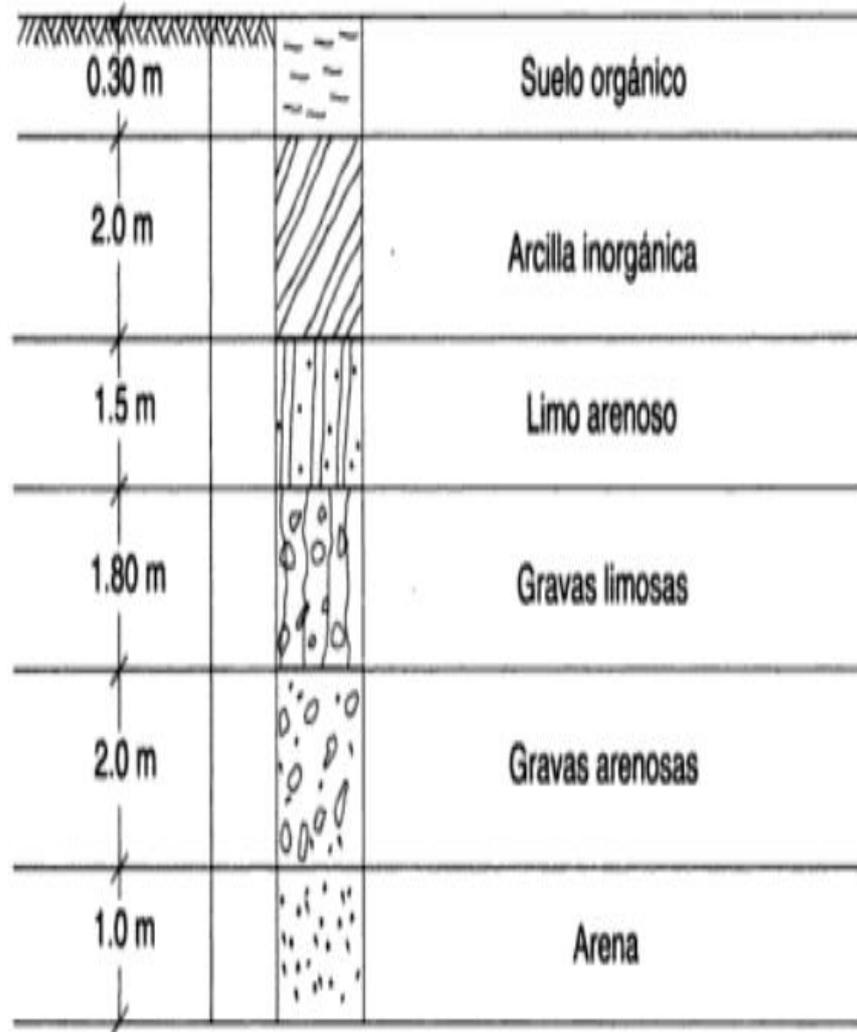
Figura n.º 2. 1. Suelos cohesivos y suelos no cohesivos.



Fuente: Libro Mecánica de suelos y cimentaciones – Crespo Villalaz.  
 Figura n.º 2. Combinaciones de suelos.



Fuente: Libro nFigura n.º 2. 3. Estratigrafía de un sondeo. o Villalaz.



Fuente: Libro mecánica de suelos y cimentaciones – Crespo Villalaz.

### **2.2.2. Diseño de carreteras**

Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Una vía será funcional de acuerdo a su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezca una adecuada movilidad a través de una velocidad de operación suficiente. La geometría de la vía tendrá como premisa básica la de ser segura, a través de un diseño simple, uniforme y consistente. La vía será cómoda en la medida en que se disminuyan las aceleraciones de los vehículos y sus variaciones, lo cual se logrará ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los tramos rectos. La vía será estética al adaptarla al paisaje, permitiendo generar visuales agradables a las perspectivas cambiantes, produciendo en el conductor un recorrido fácil. La vía será económica, cuando cumpliendo con los demás objetivos, ofrece el menor costo posible tanto en su construcción como en su mantenimiento.

Finalmente, la vía deberá ser compatible con el medio ambiente, adaptándola en lo posible a la topografía natural, a los usos del suelo y al valor de la tierra, y procurando mitigar o minimizar los impactos ambientales. Los factores o requisitos del diseño a tener en cuenta se agrupan en externos o previamente existentes, e internos o propios de la vía y su diseño. Los factores externos están relacionados, entre otros aspectos, con la topografía del terreno natural, la conformación geológica y geotécnica del mismo, el volumen y características del tránsito actual y futuro, los valores ambientales, la climatología e hidrología de la zona, los desarrollos urbanísticos existentes y previstos, los parámetros socioeconómicos del área y la estructura de las propiedades. Los factores internos del diseño contemplan las velocidades a tener en cuenta para el mismo y los efectos operacionales de la geometría, especialmente los vinculados con la seguridad exigida y los relacionados con la estética y armonía de la solución.

(Grisales, 2015).

#### **2.2.2.1. Clasificación de las carreteras.**

##### **2.2.2.1.1. Según su función**

Determinada según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles:

#### **Carreteras primarias o de primer orden**

Son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a las capitales de los Departamentos, que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y de consumo del país y de éste con los demás países. Este tipo de carreteras puede ser de calzadas divididas según las exigencias del proyecto, y deben ser siempre pavimentadas.

#### **Carreteras secundarias o de segundo orden**

Son aquellas vías que unen cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria. Las carreteras consideradas como secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.

#### **Carreteras terciarias o de tercer orden**

Son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas, o que unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deben cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras Secundarias

#### **2.2.2.1.2. Según el tipo de terreno**

Determinada por la topografía predominante en el tramo en estudio. De allí que, a lo largo de una carretera pueden presentarse tramos homogéneos en diferentes tipos de terreno. Éstos se clasifican con base en las pendientes de sus laderas naturales en el entorno y transversalmente a la vía. De esta manera, se consideran las siguientes carreteras:

#### **Carreteras en terreno plano**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos. Exigen mínimo movimiento de tierras durante la construcción, por lo que no presentan dificultad ni en el trazado ni en la explanación. Las pendientes longitudinales de las vías son normalmente menores al 3 %.

#### **Carreteras en terreno ondulado**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendiente por intervalos de tiempo prolongado. Durante la construcción los movimientos de tierra son moderados, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre el 3 % y el 6 %.

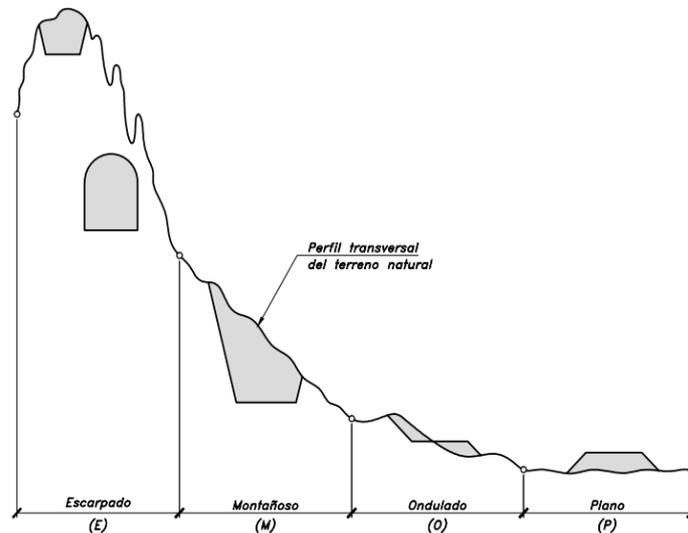
#### **Carreteras en terreno montañoso**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidades sostenidas en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes. Generalmente requieren grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presentan dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre el 6 % y el 8 %.

#### **Carreteras en terreno escarpado**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, con muchas dificultades para el trazado y explanación, pues los alineamientos están prácticamente definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores al 8 %.

Figura n.º 2. 4. Tipos de terreno en carreteras.



#### 2.2.2.1.2. Según el tipo de terreno

Las carreteras de una determinada administración. Fuente: Libro diseño geométrico de carreteras.

##### **Carreteras nacionales**

Son aquellas que están, ya sea directamente bajo la administración del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), o que se encuentran concesionadas bajo la administración de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). Forman la red primaria de carreteras.

##### **Carreteras departamentales**

Son aquellas de propiedad de los Departamentos. Forman la red secundaria de carreteras.

##### **Carreteras veredales o caminos vecinales**

Son aquellas vías a cargo del Instituto Nacional de Vías y de los municipios. Forman la red terciaria de carreteras.

##### **Carreteras distritales y municipales**

Son aquellas vías urbanas y/o suburbanas y rurales a cargo del distrito o municipio.

#### 2.2.2.1.3. Según sus características

##### **Autopistas**

Son vías de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles y con control total de accesos. Las entradas y salidas de las autopistas

se realizan únicamente a través de intersecciones a desnivel comúnmente llamadas distribuidores o intercambiadores.

#### **Carreteras multicarriles**

Son carreteras divididas o no, con dos o más carriles por sentido y con control parcial de accesos. Las entradas y salidas se realizan a través de intersecciones a desnivel y a nivel.

#### **Carreteras de dos carriles**

Constan de una sola calzada de dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y acceso directo desde sus márgenes.

### **2.2.2.1.4. Clasificación de las carreteras en el Perú**

#### **Autopistas de primera clase**

Son carreteras con Índice Medio Diario Anual (IMDA) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

#### **Autopistas de segunda clase**

Son carreteras con un Índice Medio Diario Anual (IMDA) entre 6 000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada

#### **Carreteras de primera clase**

Son carreteras con un Índice Medio Diario Anual (IMDA) entre 4 000 y 2 001 veh/día, de con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada

#### **Carreteras de segunda clase**

Son carreteras con Índice Medio Diario Anual (IMDA) entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

#### **Carreteras de tercera clase**

Son carreteras con Índice Medio Diario Anual (IMDA) menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

#### **Trochas carrozables**

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un Índice Medio Diario Anual (IMDA) menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

(Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2013).

### **2.2.2.2. Clasificación de diseño de las pistas mineras.**

#### **2.2.2.2.1. Diseño geométrico de las pistas mineras**

El diseño geométrico de las pistas esta generalmente determinado por la morfología de los yacimientos, por los métodos de explotación aplicados y por la propia planificación de los trabajos de extracción. Aunque actualmente existen aplicaciones informáticas que se utilizan tanto para la modelación de los yacimientos, como para el diseño de los huecos y evaluación de las reservas explotables, así como para el propio diseño e inclusión de las pistas dentro de los citados huecos, conviene revisar los principales parámetros del diseño geométrico por sus implicaciones económicas y de seguridad. El proceso del diseño geométrico debe ser interactivo pues por un lado siempre existen alternativas para transportar el mineral o el estéril desde un punto origen a otro punto de destino y, por otro, dentro de las diferentes alternativas se debe elegir aquella que conduzca a la mayor productividad, al acortarse los tiempos de ciclo al conseguirse mayores velocidades dentro de un contexto de seguridad. (Jimeno, Jimeno, Bermúdez, & Degea, 2014).

#### 2.2.2.2.1.1. Fases del diseño geométrico

##### a. Distancias de frenado.

Los fabricantes de volquetes deben proporcionar las distancias de frenado para cada modelo según algunas de las normas vigentes SAE, ISO, etc. Así, por ejemplo, la norma ISO 3450: 1996, especifica los requerimientos del sistema de frenado y los procedimientos de ensayo de la maquinaria de movimiento de tierras a fin de evaluar de una manera uniforme la capacidad de frenado de los diferentes equipos. Distancia de frenado en ensayos con un volquete Cat 785 (Holman, 1989).

Tabla n.º 2. 1. Distancia de frenado.

Velocidad (Km/h)	Distancia de frenado(m)
15	10
35	50
50	100
60	150
65	170

Fuente: Manual de transporte con volquetes y diseño de pistas mineras.

**b. Distancias de visibilidad y curvas verticales**

La alineación vertical en el diseño de las pistas requiere una selección juiciosa de las pendientes y de las curvas verticales, de manera que faciliten unas distancias de visibilidad y distancias de frenado adecuadas en todos los tramos de las pistas. Las curvas verticales son utilizadas para proporcionar una transición suave entre tramos con pendientes. Las longitudes de las curvas verticales deben ser las adecuadas para conducir confortablemente y proporcionar una amplia distancia de visibilidad para la velocidad del vehículo de diseño.

**c. Alineaciones**

En el diseño geométrico de una pista deben definirse las alineaciones (trazado en planta) y las rasantes (trazado en alzado). Ello debe hacerse con unos criterios básicos de funcionalidad entre los cuales predominan los referentes a la distancia de visibilidad de parada, el radio de giro en curva y las transiciones recta-curva. Se denominan distancias de visibilidad de parada a la mínima necesaria para que un vehículo pueda detenerse antes de colisionar con un obstáculo que se halle en su trayectoria sin dar lugar a deceleraciones inadmisibles.

**d. Anchura de pistas**

La anchura de las pistas en función de las dimensiones de los volquetes de manera que debe ser suficiente para que la operación de transporte se lleve a cabo con continuidad y en condiciones de seguridad. En cuanto al número de carriles en que debe subdividirse la anchura total, las pistas mineras son diseñadas, generalmente, con solo dos carriles debido, por un lado, a la baja intensidad de tráfico y por otro a la escasa disponibilidad de espacio. Excepcionalmente, puede recurrirse a un solo carril, pero con apartaderos. Sin embargo, los tramos exteriores de las pistas que conducen a las escombreras o las trituradoras primarias suelen diseñarse con más de un carril en cada sentido.

Tabla n.º 2. 2. Anchura de las pistas.

Pista de carril único recto	2 x anchura de volquete
-----------------------------	-------------------------

Pista de doble carril en recta	3,5 x anchura de volquete
Pista de carril único en curva	2 x anchura de volquete x 1,18
Pista de doble carril en curva	3,5 x anchura de volquete x 1,18

Fuente: Manual de transporte con volquetes y diseño de pistas mineras.

**e. Curvas y zigzag**

En todas las pistas mineras se requieren un trazado disponer de curvas en el plano horizontal y de los denominados zigzag (tramos en curvas y con pendientes, generalmente en espacios muy cerrados al integrarse en un talud de la explotación), con unas anchuras y peraltes que son función de las velocidades de los volquetes de las distancias de visibilidad y los radios mínimos de giro de las unidades de acarreo elegidas.

**f. Pendiente transversal o bombeo**

La pendiente transversal de las pistas o bombeo es un factor fundamental para garantizar una adecuada evacuación del agua de escorrentía. Dicha pendiente oscilara entre un mínimo para que la evacuación del agua sea efectiva y un máximo compatible con la conducción, y segura de los volquetes, dependiendo su valor de las características de la superficie de rodadura y de la pendiente longitudinal de la pista.

**g. Pendientes de las pistas**

La pendiente de una pista se define, para cada tramo de las misma, como la inclinación medida entre la rasante y el plano horizontal en un perfil vertical que pasa por el eje de la misma se puede expresar en grados, como si de un ángulo se tratara, pero lo más frecuente es hacerlo en tanto por ciento, de manera que la pendiente representa cuantos metros consigue remontar o descender en vertical el volquete por cada 100 metros recorridos en proyección vertical. Las pendientes se aconsejan que sean tan constantes como sea posible para

reducir los cambios de marchas cuando los volquetes transportan sus cargas. Normalmente las pendientes máximas de las pistas se encuentran entre el 7 % y el 9 %, pudiendo utilizarse en casos extremos valores entre el 10 % y el 12 %. No deberán utilizarse pendientes por encima del 12,5 %, aunque los volquetes tienen capacidad para remontar pendientes superiores al 20 %.

**h. Peraltes y tramos de transición**

En los tramos en curva a las pendientes transversales se las denomina peraltes y tienen como misión contrarrestar la fuerza centrífuga que adquiere el volquete en su desplazamiento con la componente de fuerza hacia el centro de la curva debido al peso de dicha unidad de acarreo. Todas las curvas horizontales deberán ser debidamente peraltadas y/o limitar la velocidad en las mismas. La magnitud del peralte depende directamente del radio de curva y de la velocidad deseada del vehículo.

**i. Drenajes laterales**

Los drenajes laterales están constituidos por cunetas o canales que discurren paralelamente a las pistas y que sirven para recoger las aguas que caen sobre las propias pistas y sobre los taludes del desmonte adyacente. Su construcción permitirá, por un lado, mejorar las condiciones de seguridad durante las precipitaciones y, además, evitar que se produzcan daños importantes a las pistas debido a la saturación en el agua de la capa de rodadura y/o capas estructurales de las propias pistas. En general se recomiendan cunetas en V sin revestir, por su fácil construcción y mantenimiento con el auxilio de moto niveladoras.

**j. Arcenes**

Los arcenes laterales de las pistas están destinados fundamentalmente, hacer frente a las situaciones de riesgo provocadas por maquinaria averiada en los propios viales mineros. En zonas donde exista en las márgenes de las pistas desniveles de más de 0,5 m o se disponga de arcenes con mucha pendiente, se recomienda adoptar al menos dos de las siguientes medidas. Construir un caballón de tierras en

el área afectada y configurar el arcén con una pendiente máxima de 1 V a 4 H.

**k. Caballones o bermas de seguridad**

Los caballones de tierra también denominadas bermas o barreras son elementos de seguridad de las pistas cuya misión es impedir en las zonas donde existen importantes desniveles que se produzcan caídas de la maquinaria al franquear dichas barreras. También se utilizan, por ejemplo, en zonas de aparcamiento como protecciones frente a la maquinaria que circula por zonas adyacentes o para separar el tráfico en las intersecciones. Son también muy utilizados en los puntos de vertido en las escombreras. En tramos donde exista un riesgo elevado por los importantes desniveles donde las velocidades de circulación pueden ser altas y/o donde puedan aparecer otras situaciones de riesgo, la altura de los caballones será incrementada hasta ser igual a la altura de los neumáticos más grandes (1 x diámetro inflado).

**l. Intersecciones**

La probabilidad de que se produzcan accidentes por colisión entre vehículos en las intersecciones está estrechamente relacionada con el número de puntos conflictivos para los vehículos en las pistas que se intersectan dentro de las minas la frecuencia en la que los vehículos se encuentran en los citados puntos y el número y complejidad de las decisiones que se requiere por los conductores en los citados puntos de conflicto. Existen tres puntos de zonas de conflicto en las intersecciones de pistas en las explotaciones de pistas en las explotaciones mineras. Punto de conflicto por bifurcación; punto de conflicto por confluencia y punto de conflicto por cruce.

**m. Control de tráfico en las intersecciones**

En las intersecciones se debe establecer un control de tráfico con el fin de aumentar la seguridad y efectuarse una operación lo más eficiente posible. En las intersecciones de las pistas mineras deberán tenerse en cuenta los siguientes aspectos relacionados con el control de tráfico: los volúmenes de tráfico de las diferentes pistas que se cruzan serán

considerados, dándole lugar a la de mayor densidad de tráfico, en las proximidades de las intersecciones se colocara la adecuada señalización para prevenir a los conductores y dichas zonas se diseñaran con la debida visibilidad, las señales de stop reducen la probabilidad de colisión de las unidades de acarreo y se dispondrá de bermas de medida o caballones de tierra para separar adecuadamente el tráfico en las intersecciones con dimensiones y ubicaciones en las intersecciones que no afecten a las distancias de visibilidad. La altura de esta berma se limitará a un metro.

**n. Pistas y caballones de frenado**

Las pistas de frenado, también denominadas vías de escape se suelen disponer en zonas descarpadas en que se realizan el transporte con volquetes descendiendo cargados tramos de longitud prolongada cuando existe un riesgo potencial de falla de los frenos o retardadores de las unidades de acarreo la anchura de las pistas de frenado se aconseja que sea, como mínimo, de 10 metros en el caso de los grandes volquetes de gran capacidad puede ser necesario ampliar dicha dimensión.

**o. Zonas de aparcamiento**

En la elección del emplazamiento, diseño y construcción de una zona de aparcamiento de la flota de volquetes y de otra maquinaria pesada en una mina deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos: el tamaño será el adecuado para poder estacionar un número máximo de volquetes, en la localización se tendrá en consideración lo siguiente. Los requerimientos actuales y futuros, la red de pistas actuales y futuras, los surtidores de combustible, los taludes de las cortas y las zonas asociadas a esto.

**p. Apartaderos**

En los casos, no deseables en absoluto en que la pista se reduzca a un único carril y circular esporádicamente volquetes en los dos sentidos deben preverse apartaderos, convenientemente espaciados para permitir el cruce de vehículos. La distancia máxima entre dos apartaderos consecutivos será de 200 metros la longitud del apartadero será aproximadamente del doble de la longitud característica

correspondiente a la categoría de los volquetes en lo que se refiere a la sección transversal, la anchura total de la pista será la correspondiente a dos carriles.

#### **2.2.2.2.2. Diseño estructural de las pistas mineras**

En una pista minera se denomina firme a la estructura formada por una o varias capas de materiales pétreos que se colocan sobre la explanada para que, además de facilitar la rodadura, reparta la carga de los volquetes con el fin de que las cargas que llegan a la explanada sean suficientemente reducidas (de manera de que no se produzcan deformaciones permanentes que se reflejarían en la superficie de rodadura). El firme protege también a la explanada de los agentes atmosféricos cuyos efectos más importantes son la variación de la humedad del terreno y la acción de las heladas en áreas muy frías. Con frecuencia los firmes de las pistas mineras están formados por una sola capa estructural que eventualmente recibe un tratamiento especial en su cara superior para mejorar la rodadura, impermeabilizar o proteger frente a la erosión. A continuación se describen con más detalle los elementos que forman los firmes y sus características principales. (Jimeno, Jimeno, Bermúdez, & Degea, 2014).

##### **a. La explanada**

La explanada es la superficie de acabado del terraplén o excavación sobre la que se construye la pista minera. Sobre ella se dispone el firme (sub-base, base) y encima de este, el pavimento (capas intermedias y de rodadura). Las características geotécnicas mínimas a determinar en las explanadas, p.e. en los 50 cm de profundidad a partir de la superficie, y que caracterizan su comportamiento son: Análisis granulométrico, límites de Atterberg, CBR y situación del nivel freático.

##### **b. Sub-base**

La capa sub-base de una pista minera es la que se encuentra entre la explanada y la capa base. Normalmente está constituida por material granular compactado, de zavorra natural o artificial. El material rocoso grueso o todo-uno de las minas suele ser, por lo general, el constituyente de esta capa. Aparte de proporcionar una resistencia estructural a las pistas sirven para otros fines como son. Prevenir la intrusión de los suelos de la explanada en

la capa, base y recíprocate, minimizar los efectos de las heladas, las acumulaciones de agua en las estructuras de las pistas, y proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

**c. Base**

La capa de la pista que se encuentra directamente debajo de la capa más superficial o de rodadura es denominada base. Si no existe capa de sub-base, la capa base se deposita directamente sobre la explanada o cimiento de la pista. Normalmente están construidas por material granular tratado o no de calidad, con una granulometría de las partículas de tipo continuo.

**d. Superficie de rodadura**

La capa más superficial de las pistas es la denominada superficie o capa de rodadura y es la que está en contacto directo con los neumáticos de los volquetes. Estas capas están, normalmente construidas por material granular fino, es decir, por grava con un contenido de partículas muy finas limitado para evitar la formación de polvo.

**2.2.2.2.3. Diseño funcional de las pistas mineras**

Tan importante como la resistencia estructural del firme de una pista minera es la transitabilidad funcional de la misma. Está basada en gran medida en la selección, aplicación y mantenimiento de los materiales superficiales o de capa de rodadura. Un comportamiento funcional deficiente se manifiesta con una mala calidad de los desplazamientos de los volquetes, un exceso de polvo, un incremento en el desgaste y los daños en los neumáticos y, por consiguiente, en una pérdida de productividad debida al aumento de resistencia a la rodadura asociada con el deterioro de la superficie o, lo que es lo mismo, con la aparición de defectos en las pistas. Las especificaciones del diseño funcional están fundamentalmente dirigidas a la capa de rodadura. El material de la capa de rodadura. Es colocada sobre la capa base o sobre la capa de material estéril de rodadura seleccionada. Mediante un tractor de orugas o con una motoniveladora se extenderá uniformemente dicho material superficial

antes de ser compactado. La capa de rodadura debe tener un espesor uniforme por ejemplo de 200 mm, atreves de toda la anchura de la pista incluyendo los arcenes y las cunetas, que forman parte de la construcción de la misma. (Jimeno, Jimeno, Bermúdez, & Degea, 2014).

**a. Rugosidad, tracción y resistencia a la rodadura.**

La mayoría de las pistas mineras no se pavimentan, por lo que podrían denominarse pistas de tierra, siendo la selección, la aplicación y la conservación de las superficies de rodadura algunos de los factores críticos para el tráfico de los volquetes. El estado superficial de las pistas tiene una influencia significativa sobre el rendimiento a corto y a largo plazo de las pistas y sobre los costes de transporte. La rugosidad o irregularidades y la resistencia a la rodadura son dos factores críticos. Los baches, los blandones y las cárcavas producen fuerzas de impacto que son transferidas a todos los componentes de los volquetes. Dado que el hormigón y el conglomerado asfáltico son caros y, además, su reparación es costosa, las pistas mineras suelen estar construidas con áridos triturados en ocasiones se pueden utilizar estériles del recubrimiento del tipo graba que cumplan unas especificaciones mínimas de durabilidad, resistencia al desgaste y granulometría. Estos materiales no deben generar aguas acidas, es decir su contenido en sulfuros deben ser mínimas.

**Rugosidad de las pistas**

La rugosidad superficial de las pistas está provocada por la presencia de baches, corrugaciones, surcos o cárcavas, etc. Todos estos defectos de la capa de rodadura tienen un impacto negativo en la vida de los componentes de los volquetes incluido el bastidor, la suspensión, la transmisión y los neumáticos. Las fuerzas de impacto o esfuerzos transmitidos desde la superficie de rodadura a través de los componentes de los volquetes son proporcionales ala tara o peso bruto de dichas unidades, pero las magnitudes de estas fuerzas de impacto son proporcionales a cuadrado de la velocidad a la que los volquetes circulan sobre las citadas irregularidades. El desplazamiento de cualquier unidad de acarreo a una velocidad elevada sobre unas pistas con una

rugosidad excesiva provoca una fatiga estructural que afecta la vida de los chasis.

### **Tracción**

El coeficiente de tracción o tracción entre las superficies de rodadura y los neumáticos gobierna la posibilidad de que los vehículos deslicen. La resistencia a la rodadura es definida como la combinación de las fuerzas que un vehículo debe superar para desplazarse sobre una superficie determinada.

### **Resistencia a la rodadura**

Un parámetro característico de las pistas de transporte es su resistencia a la rodadura, i.e., la cantidad de esfuerzo de tracción que se requiere para superar el efecto retardador entre los neumáticos de un volquete y el terreno. La resistencia a la rodadura, se suele expresar en porcentaje de pendiente de la pista o en términos de fuerza resistente como un porcentaje de la masa del volquete. Para estimar la resistencia a la rodadura puede aplicarse la siguiente expresión empírica (Caterpillar, 1999):

$$RR(\%) = 2 \% + 0,6 \% \text{ por cada cm de penetración del neumático.}$$

#### **b. Selección de material de la capa de rodadura.**

En el entorno de cualquier explotación minera existen, habitualmente, una gran variedad de materiales susceptibles de ser aprovechados para formar la capa de rodadura de las pistas. A continuación, se comentan algunas características básicas de estos materiales. En general se debe evitar emplear áridos naturales procedentes de gravas, pues al tener una geometría redondeada las partículas no se entrelazarán entre sí fácilmente y tendrán a desprenderse dentro de la superficie de rodadura. En ocasiones se dispone de materiales estériles o residuos que son aprovechables para la construcción de las pistas y, en particular, de las capas de rodadura. El material más comúnmente utilizado en las capas de rodadura es la grava compactada o la mezcla de gravas naturales y otros áridos de machaqueo. Una expresión muy útil que determina la distribución vial de la granulometría para conseguir una buena compactación es la aportada por Talbot:

$$P = (d/D)^n$$

Siendo:

P = Porcentaje de material que pasa a través de un tamiz.

d = Diámetro de grano del material.

D = Diámetro del grano máximo.

N = Índice, p.e. entre 0,25 y 0,5.

### 2.2.3. Selección de materiales de construcción de las pistas

Los materiales que constituyen la capa o capas de un firme pueden ser de naturaleza muy diversa, pero en general proceden de los estériles de la propia explotación. Por otro lado, deben cumplir unas mayores exigencias cuanto más arriba se encuentren dentro de la sección estructural. En la gran mayoría de los casos la capa o capas de firme están formadas por materiales granulares sin ningún tipo de aglomerante siendo los materiales de las zonas superiores, con respecto a los de las zonas inferiores (sub base) de mayor dureza de granulometría más estricta, con menor contenido de finos, y menor plasticidad, etc. Normalmente en una explotación minera existen diversos tipos de estériles por lo que debe hacerse una selección de los más idóneos. (Jimeno, Jimeno, Bermúdez, & Degea, 2014).

Para ello pueden darse las recomendaciones siguientes:

- Los materiales angulosos son preferibles a los lajosos.
- Deben evitarse los estériles de naturaleza arcillosa o los contaminados con arcilla en proporción superior a un 10 %.
- El tamaño máximo de los estériles no debe superar el 70 % del espesor de la capa que se vaya a extender y compactar.
- Debe considerarse utilizar tiempos muertos de las instalaciones de machaqueo para corregir o mejorar la granulometría de los estériles.
- Cuando se disponga de diversos tipos de rocas la selección puede hacerse de acuerdo a la siguiente escala de calidad.
  - Diabasas, ofitas.
  - Calizas y dolomías.
  - Cuarzitas y pórfidos.
  - Corneadas y grauwacas.
  - Gabros.
  - Conglomerados y brechas.
  - Granitos, granodioritas y sienitas.
  - Andesitas, basaltos, fonolitas.
  - Areniscas cementadas.
  - Esquistos y pizarras metamórficas.
  - Macizos, molasas, samitas y rodenos.

- En principio no se consideran adecuadas las rocas siguientes.
- Areniscas poco sementadas y deleznales.
  - Marga calizas blandas.
  - Micacitas y filitas degradables.
  - Pizarras arcillosas.
  - Agilitas y limolitas.
  - Tobas calcáreas y caliches.
  - Anhidrita, yeso, así como cualquier tipo de roca que se desintegre espontáneamente a la intemperie o se desmenuce y degrade al ser compactada o bajo el paso de cargas.

### 2.2.3.1. Materiales granulares tipo macadam

Son materiales constituidos por un conjunto de estériles de granulometría discontinua que se obtienen extendiendo y compactando piedras gruesas de granulometría continua cuyos huecos se rellenan con un árido fino llamado recebo. Si el firme se revistiese, el recebo empleado en la base debería ser no plástico o en todo caso, con un índice de plasticidad menor a 6.

Tabla n.º 2. 3. Características de los materiales granulares a emplear tipo macadam.

		Elementos de machaqueo	Granulometría media	Coefficiente de desgaste los ángeles	Plasticidad
Capas de base	Árido grueso	100 %	30-50 mm	<35	-
	Árido fino	-	0,3-5 mm	-	Clima seco 0 < IP < 10 Clima húmedo 0 < IP < 6
Capas de subbase	Árido grueso	≥50 %	30-80 mm	<50	-
	Árido fino	-	0,3-5 mm	-	IP < 10

Fuente: Manual de transporte con volquetes y diseño de pistas.

### 2.2.3.2. Materiales granulares tipo zahorra

Son materiales formados por una mezcla de áridos de diversos tamaños en la que la granulometría del conjunto de los elementos que la componen es de tipo continuo. Para capas de base al árido grueso procederá del machaqueo de piedra en al menos un 75 %. Por otro lado, el coeficiente de desgaste del árido grueso medido por el ensayo de los ángeles será inferior a 35 en capas de base e inferior a 50 en capas de sub-base. En capas de sub-base el árido fino empleado tendrá en todos los casos, un índice de plasticidad menor de 10.

Tabla n.º 2. 4. Características de los materiales granulares a emplear tipo zahorra.

		Elementos de machaqueo	Granulometría media	Coefficiente de desgaste los ángeles	Plasticidad
Capas de base	Árido grueso	≥75 %	2-10 mm	<35	-
	Árido fino	-		-	Clima seco 0 < IP < 10 Clima húmedo 0 < IP < 6
Capas de subbase	Árido grueso	-	2,25 mm	<50	-
	Árido fino	-		-	IP < 10

Fuente: Manual de transporte con volquetes y diseño de pistas mineras.

### 2.2.3.3. Estabilizaciones

La estabilización de un material es un proceso que tiene por objetivo mejorar su resistencia a la deformación bajo carga, su durabilidad, su insensibilidad al agua, etc. De esta forma pueden utilizarse suelos de características marginales, como cemento del firme y materiales granulares de estabilidad insuficiente como capa de base o sub base.

#### **2.2.4. Evaluación de estados de las pistas**

Para proyectar adecuadamente la conservación de una pista debe conocerse en cada momento, de la forma más rigurosa posible, cual es el estado del firme. Debe, así mismo, establecerse una estrategia de conservación, en la que se expliciten los objetivos a conseguir y, en función de los mismos, determinar las soluciones de conservación idóneas. Finalmente, hay que proyectar la ejecución de las operaciones de conservación que se hayan considerado. La determinación del estado del firme, su diagnóstico, debe realizarse mediante datos obtenidos fundamentalmente, por inspección visual, consistente en una tipificación y localización de deterioros, que, a su vez, puede ser aislado y obedecer a causas puramente locales o presentarse de manera generalizada, indicando un deterioro producido por deficiencias estructurales de todo un tramo de pista. Los deterioros presentan distintos aspectos, por lo que es necesario diagnosticar las causas y proyectar sus reparaciones a partir de las mismas. (Jimeno, Jimeno, Bermúdez, & Degea, 2014).

##### **2.2.4.1. Baches**

Son cavidades en el afirmado provocadas por la pérdida de material del mismo, en la que los neumáticos penetran o caen violentamente.

##### **2.2.4.2. Blandones**

Se trata de zonas localizadas, generalmente mal drenadas, con materiales plásticos y deformables en las capas inferiores. En superficie aparecen deformaciones y desplazamientos laterales de los materiales con degradaciones importantes. Con humedad, al paso de los volquetes suele apreciarse el fenómeno denominado "colchoneo".

##### **2.2.4.3. Roderas**

Al hacerse o deformarse una o varias capas del firme al paso de los volquetes se forman unas ondulaciones transversales características, en forma de surcos paralelos al eje de la pista que reproducen la trayectoria más frecuente de los volquetes. Esas ondulaciones reciben el nombre de roderas.

##### **2.2.4.4. Firme ondulado**

En zonas en que los vehículos realizan importantes esfuerzos tangenciales sobre la superficie de la pista (zonas de frenado, curvas de muy pequeño radio, etc.), se producen deformaciones en forma de ondulaciones longitudinales cortas y continuas, semejantes a las que se producirían en una alfombra.

#### **2.2.4.5. Cárcavas**

Son acanalamientos, normalmente según las líneas de máxima pendiente, resultado del efecto erosivo del agua de escorrentía sobre la pista.

#### **2.2.4.6. Degradación de mordientes**

Consiste en la desintegración de los laterales del firme, por el efecto erosivo del agua y por la acción de los neumáticos del lado exterior de los volquetes. Se produce habitualmente en las curvas.

#### **2.2.4.7. Polvo**

Es consecuencia de la desintegración superficial de un firme con cohesión insuficiente por efecto del rozamiento de los neumáticos. La pérdida de material que supone puede ser también origen de la formación de roderas.

#### **2.2.4.8. Obstáculos sobre la superficie de rodadura**

Aunque no constituyen propiamente un deterioro en las pistas mineras son uno de los problemas más frecuentes de la operación de conservación.

### 2.2.5. Descripción de vías minera Yanacocha SRL.

Las vías internas están dispersas en todo el emplazamiento del centro minero Yanacocha. El mantenimiento de vías internas se realizará bajo la modalidad de niveles de servicio el cual encierra dos etapas la fase pre operativa y la fase operativa.

En la fase pre operativa se realizará por el contratista el programa de conservación vial, discriminando las vías en cuatro niveles, muy malo, malo, regular y bueno y definiendo las actividades por ejecutar para el mantenimiento. También está incluida en esta etapa la elaboración del inventario vial, gestión de cambio, plan de manejo ambiental y otros documentos requeridos para el inicio de las operaciones.

En la etapa operativa el contratista inicia las actividades de conservación vial donde se desarrollan el mantenimiento periódico y la conservación rutinaria, el control de estas actividades se verificará mediante inspecciones conjuntas para determinar los niveles de servicio. Son trabajos de esta fase la elaboración de Informes mensuales por parte del contratista y la atención de emergencias. Las vías que en la actualidad están recibiendo mantenimiento, divididas en las distintas áreas de la mina, son las siguientes:

Tabla n.º 2. 5. Vías de mantenimiento rutinario.

Zona	Tramo	Longitud (Km)	Categoría	Código actual
La quinua	Vía campamento operadores Km 37	1,00	B	1
	Vía del aglomerador	1,40	B	2
	Vía oficinas la quinua	1,68	B	3
	Vía paleosuelos	3,00	B	4
	Vía plataforma oficinas la quinua	0,40	B	5
Yanacocha	Vía pachacutec	1,30	B	6
	Vía fase 5	1,10	B	7
	Vía pasamayo	0,90	B	8
	Vía fase 0	2,00	B	9
Maqui maqui China linda	Vía planta maqui maqui	0,30	C	10
	Vía variante maqui maqui	3,30	C	11
Varios	Vía service road (vía de servicios)	13,00	B	12
	Vía maqui maqui – campamento conga	5,59	C	13
	Vía garita pongo – china linda	7,51	C	14
Longitud total = 42,48 Km				

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Tabla n.º 2. 6. Mantenimiento periódico.

Zona	Tramo	Longitud (Km)	Categoría	Código actual
La quinua	Vía campamento operadores Km 37	1,00	B	1
	Vía oficinas la quinua	1,68	B	3
	Vía paleosuelos	3,00	B	4
Yanacocha	Vía pachacutec	1,30	B	6
	Vía fase 0	2,00	B	9
Varios	Vía service road (vía de servicios)	13,00	B	12
Longitud total = 21,98 Km				

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Tabla n.º 2. 7. Clasificación de las pistas según su estado de conservación.

Evaluación total del tramo	Clasificación	Estado de conservación
0-1	A	Muy bueno
2-3	B	Bueno o aceptable
4-7	C	Regular
8-15	D	Malo o deficiente
≥16	E	Muy deficiente

Fuente: Manual de transporte con volquetes y diseño de pistas mineras.

Figura n.º 2. 5. Geometría de carretera afirmada.

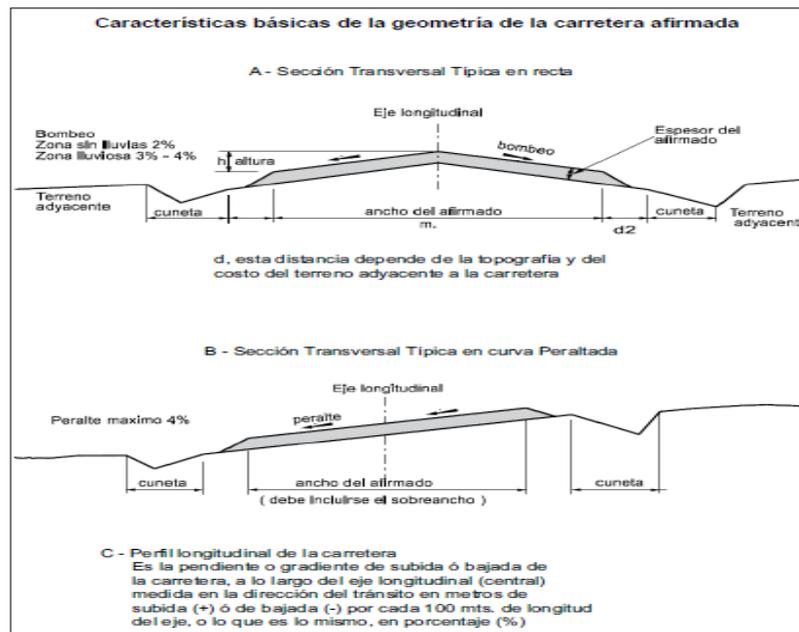


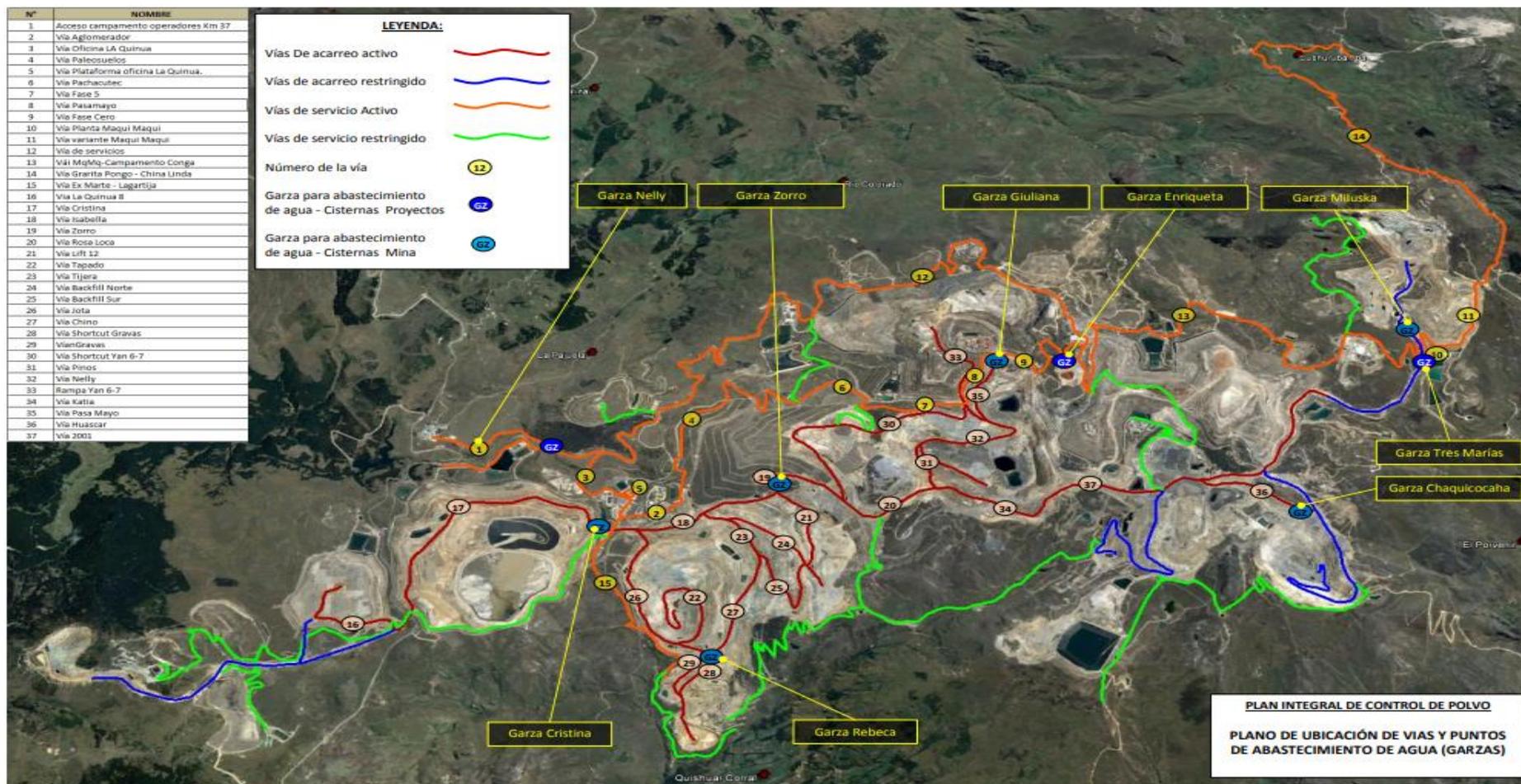
Tabla n.º 2. 8. Actividades de mantenimiento vial.

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD
<b>01.00</b>	<b>Obras de conservación rutinaria</b>	
<b>01.01</b>	<b>Obra de conservación rutinaria – superficie de rodadura</b>	
01.01.01	Perfilado (raspado).	Km
01.01.02	Reconformación de la plataforma existente (escarificado).	Km
01.01.03	Riego anti polvo y suministro de agua.	Km
	1.- Riego anti polvo y suministro de agua cisterna 9 000 galones.	Km
	2.- Riego anti polvo y suministro de agua cisterna 5 000 galones.	Km
01.01.04	Carguío y transporte de lastre D < 1km.	m <sup>3</sup>
01.01.05	Transporte de lastre o material similar D > 1km.	m <sup>3</sup> -Km
01.01.06	Compactación de capa de rodadura.	m <sup>2</sup>
01.01.07	Reposición de afirmado.	m <sup>3</sup>
<b>01.02</b>	<b>Obra de conservación rutinaria – drenaje</b>	
01.02.01	Limpieza de cunetas.	m
01.02.02	Limpieza de sedimentadoras	m <sup>3</sup>
01.02.03	Fuente: Minera Yanacocha SRL.	
01.02.04	Acarreo de sedimentos.	m <sup>3</sup> -Km
01.02.05	Empuje en depósito.	m <sup>3</sup>
01.02.06	Colocación de alcantarilla HDPE 18".	m
<b>01.03</b>	<b>Obra de conservación rutinaria – explanación de la vía</b>	
01.03.01	Limpieza de derrumbes.	m <sup>3</sup>
01.03.02	Reposición de bermas.	m
<b>01.04</b>	<b>Obra de conservación rutinaria – señalización y elementos de seguridad</b>	
01.04.01	Reposición de señales verticales.	Und.
01.04.02	Reposición de hitos kilométricos o postes referenciales.	Und.
<b>02.00</b>	<b>Obras de conservación periódica</b>	
<b>02.01</b>	<b>Obra de conservación periódica – superficie de rodadura</b>	
02.01.01	Reconformación de la capa de rodadura: incluye escarificado a profundidad total (espesor mínimo de 0,15m), reposición de material granular en toda la superficie del tramo, homogenización y reconformación de la capa de rodadura incluido bombeo, perfilado y compactación final.	Km

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

El mecanismo para determinar el estado de la vía y la medición del nivel de servicio es integral e involucrará la superficie de rodadura, peraltes, bombeo, reposiciones necesarias, cunetas, alcantarillas, letreros y limpieza de pozas sedimentadoras, los mismos que se determinaran en inspecciones semanales conjuntas. La determinación de los estados de la vía se realizará en tramos determinados por la supervisión MYSRL, en los tercios exteriores de cada carril

Figura n.º 2. 6. Principales puntos de abastecimiento de agua con cisterna.



Fuente: Minera Yanacocha SRL.

T  
Tabla n.º 2.  
9. Vías de  
servicios  
proyectos  
de capital  
sostenible.

Nº	Nombre	Longitud (Km)	Garza
1	Acceso campamento operadores Km 37	1	Garza Nelly
2	Vía aglomerador	1,400	Garza Nelly
3	Vía oficina la quinua	1,680	Garza Nelly
4	Vía paleosuelos	3,000	Garza Nelly
5	Vía plataforma oficina la quinua	0,400	Garza Nelly
6	Vía pachacutec	1,300	Garza Enriqueta
7	Vía fase 5	1,100	Garza Enriqueta
8	Vía pasamayo	0,900	Garza Enriqueta
9	Vía fase cero	2,000	Garza Enriqueta
10	Vía planta maqui maqui	0,300	Garza tres Marías
11	Vía variante maqui maqui	3,300	Garza tres Marías
12	Vía de servicios	13,000	Garza Nelly / Enriqueta
13	Vía mqmq - campamento conga	5,590	Garza tres Marías
14	Vía grarita pongo - china linda	7,510	Garza tres Marías
15	Vía ex marte - lagartija	1,750	Garza Nelly

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

La cantidad mínima de cisternas de acuerdo a la Tabla n.º2. 9. Se dimensiona la flota mínima de cisternas de agua para riego de vías. Actualmente se viene utilizando 3 cisternas de 9 000 galones y 4 cisternas de 5 000 galones.

### 2.2.6. Supresores de polvo

El riego de las pistas con agua es el procedimiento más común de lucha contra el polvo en las minas a cielo abierto. Sin embargo, no es necesariamente el método más efectivo en términos económicos para reducción de emisión de polvo, especialmente en aquellos lugares en el que el agua es un recurso escaso y la evaporización del agua es elevada. Un riego excesivo puede causar la erosión de la capa de rodadura, y si el material que lo constituye tiene un  $Sp$  muy elevado es muy probable que se formen baches (de 3 a 7 cm de diámetro). Aun no siendo esto problemático, esa situación de partid podrá incluir un deterioro acelerado de la capa de rodadura. Un sistema de riego más efectivo puede lograrse utilizando unos dispositivos fijos a modos de barras, que cuentan con aspersores y boquillas, montadas en las proximidades de las pistas, para conseguir un riego más uniforme, un hundimiento más liviano de las pistas (5,5 L /m<sup>2</sup>) que podría gobernarse mediante un sistema de placa de goteo. (Jimeno, Jimeno, Bértudez, & Degea, 2014).

Los resultados pueden mejorarse aún más por medio de la integración de la velocidad de los volquetes con un determinado caudal de agua, que prevenga un exceso de riego de las pistas, usando un patrón de aspersión intermitente en las pistas de por ejemplo de 50m en 50m y permitiendo que los neumáticos de los volquetes trasladen el agua de los tramos húmedos asía los tramos secos. Esto también mejora la seguridad en los tramos de las rampas, especialmente en los desplazamientos asía abajo que se efectúan a mayores velocidades, donde los volquetes utilizan los sistemas de retardación la razón para utilizar algunos aditivos es reducir la erosionabilidad de los materiales empleados incrementando la unión de las partículas.

Las fracciones más finas, aunque contribuyen a aumentar la cohesión, también generan grandes cantidades de polvo particularmente cuando están secas. La presencia de fracciones más gruesas ayudara a la reducción de la erosionabilidad de las partículas más finas, así como el humedecimiento de dichos materiales, pero solamente en la interface de la superficie y la acción de la erosión mecánica.

Esto constituye la base de las técnicas de supresión de polvo en las pistas mineras mediante el uso de agua. Por otro lado, el potencial de una actividad para generar polvo depende de diversos factores, entre hay que destacar los siguientes:

- Las acciones mecánicas involucradas.

- La cantidad de energía impartida al material.
- La escala y duración (frecuencia) de la actividad.

En el caso de las pistas mineras el paso de los volquetes da lugar a una emisión de polvo desde la superficie de rodadura debido a la turbulencia local que provocan los propios neumáticos que giran a alta velocidad y a la proyección física de las partículas por la acción de estos. Por todo lo indicado, la cantidad de polvo generado por un firme de una pista minera dependerá de:

- La velocidad de aire en la superficie de rodadura.
- La intensidad de tráfico o el número de vehículos que usan la pista.
- La distribución granulométrica de las pistas en la etapa de rodadura.
- El contenido de finos.
- Las condiciones climatológicas, particularmente la humedad, el número de días con lluvia, la evaporización media diaria y la dirección y la velocidad de los vientos dominantes.

Las consecuencias principales que acarrea la generación de polvo se resume en:

- Pérdida y degradación de los materiales de la capa de rodadura, las partículas más finas se pierden como polvo y las más gruesas con barridas de la superficie o generan un defecto funcional de resistencia al deslizamiento en seco.
- Disminución de la seguridad y aumento del potencial de accidentes para los usuarios de las pistas, debido a la reducción de las distancias de visibilidad, a la reducción local de la calidad de aire y a las condiciones de visión.
- Mayores costes de operación, debido a la penetración de polvo en los motores y en otros componentes de la maquinaria, que dan lugar a un desgaste prematuro y a una mayor frecuencia de mantenimiento.

Actualmente existen muchos productos en el mercado para reducir el polvo y las necesidades de mantenimiento de las pistas mineras. Sin embargo, es habitual encontrar solo algunas especificaciones de sus propiedades y no es fácil estudios completos y fiables que permitan llegar a unas conclusiones convincentes.

### 2.2.6.1. Tipos de supresores de polvo

#### **Agua**

La aplicación de agua como supresor de polvo es una solución de corto plazo y opera a partir de la aglomeración de partículas en la superficie. Dependiendo de la temperatura y humedad tiene una eficiencia relativa de rango acotado entre 30 minutos y 12 horas. El porcentaje de control de polvo del agua en caminos ha sido estimado en un 40 %. Su capacidad de controlar polvo decrece desde 100 % a 0 % en muy corto tiempo, especialmente si el clima es caluroso y seco. El agua es más eficiente donde el tránsito vehicular es limitado. Además, es un bien muy escaso en la industria minera. Por otra parte, no evita la elevación de partículas más finas que se generan, ya que el agua no encapsula el camino. A su vez, el sobre riego facilita la formación de barro, lo que dificulta la limpieza y mantenciones de equipos, genera erosión acelerada y determina mayores cortes en neumáticos Off-The-Road (OTR), ya que afila cantos de roca. logra controlar la humedad requerida; sin embargo, no forman una capa impermeable, con lo que su composición migra fácilmente del camino al ambiente, modificando la salinidad del suelo y pH del agua.

#### **Salas y cloruros**

Las sales más ampliamente usadas son el cloruro de magnesio ( $MgCl_2$ ) y el cloruro de calcio ( $CaCl_2$ ). Estas suprimen polvo a partir de la atracción de la humedad del ambiente. El cloruro de sodio ( $NaCl$ ) no es muy usado en regiones áridas, porque solo absorbe agua cuando la humedad excede el 75 %. El cloruro de calcio, en tanto, absorbe la humedad del ambiente en función de la humedad relativa y la temperatura del entorno. Es más efectivo en lugares que tienen alta humedad y bajas temperaturas; a 25 °C comienza a absorber agua al 29 % de humedad relativa y a 38 °C al 20 %. El cloruro de magnesio, por su parte, incrementa la tensión superficial y genera una superficie más dura que el cloruro de sodio cuando se seca. Sin embargo, requiere un mínimo de 32 % de humedad para absorber el agua ambiental, independiente de la temperatura, con lo que genera una superficie inestable ante la presencia de agua. Comparadas con el agua, las sales son más eficientes en el control de polvo.

#### **Polímeros sintéticos**

Las propiedades adhesivas de los polímeros sintéticos promueven la ligazón de las partículas del suelo. Estos polímeros pueden fortalecer la superficie del camino, aumentando la tensión de rotura en 10 veces, lo que en clima seco

permite mantener su densidad compactada. Sin embargo, tienden a fallar en presencia de agua, neblina o temperaturas bajo cero, ya que se congelan o resquebrajan al no tener la flexibilidad suficiente. En general, los polímeros compactan eficientemente, pero no impiden la generación de polvo, al saturarse la superficie donde han sido aplicados.

#### **Productos orgánicos no bituminosos**

Los lignosulfonatos actúan como cementante, ligando las partículas del suelo entre sí. Tienden a mantener la plasticidad, permitiendo la compactación del suelo cuando son aplicados en caminos con alto contenido de arcilla. La eficiencia y superficie de los lignosulfonatos puede ser reducida o completamente destruida en presencia de lluvia. Estos productos escurren por la solubilidad que poseen en agua. No logran formar una superficie hidrorrepelente.

Los aceites vegetales son generalmente una mezcla de glicéridos y provienen de semillas y/o frutos. Algunos ejemplos de aceites vegetales son: canola, soya, semilla de algodón. Actúan originando la aglomeración de las partículas de suelo, creando una suave costra sobre la superficie, pero su eficiencia es de corto plazo. Las melazas o productos derivados de la caña de azúcar ligan temporalmente las partículas de suelo. Para su permanencia es necesario realizar aplicaciones constantes, principalmente porque son hidrosolubles. El producto se ve afectado por la humedad ambiental y la presencia de lluvia.

#### **Productos bituminosos**

En este grupo se incluyen los asfaltos cortados y emulsiones asfálticas, entre otros. Aglomeran partículas finas, generalmente formando una superficie que mantiene las partículas de suelo en su lugar. Encapsulan y estabilizan la superficie de rodado, obteniendo una eficiente respuesta, similar al pavimento, con propiedades de visibilidad y seguridad como las de caminos asfaltados. Bajo condiciones adecuadas de suelo y material de relleno, esta solución puede mantener un camino de vehículos livianos estabilizado y encapsulado por más de un año. Son productos muy resistentes, insolubles en agua, sin presentar evaporación. Generalmente resisten el rodado y poseen un alto punto de tensión de rotura, traspasando la fortaleza de la base a su superficie. Existen emulsiones asfálticas que se complementan con aglomerantes y emulsificantes, los cuales son pieza clave en su eficacia, ya que impiden en casos particulares la lixiviación del agente bituminoso, pues no todos los tipos de suelo compactan de la misma manera. Las emulsiones de alto contenido bituminoso (sobre 50 %) forman una carpeta altamente

resistente a la carga y rodado, de gran adherencia e hidrorrepelente, no siendo resbaladiza ante la presencia de agua o humedad.

#### **Productos electroquímicos**

Estos supresores son usualmente derivados de petróleo sulfonado y productos altamente iónicos. Se incluyen en este grupo los aceites sulfonados, enzimas y cloruro de amonio. Los estabilizadores electroquímicos trabajan expulsando el agua adsorbida por el suelo, disminuyendo las burbujas de aire, incrementando la compactación del suelo. Dependen fuertemente de la composición mineral del suelo y arcilla, por lo que son efectivos ante la presencia de ciertos minerales específicos.

(Por Ramón Rada J. y Ricardo Cruz M, 2013).

Tabla n.º 2. 10. Eficacia, impacto ambiental y efecto funcional de supresores de polvo.

Eficacia, impacto ambiental y efecto funcional de supresores de polvo		
Tipo de Supresor	Eficacia en control de polvo e impacto ambiental	Efecto funcional sobre operación
Agua	50 % (2 l/m <sup>2</sup> mes) Lixivia componentes del suelo. Zonas áridas de alta salinidad cambian pH de napas subterráneas.	Recurso escaso. Sobre riego daña neumáticos OTR. Permite circulación inmediata. Genera barro.
Cloruro de Calcio	Cloruro de calcio 55 %	Corrosión de vehículos, infraestructura vial y hormigón. Superficies resbaladizas cuando se humedecen (higroscópicos). Seca gomas, caucho y revestimientos en equipos. No es complementario con riego de agua para controlar polvo.
Cloruro de Magnesio	Cloruro de magnesio 77 % Contaminación de napas subterráneas por cloruro arrastrado por el agua a través del suelo. Altamente solubles. Modifican pH y salinidad del medio acuoso. Alta concentración salina puede ser tóxica para las plantas y seres vivos. Concentración por sobre los 400 ppm es tóxica para ciertas especies de peces, y sobre los 1,830 mg/l es mortal para microorganismos y crustáceos.	
No bituminosos (Lignosulfonato)	63 %. 7,300 mg/l afecta peces y 2,500 mg/l puede afectar colon en roedores. Produce ulceración y pérdida de peso en animales pequeños. Reducción de la actividad biológica en el agua, debido a la contaminación por lignosulfonatos.	Con baja humedad y alta temperatura es más efectivo que cloruros. Mancha equipos y vehículos durante su aplicación.
No bituminosos (Aceites vegetales y melazas)	84 %. Reducción de la actividad biológica producto de la decoloración del agua.	Mayoritariamente son higroscópicos. Se lavan con el agua y no impermeabilizan el camino.
Orgánicos bituminosos (Emulsión asfáltica)	95% Gran capacidad impermeabilizante.	Considerado supresor de larga duración. Mancha vehículos durante aplicación. Alta resistencia al rodado y tensión de carga. Reduce ciclos de riego y permite reparación del camino sobre riego.
Polímeros sintéticos	40 - 50 %. Incrementa la fuerza de tracción del suelo. Fuerza depende de un tiempo de curado.	No permite circulación inmediata.
Emulsión con polímero (promedio)	Inicial 96 %, 3 meses 84 %, Después de 11 meses 67 %	No soporta alto tonelaje.
Estabilizador de suelo biocatalítico	Inicial 33 %, después de 3 meses 0 % La vegetación no se restablece en áreas tratadas.	Solo compacta. No permite reparación ni replicación. Se debe rehacer una vez saturado o combinar con otro supresor.

Fuente: (Por Ramón Rada J. y Ricardo Cruz M, 2013)

## **2.2.7. Supresores aplicados en minera Yanacocha**

### **2.2.7.1. Dasaut**

Es un estabilizante y aglomerante de polvo fugitivo (es el polvo que se levanta muy fácilmente con el paso de vehículos y vientos suaves) que debido a su adherencia lo aglomera en gránulos o pequeñas placas, evitando su movimiento hacia las plantaciones, fábricas o viviendas.

Es orgánico y no tiene restricciones de uso porque es una dispersión de polisacáridos de alto peso molecular disuelto en agua acidificada con ácidos orgánicos grado alimenticio aprobados por Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) y Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Los supresores de polvo comunes tales como cloruro de magnesio y cloruro de calcio, han sido utilizados para combatir el polvo en las industrias de construcción de carreteras y de la minería durante décadas. Con el tiempo, la flora y la fauna que están próximos a la aplicación de estos productos, se ven afectados negativamente por el escurrimiento o por el exceso de pulverización del material. Dasaut no es un polímero artificial que se degrada en 100 años. Dasaut es un polímero natural que se degrada en 180 días y no tiene efectos negativos en el medio ambiente.

#### **2.2.2.1.1. Composición**

- Polisacárido ácido polimerizado
- Ácidos orgánicos USP
- Agua

#### **2.2.2.1.2. Almacenaje**

Almacenar en condiciones normales ambientales. Soporta temperaturas de 0° C hasta 80° C.

#### **2.2.2.1.3. Uso y dosis**

La dosis depende de la granulometría del material y de la humedad del ambiente. La dosis promedio es de 1 a 2 ml (0.1 % a 0.2 %) de dasaut disuelto en 1 litro de agua. De esta solución utilizar 1 litro por m<sup>2</sup> de superficie.

#### **2.2.2.1.4. En taludes**

1 ml de dasaut por litro de agua por m<sup>2</sup> cada 15 días.

#### **2.2.2.1.5. En vías de acarreo de material**

1 ml a 2 ml de dasaut por litro de agua por m<sup>2</sup>, 10 aplicaciones por mes en promedio, pudiendo ser mayor o menor la frecuencia de acuerdo a la circulación de vehículos.

#### **2.2.2.1.6. En vías agrícolas**

1 ml de dasaut por litro de agua por m<sup>2</sup> 4 aplicaciones al mes. El uso de este producto no afecta al cultivo.

#### **2.2.2.1.7. En fajas transportadoras**

1 a 2 ml de dasaut m<sup>2</sup> disuelto en la cantidad de agua que normalmente agregan.

#### **2.2.2.1.8. En pilas de diferentes minerales**

2 ml de dasaut por litro de agua por m<sup>2</sup>.

#### **2.2.2.1.9. Ventajas**

- Es soluble en agua salada.
- Es amigable con el medio ambiente.
- No es lavado por la lluvia.
- No se adhiere a las llantas.
- No contiene cloruro de calcio
- No contiene derivados de petróleo
- No obstruye las boquillas de los atomizadores.
- No ocasiona que los camiones derrapen (que resbalen los camiones)

(INVETISA, 2018)

### 2.2.7.2. DI10 plus

DI10 plus es un producto único en el mercado, diseñado exclusivamente para ser usado como supresor de polvo en caminos granulares de tierra. Al ser producido a partir de resinas vegetales, hace que su propiedad biodegradable sea la opción más amigable, económica y versátil para el control de partículas de polvo en este tipo de terrenos.

#### 2.2.2.2.1. Forma de actuar

La interacción del dl10 plus con las partículas de suelo, forman una mezcla compleja que actúa como una microcapa de rodadura, con excelentes propiedades viscoelásticas, resistente a variaciones de temperatura extrema. Dosificación estimada entre 0,2 % - 0,4 % v/v. tiene unos rangos de temperatura de soporte de -28 °C a 58 °C.

#### 2.2.2.2.2. Beneficios

DI10 plus y su aditivo polimérico vegetal reemplaza al ineficiente, costoso y permanente sistema tradicional: el riego de agua. Ahorro en costos: menor consumo de agua, así como en cierres de vías, combustible del camión cisterna entre otros.

#### 2.2.2.2.3. Beneficio en prueba de frenado

El tratamiento con dl10 plus representa una disminución muy importante de la emisión de material particulado (PM10), durante la operación de los camiones. De las pruebas de frenado realizadas se obtuvieron menores distancias de frenado en comparación con agua.

Tabla n.º 2. 11. Pruebas de frenado.

Velocidad(Km/h)	Distancia de frenado(m)	
	Agua	DL10 Plus
30	33	25

Fuente: (MULTINSA, 2018)

#### **2.2.2.2.4. Protocolo de aplicación**

El objetivo es determinar la dosis óptima de acuerdo a las condiciones y a las propiedades físico-químicas del terreno.

- Visita a la mina.
- Aplicación y toma de muestras.
- Análisis fisicoquímico del material.
- Formulación.

(MULTINSA, 2018)

### **2.2.7.3. Knockout dustply**

Es un producto innovador utilizado como un supresor de polvo en vías no pavimentadas 100 % biodegradable: no es tóxico y no tiene efectos negativos sobre el medio ambiente. Knockout dustply es una solución ecológica biodegradable basada en plantas para el control del polvo. Se fabrica a partir de derivados a base de plantas y se utiliza en muchos productos de belleza, como cosméticos, lociones para el cuidado de la piel y fragancias de todo el mundo. Knockout dustply crea una unión con las partículas que a su vez protege contra el polvo potencialmente dañino en el rango de pm 2,5 y pm 10.

#### **2.2.2.3.1. Forma de actuar**

Knockout dustply es un supresor de polvo ecológico, no tóxico, biodegradable y de alta resistencia. Antes de la aplicación, knockout dustply se mezcla con agua formando una solución clara. Cuando esta solución es aplicada, se adhiere fuertemente a las partículas del suelo controlando efectivamente el polvo fugitivo.

#### **2.2.2.3.2. Beneficios**

- No se necesita agitar.
- Se adhiere a las partículas del suelo previniendo el polvo fugitivo.
- No tóxico pasa la prueba de toxicidad aguda (EPA-821-R-02-012).

#### **2.2.2.3.3. Donde utilizar**

- Carreteras y caminos sin pavimentar.
- Zonas de construcción.
- Aeródromos / helipuerto.
- Minas y vagones carboneros.
- En cualquier lugar donde haya polvo fugitivo

#### **2.2.2.3.4. Ratios de aplicación recomendada**

El objetivo es determinar la dosis óptima de acuerdo a las condiciones del control de polvo/áreas de tráfico pesado a largo plazo 1:4 (knockout dustply: agua) se requiere humedecer el suelo previamente.

#### **2.2.2.3.5. Embalaje y almacenamiento**

- Bolsa de 270 galones.
- Guarde este producto en un lugar fresco y con sombra.

(TDM, 2018).



### **2.2.8. Polvo**

La real academia de la lengua española señala que el polvo es un residuo que queda de otras cosas sólidas, moliéndolas hasta reducirlas a partes muy menudas. El polvo se compone de partículas sólidas, cuya granulometría varía entre 1 a 1 000 micrones, presentes en la atmósfera que se derivan de varias fuentes, tales como: el polvo del suelo levantado por el viento, erupciones volcánicas y la contaminación. El polvo en los hogares, oficinas y otros ambientes humanos contiene pequeñas cantidades de polen de las plantas, pelos humanos y animales, fibras textiles, fibras de papel, los minerales del suelo al aire libre, las células de piel humana, y muchos otros materiales que se pueden encontrar en el entorno local. (VERA, 2016).

#### **2.2.8.1. Polvo en mina**

El polvo es un elemento presente en todo proyecto minero y sus operaciones. Controlar este aspecto, permite alcanzar una mejor calidad de vida de los trabajadores, operadores y las comunidades que están en el entorno a la faena, así como prevenir enfermedades respiratorias, pulmonares y oculares en general. Debido a la importancia de este ámbito, hay diversas soluciones que buscan responder de mejor forma al problema. Servicios integrales de control de polvo y mantención de caminos y monitoreo ambiental, son algunas alternativas.

Tan común como la diversa maquinaria utilizada en operaciones mineras, es el polvo que se genera en todos los proyectos. Y es que uno de los desafíos permanentes se relaciona precisamente con el control de este elemento, producido por diversas fuentes, como, por ejemplo, en los caminos existentes al interior de la mina, donde circulan tanto vehículos de alto tonelaje cargados con material, como otros menores. Debido al alcance tanto de salud como de seguridad, el control de polvo es un aspecto que las empresas mineras han ido cuidando cada vez más, pues permite disminuir los riesgos de enfermedades respiratorias, mejora la visibilidad en los caminos y, por tanto, entrega mayor seguridad para los vehículos, así como cuidado y consideración con las comunidades cercanas, que pueden verse afectadas por el polvo de los caminos de acceso o por el polvo que el viento levanta desde las laderas de los cerros.

Una de las soluciones tradicionales a este problema es el riego con agua de forma permanente mediante el uso de camiones aljibe; sin embargo y de acuerdo a algunos expertos consultados, tiene la desventaja de ser costosa (el agua en el norte es escasa y cara) y no siempre alcanza la eficiencia que se necesita. Es así como en la actualidad y gracias al desarrollo de tecnologías de control de polvo, se pueden ver en el mercado productos que se aplican de manera tecnificada y mediante pautas específicas, todo ello asociado a un monitoreo permanente del material particulado.

Las innovaciones relacionadas con el control de polvo están en lograr adaptar los productos a las características del suelo y agua, los equipos a las dimensiones del desafío y la logística a la realidad del territorio. “Nuestras faenas en general trabajan con agua y suelos muy ácidos y con temperaturas extremas. No cualquier producto logra el objetivo”, cuenta Ramón Rada, gerente general de Dust A Side Chile y Director del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile (IIMCh), agregando que la utilización del agua es un tema complejo, ya que es un insumo cada vez más escaso y caro para la minería y las empresas están buscando soluciones más eficientes y sustentables. “En Chile, Dust A Side ha logrado importantes resultados al interior de algunas faenas mineras, por ejemplo, en reducción en más de 90% el consumo de agua en caminos mineros y forestales, eliminando accidentes por resbalamiento.

(Tendencias: Control de polvo en minería, 2018, pág. 1).

Las partículas más pequeñas son las más peligrosas: permanecen más tiempo en el aire y pueden penetrar hasta los lugares más profundos de los bronquios.

Tabla n.º 2. 12. Tamaño de partículas de polvo.

Tamaño de las partículas	Capacidad de penetración pulmonar
≥ 50 micras	No pueden inhalarse
10 - 50 micras	Retención en nariz y garganta
≤ 5 micras	Penetran hasta el alveolo pulmonar

Fuente: Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería.

Factores que determinan la peligrosidad del polvo

- La composición química o mineralógica.
- La concentración expresada en millones de partículas por pie cubico de aire (mppc) o miligramos por metro cubico (mg/m<sup>3</sup>).
- Tamaño de partículas, en micrones (1 mm = 1 000 μ)
- Tiempo de exposición.
- Susceptibilidad personal.

Factores que determinan la peligrosidad del polvo

- La composición química o mineralógica.
- La concentración expresada en millones de partículas por pie cubico de aire (mppc) o miligramos por metro cubico ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).
- Tamaño de partículas, en micrones ( $1 \text{ mm} = 1\,000 \mu$ )
- Tiempo de exposición.
- Susceptibilidad personal.

Estas emisiones a la atmósfera de polvo proceden de distintas fuentes:

**Voladura y arranque.** Es una fuente muy importante de este contaminante, puesto que normalmente se lleva acabo sobre roca seca, lo que facilita aún más el desprendimiento del polvo.

**Carga.** En este caso es más sencillo de evitar o controlar, puesto que durante el proceso se puede proceder al regado del material.

**Transporte.** Si se realiza mediante cinta transportadora el viento podrá levantar y arrastrar un volumen significativo de polvo, si no se evita mediante el humedecimiento del material trasportado, o utilizando cintas cerradas. Si el transporte es en vehículos se puede producir una doble misión de polvo: la relacionada con el escape de polvo procedente de la propia carga, y el polvo levantado durante la rodadura del vehículo. Ambos son relativamente sencillos de controlar, en un caso recubriendo la carga, en el otro regando las pistas de rodadura.

**Molienda.** Es otra de las fuentes más importantes de este elemento, puesto que como el arranque (voladura de roca) por lo general se realiza en seco. Por otra parte, se puede llevar a cabo dentro de edificaciones realizadas al efecto, lo que permite evitar la dispersión generalizada de polvo que se genera.

**Disposición en escombreras.** El volcado del estéril (u otros productos) en escombreras produce una emisión inmediata, durante el propio proceso de descarga, y un riesgo potencial de emisión, si la escombrera no se trata de alguna forma para prevenir que el viento levante polvo de la misma.

**Metalurgia.** El tratamiento metalúrgico de menas puede llevarse acabo de distintas maneras, siendo las más comunes la pirometalurgia (descomposición térmica de los minerales o tostación) y la hidrometalurgia (descomposición del mineral en medio acuoso, mediante reactivos específicos que permiten la separación del elemento de interés minero). En el primer caso se suele emitir a la atmósfera gases y partículas, mientras que en el segundo caso las emisiones pueden ser de aerosoles que contienen reactivos más o menos tóxicos (e.g. cianuro, ácido sulfúrico), y se puede levantar polvo de las pilas de lixiviación. El particulado emitido por las chimeneas puede ser muy importante en algunos casos.

**Vías de tránsito.** Debido al constante paso de todo tipo de maquinaria por las vías principales generando un gran levantamiento de polvo producto de la mezcla de partículas procedentes del yacimiento y las procedentes de la pista.

**Fajas transportadoras.** Debido a que su eficiencia depende de las propiedades del material, es muy usado para el transporte de material chancado, siendo uno de sus principales problemas, atoros, derrames de material, el control de la velocidad, ocasionando muchos problemas en la generación de polvo.

**Planta de procesos.** Genera polvo a niveles bajos en la mayoría de las etapas del proceso. El control de polvo dependerá principalmente de mantener limpias las carreteras, humedeciéndoles y el manejo de las materias primas al máximo.

**Puntos de transferencia.** Además de lograr su cometido principal, que es la transferencia del mineral. También presenta problemas con derrames y por lo tanto con la generación de polvo en las áreas de manipulación.

**Chancado.** Uno de los más importantes desafíos en el uso de equipos de chancado en las faenas es la generación de polvo como consecuencia del proceso de trituración del mineral.

(Urteaga, 2016).

### 2.2.9. Impacto de la generación de polvo

Las características del polvo que afectan son fundamentalmente la composición y la granulometría. La composición afecta porque determinados minerales contienen metales que a su vez pueden tener efectos tóxicos. Por otra parte, la granulometría es muy importante puesto que las partículas de polvo de tamaño inferior a 10 micras (denominadas PM 10) entran en el sistema respiratorio alcanzando los pulmones, donde pueden quedar acumuladas y generar grandes daños al sistema respiratorio (e.g. silicosis). Las partículas menores de 2,5 micras (denominadas PM 2,5) son aún más peligrosas, ya que se mantienen en suspensión en el aire, lo que permiten que se desplacen muy largas distancias. (Urteaga, 2016).

#### 2.2.9.1. Enfermedades ocasionadas por la inhalación de polvo

El daño en los pulmones debido al polvo mineral y de las rocas es un problema gravísimo. Ya sea que uno trabaja bajo tierra o encima de ella puede desarrollar daño pulmonar si:

- el polvo cubre su ropa, cuerpo y equipo cuando trabaja.
- tiene mucha tos y dificultad en respirar.

Una vez que el polvo ha dañado los pulmones, no hay una forma de revertir el daño. El polvo es una amenaza tanto para los mineros como para las comunidades cercanas a la mina. Los polvos más peligrosos son el polvo de carbón, que ocasiona la enfermedad del pulmón negro (neumoconiosis) y el polvo de sílice que causa la silicosis. El polvo que contiene asbesto o metales pesados es también peligroso.

Señas de daño del pulmón. El polvo de las minas puede dificultar la respiración. Grandes cantidades de polvo pueden hacer que los pulmones se llenen con fluido y se hinchen. Las señas del daño del pulmón debido al polvo incluyen:

- dificultad para respirar, tos, silbidos
- tos con esputo verde o amarillo (moco que proviene de los pulmones)
- dolor de garganta
- piel azulada de las orejas o labios
- fiebre
- dolor de pecho
- pérdida de apetito
- cansancio

Las enfermedades del pulmón negro y silicosis, así como asbestosis, son enfermedades graves que no tienen cura. Es mejor evitar la exposición al polvo dañino. Debido a que estas enfermedades empeoran muy rápido, en el momento que se presentan las señas todo lo que se puede hacer es evitar que ésta empeore. Si tiene alguna de las señas de arriba, o se ha expuesto a estos tipos de polvo, consulte con un promotor de salud inmediatamente. Debido a que fumar aumenta en gran medida el riesgo de daño de pulmón por el polvo, es particularmente importante que los mineros no fumen tabaco.

**a. Enfermedad de pulmón negro y silicosis.**

El pulmón negro se desarrolla porque el polvo del carbón bloquea los pulmones, ocasionando problemas respiratorios graves y permanentes. Los trabajadores mineros que explotan bajo tierra y los niños y mujeres que trabajan separando las piedras del carbón son los más afectados por la enfermedad de pulmón negro. La causa de la silicosis es la exposición al polvo de sílice. La sílice es un mineral común liberado de la arena y de las rocas durante la explotación minera, exponiendo a muchos mineros a un daño permanente.

**b. Problemas relacionados.**

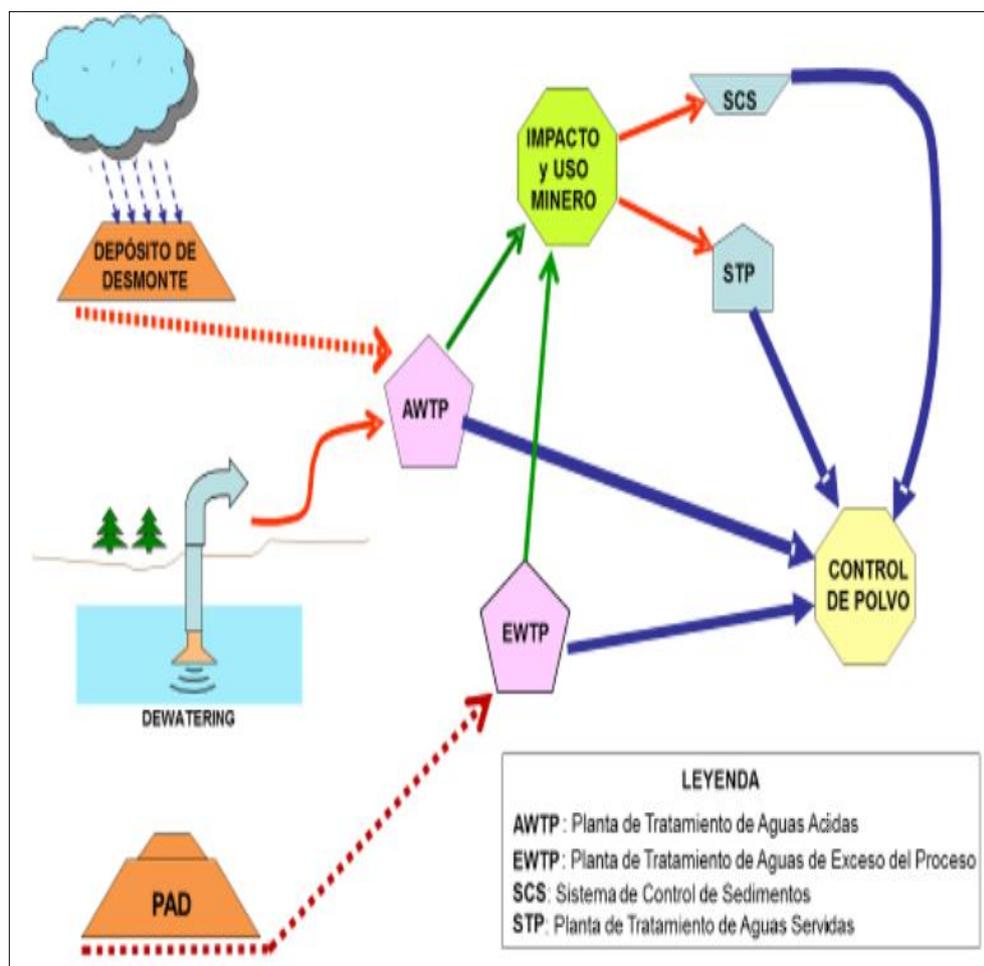
Las personas que sufren del pulmón negro o silicosis corren mayor riesgo de adquirir otros problemas de salud, tales como:

- Tuberculosis.
- Bronquitis crónica.
- Enfermedad del corazón.
- Cáncer de pulmón
- Neumonía
- Asma
- Artritis reumatoide
- Lupus
- Fiebre reumática
- Arteriosclerosis

(Hesperian, 2011).

#### 2.2.10. Plan de control de polvo minera Yanacocha SRL.

Figura n.º 2. 7. Ruta del agua para control de polvo.



Para mitigar o disminuir la generación de polvo, se empleará 3 cisternas de agua no potable con capacidad de 9 000 galones y 4 cisterna de 5 000 galones, para el riego de vías y áreas con un gran potencial de generación de polvo. Se tendrá siempre presente el no abastecimiento de agua no potable de fuentes de aguas comunales, o aguas no autorizadas para tal fin. La frecuencia de riego de vías será en base a las condiciones climatológicas, en días lluviosos nos limitaremos al riego de vías.

Todas las vías existentes en minera Yanacocha han sido construidas con materiales propios, producto del minado o con materiales de las canteras para relleno y lastre de vías; en consecuencia, es usual que se genere polvo debido al tránsito de los diferentes equipos de carguío y acarreo y/o cualquier otro tipo de vehículo que transita por las diferentes áreas de la operación.

La más importante medida adoptada para mitigar la generación de polvo, es el riego con agua no potable de las diferentes vías. Este proceso de riego demanda el uso de agua, que se ve incrementado durante la época seca del año (mayo a octubre). Debido a que los puntos de agua superficial autorizados para abastecimiento de agua para riego en la época seca disminuyen su volumen, se viene usando como principal fuente de agua para el riego de vías, el excedente de agua que se genera en las plantas de tratamiento AWTP y EWTP. Además, se tiene proyectado utilizar para riego de vías (accesos interior tajo) el agua superficial y de dewatering que es almacenada en pozas temporales en el interior de los tajos, de estas pozas se extraerá el agua para conducir las hacia las garzas.

#### **2.2.10.1** Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Tener un eficiente control del polvo que se genera en MYSRL, debido a las operaciones de minado (carguío y acarreo, tránsito de vehículos livianos y pesados y fuertes vientos), en concordancia con las regulaciones aplicables vigentes y las regulaciones ambientales de MYSRL, con la finalidad de evitar o prevenir efectos adversos al medio ambiente (flora y fauna) y la salud humana de los empleados y las comunidades vecinas.

#### **2.2.10.2. Plan de gestión de polvo**

Minera Yanacocha cuenta con un plan integral de control de polvo el cual es actualizado cada año. El plan de control de polvo considera:

- Facilidades para el riego de vías (ubicación de garzas en puntos estratégicos para el abastecimiento de las cisternas).
- Equipos cisternas para realizar el riego.

- Uso de aditivos.
- Demandas y oferta de agua.

El área que tiene a su cargo la mayor cantidad de área de vías por controlar es operaciones mina; en esta área además del control de polvo mediante riego y aditivos se ha definido:

- Reducir la velocidad de los camiones, cuando la vía e encuentra sin riego.
- Parar o reasignar las flotas de acarreo hasta controlar la generación de polvo.

Como parte complementaria pero relacionada al plan de control de polvos, se continuará el cierre y/o restricción de las vías en desuso o uso esporádico.

### **2.2.10.3. Área que requieren hacer control de polvo**

El plan involucra a las siguientes áreas:

- Área de operaciones mina carguío y acarreo.
- Área de proyectos capital sostenible.
- Área de geología.

### **2.3. Hipótesis**

El supresor de polvo más factible para la mitigación de material particulado en vías es el dl10 plus Yanacocha 2018.

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Operacionalización de variables

Tabla n.º 3. 1. Operacionalización de las Variables a estudiar.

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Supresores de polvo.</b>	Variable independiente	Son estabilizadores y aglomeradores de polvo fugitivo que debido a su adherencia lo aglomera en gránulos o pequeñas placas, evitando su movimiento hacia las plantaciones, fábricas o viviendas.	Ratio de adición	ml/l
			Mezcla de agua / supresor	ml de supresor cargado en cisterna y pH
			Ratio de riego	ml/m <sup>2</sup>
<b>Material particulado.</b>	Variable dependiente	Mezcla de partículas sólidas y líquidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran suspendidas en el aire.	Polvo generado	PM 2,5 - PM 10
			Tiempo de degradación en climas variados (sol, nublados, etc.)	días
			Costo	US\$/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Experimental, porque se realiza una modificación a la variable independiente.

**Diseño de investigación:** Cuasi experimental.

Según Hernández, R., Fernández, C., & Baptista., P. (2010.), los diseños cuasiexperimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, solo que difieren de los experimentos "puros" en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En los diseños cuasiexperimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, si no que dichos grupos ya están formados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se formaron es independiente o aparte del experimento).

Tipo: diseño de post prueba únicamente y grupo de control

G <sub>1</sub>	X	O <sub>1</sub>
G <sub>2</sub>	-	O <sub>2</sub>
G <sub>3</sub>	Y	O <sub>3</sub>

G <sub>1</sub>	:	Vía pasamayo.
G <sub>2</sub>	:	Vía oficinas la quinua.
G <sub>3</sub>	:	Vía ex marte
X	:	Aplicación de la disolución de agua y dasaut.
-	:	Aplicación de la disolución de agua y dl10 plus.
Y	:	Aplicación de la disolución de agua y knockout dustply.
O <sub>1</sub>	:	Observación n° 1 (Tratamiento): nivel de polvo medido
O <sub>2</sub>	:	Observación n° 2 (Tratamiento) nivel de polvo medido
O <sub>3</sub>	:	Observación n° 3 (Tratamiento) nivel de polvo medido

### 3.3. Unidad de estudio

Tres kilómetros de vías no pavimentadas de minera Yanacocha.

### 3.4. Población

Todas las vías no pavimentadas de minera Yanacocha.

### 3.5. Muestra (muestreo o selección)

Vía pasamayo (fase 5 hasta el taller de mantenimiento T-2), Vía oficinas la quinua y Vía ex marte.

### 3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

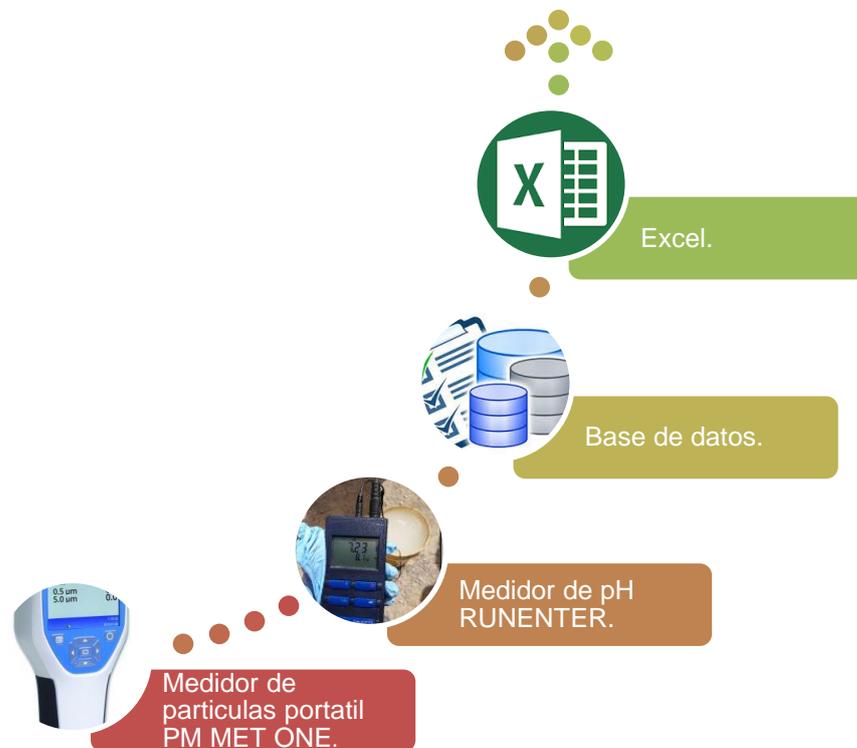
#### 3.6.1. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos para dasaut.

Para la obtención de la información se realizó la prueba con el supresor dasaut en la vía pasamayo, teniendo en cuenta la dosis establecida en su ficha técnica como se puede observar en el anexo n.º 1. Con la debida seguridad del caso. Y tomando las siguientes consideraciones generales.

- ✓ Mil metros de vía no pavimentada (pasamayo).
- ✓ Ancho de vía 8 metros.
- ✓ En una longitud de 1 000 metros.
- ✓ Área de 8 000 m<sup>2</sup>.
- ✓ Temperatura de 5 ° C a 12 °C.
- ✓ Velocidad de viento de 15 a 21 km/h.
- ✓ Humedad relativa 52 %.

En oficina, para la recopilación de información del supresor dasaut se siguió un proceso minucioso con soporte del software excel, y con supervisión de alguna manera del jefe de área de proyectos de capitales.

Figura n.º 3. 1. Procedimiento de análisis de datos para obtener los resultados.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla n.º 3. 2. Factores puntuales de cada programa para la obtención

<b>MEDIDOR DE PARTICULAS PORTATIL PM MET ONE</b>	<b>MEDIDOR DE pH RUNENTER</b>	<b>BASE DE DATOS</b>	<b>EXCEL</b>
Instrumento de medición	Instrumento de medición	Base de datos	Software
PM 2.5 a PM 10	Acido, neutro y alcalino	Recopilación de información	Obtención de resultados

correcta de los resultados.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.1.1. Procedimiento

Durante la prueba se aplicaron 2 concentraciones de dasaut.

- ✓ La primera es de 2 ml de dasaut por metro cuadrado.  
Esto equivale aproximadamente a 16 litros de dasaut en 8 000 litros de agua por lo tanto en 18 927,06 litros de agua se adiciona 37,85412 litros del supresor.
- ✓ La segunda es de 1 ml de dasaut por metro cuadrado.  
Esto equivale aproximadamente a 8 litros de dasaut en 8 000 litros de agua por lo tanto en 18 908,13299 litros de agua se adiciona 18,927006 litros del supresor.

También se tuvieron en cuenta los siguientes instrumentos.

- ✓ Camión cisterna con sistema de aspersion y capacidad de 5 000 galones.
- ✓ Agua: 2 500 galones por aplicación.
- ✓ Dasaut: 480 litros.
- ✓ Cámara fotográfica y filmación como herramienta de datos para informe final.
- ✓ Unidad móvil para transportarse dentro de la unidad minera.

- ✓ Medidor de partículas portátil PM MET ONE.
- ✓ Instrumento meteorológico Kestrel 4 000.
- ✓ Tablet samsung galaxy tab A.

Se verifico el pH y conductividad del producto. Abastecimiento de cisterna con agua y dasaut. El origen del agua puede ser indistinto. Se procede a llenar la cisterna con 18 889,205888 litros de agua. En el transcurso del llenado se vierte el producto dasaut con la finalidad de conseguir una mezcla homogénea.

Figura n.º 3. 2. Verificación del pH y la conductividad del dasaut.



Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Figura n.º 3. 3. Llenado de cisterna con agua y Dasaut.



A. Cuadro de aplicaciones dosis de impacto para. 6 400 m<sup>2</sup> (8 metros x 800

Tabla n.º 3. 3. Cuadro de aplicaciones.

Día		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
6 litros de dasaut / 8,000 litros de agua	am	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00											
	m	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00											
	pm	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00											
08 litros de dasaut / 8,000 litros de agua	am						08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00
	m						12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00
	pm						03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00

Fuente: Invetisa soluciones naturalmente efectivas.

Por lo tanto, para los primeros 5 días se tiene un consumo de supresor de 240 litros, para la segunda aplicación de 10 días se tiene 240 litros por consiguiente tenemos un consumo total de 480 litros de dasaut en 15 días en la zona mencionada anteriormente.

B. Aplicación en vías asignadas.

Se aplicó la solución de dasaut en el área definida de 8,000 m<sup>2</sup> (1 litro de solución por m<sup>2</sup>) aproximadamente.

Figura n.º 3. 4. Aplicación de dasaut.



Fuente: Invetisa soluciones naturalmente efectivas.

El programa de aplicación consistió en 3 riegos diarios con dasaut, la primera por la mañana entre las 8:00 am y 9:00 am, la segunda a medio día de 12:00 m a 1:00 pm, por la tarde entre 3:00 pm y 4:00 pm los primeros 5 días a 2 ml y los 10 días siguientes de 1 ml.

#### **3.6.1.2. Muestreo y Análisis**

Se realizaron evaluaciones visuales en campo en base a los siguientes parámetros:

1. Nivel de polvo emitido al paso de vehículos.
2. Dasaut no se pega a los neumáticos.
3. Derrape de vehículos en el camino aplicado.
4. Cantidad de PM 1, PM 2.5, PM 4, PM 7, PM 10 y TSP PM mayor a 40 micrómetros en el ambiente.

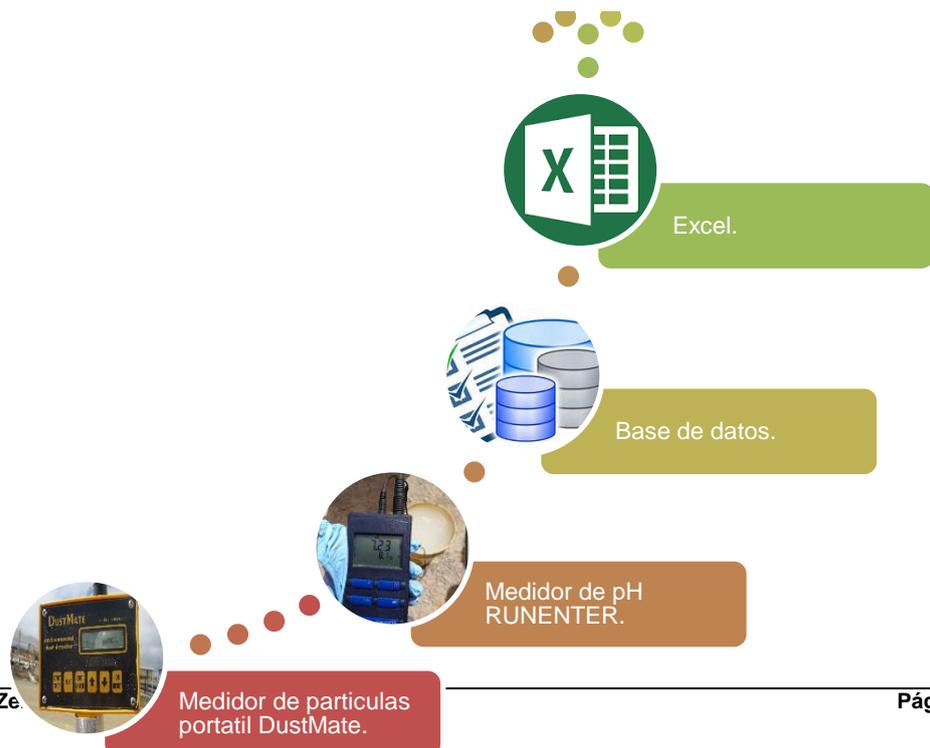
### 3.6.2. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos para dl10 plus.

Para la obtención de la información se realizó la prueba con el supresor dl10 plus en la vía pasamayo, teniendo en cuenta la dosis establecida en su ficha técnica como se puede observar en el anexo n.º 2. Con la debida seguridad del caso. Y tomando las siguientes consideraciones generales.

- ✓ Mil metros de vía no pavimentada (vía oficinas la quinua).
- ✓ Ancho de vía 8 metros.
- ✓ Área de 8 000 m<sup>2</sup>.

En oficina, para la recopilación de información del supresor dl10 plus se siguió un proceso minucioso con soporte del software excel, y con supervisión de alguna manera del jefe de área de proyectos de capitales.

Figura n.º 3. 5. Procedimiento de análisis de datos para obtener los resultados.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla n.º 3. 4. Factores puntuales de cada programa para la obtención correcta de los resultados.

<b>MEDIDOR DE PARTICULAS PORTATIL PM DUSTMATE</b>	<b>MEDIDOR DE pH RUNENTER</b>	<b>BASE DE DATOS</b>	<b>EXCEL</b>
Instrumento de medición	Instrumento de medición	Base de datos	Software
PM 2.5 a PM 10	Acido, neutro y alcalino	Recopilación de información	Obtención de resultados

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.2.1. Procedimiento

Durante la prueba se aplicaron 1 concentraciones de dl10 plus

- ✓ Se aplicó 1 ml de dl10 plus por metro cuadrado.

Esto equivale aproximadamente a 4 litros de dl10 plus en 8 000 metros cuadrados.

También se tuvieron en cuenta los siguientes instrumentos.

- ✓ Camión cisterna con sistema de aspersion y capacidad de 5 000 galones.
- ✓ Agua: 5 000 galones por aplicación.
- ✓ Dl10 plus: 20 litros.
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Unidad móvil para transportarse dentro de la unidad minera.
- ✓ Medidor de partículas portátil DustMate.

Abastecimiento de cisterna con dl10 plus y agua. Primero se lleva a cabo la verificación de pH de la solución (agua + dl10 plus), cambio de coloración en el agua y 0 conductividad. Se procede a llenar la cisterna con 20 litros de dl10 plus, seguidamente es llenada con 18 907,06 litros de agua con la finalidad de conseguir una mezcla homogénea.

Figura n.º 3. 6. Verificación del pH y conductividad del producto dl10 plus



Fuente: Minera Yanacocha SRL.

De acuerdo con la verificación del pH se obtuvo un valor de 7,23 de igual manera se verificó la conductividad siendo 30,9 Mv.

Figura n.º 3. 7. Medición del dl10 plus y llenado a la cisterna.



Fuente: Propia.

Durante los días de aplicación (18 - 23) se tomaron las mediciones correspondientes del dl10 plus haciendo uso de un balde de 20 litros. Luego se procede a llenar la cisterna con el producto indicado.

Figura n.º 3. 8. Llenado de agua a la cisterna.



- Cuadro de aplicaciones de Fuente: Propia. 18 000 m<sup>2</sup> (8 metros x 1 000 metros de longitud).

Tabla n.º 3. 5. Cuadro de aplicaciones.

Día		1	2	3	4	5
20 litros de dl10 plus/18 907,06 litros de agua	am	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00
	m	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00
	pm	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00

Fuente: Multinsa.

Según la tabla n.º 3.5. se tuvo un consumo total de 300 litros de dl10 plus en 5 días para un total de 5 km/ día. Para el área definida de 8 000 m<sup>2</sup> (1 litro de solución por m<sup>2</sup>) aproximadamente, tenemos un consumo total de 60 litros en 1km.

Figura n.º 3. 9. Aplicación de dl10 plus.



Fuente: Propia

El registro fotográfico de los días 17 al 22 de Julio del 2018, así como los datos resultantes del monitoreo, permitieron observar la efectividad del supresor de polvo dl10 plus dada la conservación de la humedad en el terreno y a su vez se evidencia su capacidad para aglomerar el material fino (polvo), densificando la superficie, logrando mitigar en gran medida los riesgos presentes e impacto ambiental además del control de material particulado, reduciendo en un 70 % el consumo de agua durante la presente prueba de desempeño.

#### **3.6.2.2. Muestreo y Análisis**

Se realizaron evaluaciones visuales en campo en base a los siguientes parámetros:

- Nivel de polvo emitido al paso de vehículos.
- Cantidad de PM 1, PM 2,5, PM 10 y TSP

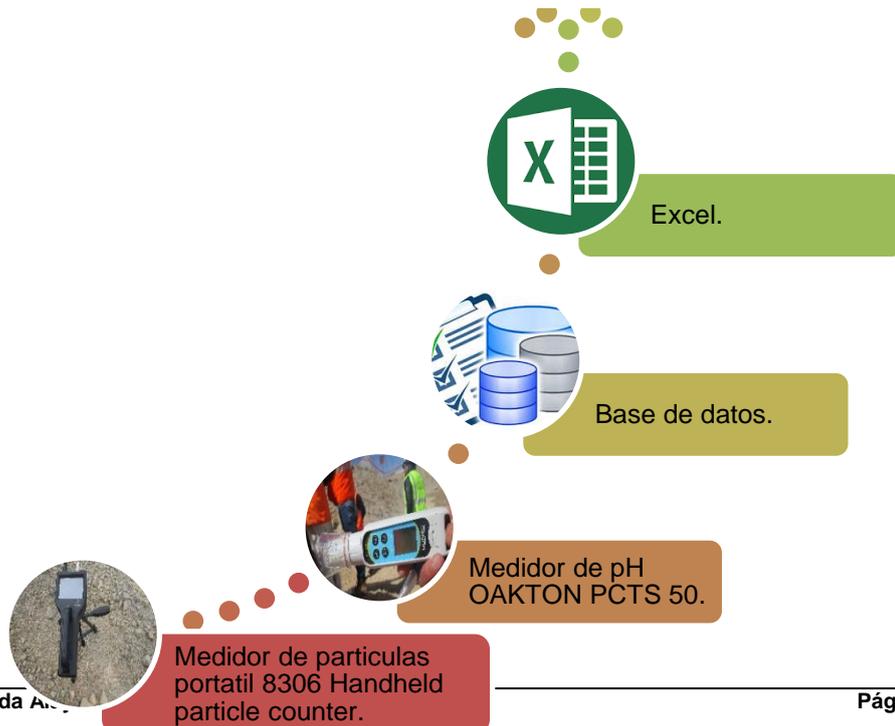
### 3.6.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos para knockout dustply.

Para la obtención de la información se realizó la prueba con el supresor dl10 plus en la vía pasamayo, teniendo en cuenta la dosis establecida en su ficha técnica como se puede observar en el anexo n.º 3. Con la debida seguridad del caso. Y tomando las siguientes consideraciones generales.

- ✓ Trescientos metros de vía no pavimentada (vía oficinas la quinua).
- ✓ Ancho de vía 8 metros.
- ✓ Área de 2400 m<sup>2</sup>.

En oficina, para la recopilación de información del supresor knockout dustply plus se siguió un proceso minucioso con soporte del software excel, y con supervisión de

Figura n.º 3. 10. Procedimiento de análisis de datos para obtener los resultados.



alguna manera del jefe de área de proyectos de capitales.

Tabla n.º 3. 6. Factores puntuales de cada programa para la

MEDIDOR DE PARTICULAS PORTATIL PM 8306 HANDHELD PARTICLE COUNTER.	MEDIDOR DE pH OAKTON PCTS 50	BASE DE DATOS	EXCEL
Instrumento de medición	Instrumento de medición	Base de datos	Software
PM 2.5 a PM 10	Acido, neutro y alcalino	Recopilación de información	Obtención de resultados

recta de los resultados.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.3.3. Procedimiento

Fuente: Elaboración propia.

Durante la prueba se aplicaron las concentraciones de knockout dustply.

- ✓ Se aplicó 2 m<sup>3</sup> o 2 000 litros de knockout dustply más 16 927,05 litros de agua en un área de 2 400 m<sup>2</sup> con una cisterna de 18 927,05 litros o 5 000 galones de capacidad.

También se tuvieron en cuenta los siguientes instrumentos.

- ✓ Camión cisterna con sistema de aspersion y capacidad de 5 000 galones.
- ✓ Moto niveladora Cat serie K
- ✓ Rodillo Bomag BW 211 D-4
- ✓ Agua: 16 927,05 litros o 4 471,66 galones por aplicación.
- ✓ Knockout dustply: 2 000 litros o 528,344 galones.
- ✓ Cámara fotográfica y filmación como herramienta de datos para informe final.
- ✓ Unidad móvil para transportarse dentro de la unidad minera.

- ✓ Medidor de partículas portátil 8306 Handheld particle counter.
- ✓ Medidor de pH OAKTON PCTS 50.

Se realizaron 3 mediciones de pH: pH del agua que se utilizó para la disolución del aditivo, knockout dustply y de la disolución (aditivo + agua). Para la medición del pH del agua se extrajo 0,5 litros de agua de la cisterna, para el aditivo se extrajo 0,5 litros directamente del Toten y para la disolución se utilizó un balde de 20 litros en donde se colocaron 2 litros de aditivo y 18 litros de agua para la disolución (1:9 aprox.). Los resultados obtenidos del pH del agua, aditivo y disolución fueron 7,64, 6,68 y 6,85, respectivamente. Según los resultados obtenidos se pudo concluir que tanto el aditivo como la disolución del mismo tienen pHs neutros, por lo que su utilización no provocaría ningún tipo de contaminación.

Este procedimiento consta de lo siguiente:

- Escarificación del terreno.
- Colocación del aditivo mediante riego (disolución recomendada).
- Batido del terreno.
- Compactación del Terreno.

Figura n.º 3. 11. Verificación del pH de agua.



Fuente: TDM

Figura n.º 3. 12. Verificación del pH del knockout dustply.



Fuente: TDM.

Figura n.º 3. 13. Verificación del pH de la disolución.



**A. Llenado de supresor a la cisterna.**

Se añadió 530 galones de aditivo knockout dustply (2 totes) y 4 470 galones de agua en la cisterna. La dilución que se tuvo en campo fue de 8,43 partes de agua 1 parte de knockout dustply. La capacidad de la

Figura n.º 3. 14. Aplicación de knockout dustply.



nte: T

cisterna es de 5 000 galones.

### B. Escarificado y perfilado

Se realizó el escarificado y perfilado del terreno (6 pulgadas de escarificación) con la ayuda de la motoniveladora para poder crear el contexto adecuado y asegurar la correcta absorción del aditivo en el suelo.

Figura n.º 3. 15. Escarificado y perfilado.



### C. Riego Fuente: TDM.

Se realizaron cuatro riegos de la solución (knockout dustply – agua), una vez que se obtuvo la humedad deseada se realizó el batido del suelo con la solución (knockout dustply – agua) sobre el suelo previamente escarificado. Se realizó el batido y extendido del terreno hasta lograr la

Figura n.º 3. 16. Riegos de la solución (knockout dustply – agua).



homogenización de la humedad del terreno.

#### **D. Compactación**

Finalmente, se realizó la compactación correspondiente sobre del terreno.

Figura n.º 3. 17. Compactación.



#### **3.6.3.4. Muestreo y Análisis**

Fuente: Propia.

Se realizaron evaluaciones visuales en campo en base a los siguientes parámetros:

1. El de polvo emitido al paso de vehículos.
2. Knockout dustply no se pega a los neumáticos.
3. Derrape de vehículos en el camino aplicado.
4. Cantidad PM 2,5 y PM 10 en el ambiente.

### **3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos**

Estadística descriptiva: tablas de porcentajes y gráficos de barras.

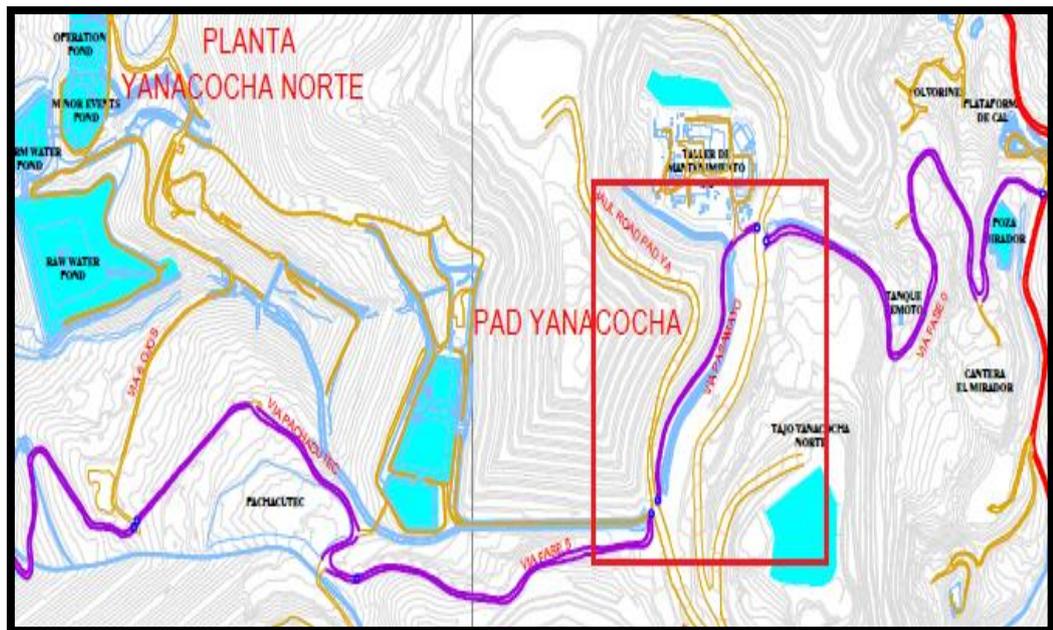
Para desarrollar nuestros cálculos utilizamos algunas herramientas e instrumentos como:

- ✓ Excel. Es una herramienta que nos facilita trabajar con datos y nos ayuda a tomar decisiones.
- ✓ Google maps. Es un servidor de aplicaciones de mapas en la web.
- ✓ Google earth. Es una aplicación gratuita que pone toda la información geográfica del planeta.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

### 4.1. Resultados de las evaluaciones con dasaut

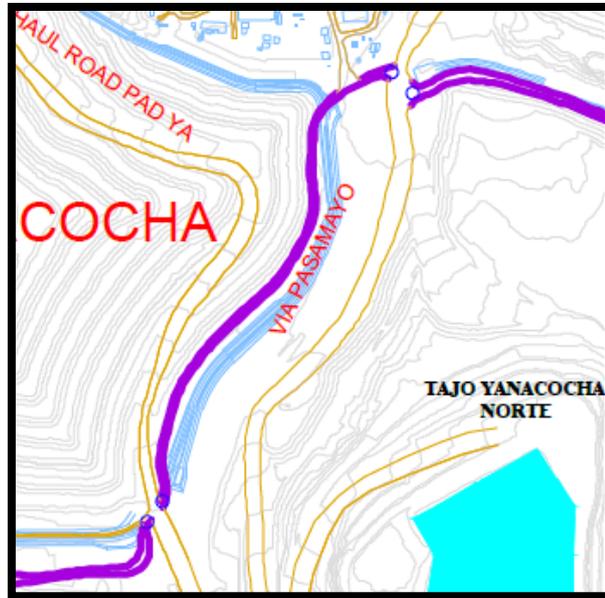
Figura n.º 4. 1. Ubicación vía pasamayo (fase 5 hasta taller de mantenimiento T-2).



#### 4.1.1. Ubicación del área de muestreo

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Figura n.º 4. 2. Ubicación detallada.



Fuente: Minera Yanacocha SRL.

**4.1.2. Ubicación geográfica**

Lugar	:	Distrito de Encañada, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.
Altura	:	Entre 3 400 y 4 120 metros sobre el nivel del mar.
Área	:	Vía pasamayo (fase 5 hasta taller de mantenimiento T-2)
Camino	:	1 000 m de vía no pavimentada
Fecha de inicio	:	05 de julio del 2018
Fecha de culminación	:	11 de Julio del 2018
Área total de aplicación	:	8 000 m <sup>2</sup>
Longitud	:	1 000 metros
Ancho	:	8 metros
Temperatura	:	5 °C a 12 °C
Velocidad de viento	:	15 a 21 Km/h
Humedad relativa	:	52 %

#### 4.1.3. Resultados de la evaluación

##### 4.1.3.1. Nivel de polvo emitido al paso de los vehículos

###### A. Evaluación inicial de la zona sin dasaut

Figura n.º 4. 3. Nivel de polvo sin dasaut.



(06  
aislados.

Fuente: Invetisa.

on casos

###### B. Evaluación final zona con dasaut

Figura n.º 4. 4. Después de aplicar dasaut.



Fuente: Invetisa.

(10 de julio) se puede observar que desde el día 5 de aplicación ya se controla el polvo.

#### 4.1.3.2. Dasaut no se pega a los neumáticos

Figura n.º 4. 5. Dasaut no se adhiere a los neumáticos.



Es



evidente que con el uso del supresor de polvo dasaut no se adhiere material a los neumáticos. Fuente: Invetisa. Se observó el uso de aceites de motor.

Figura n.º 4. 6. Derrape de vehículos.



**4.1.3.3. Derrape de vehículos en el camino aplicado con dasaut.**

Se puede observar que con el uso de dasaut no genera derrapes de los vehículos.

#### 4.1.3.4. Calculo de ratio de adición, ratio de riego por metro cuadrado y costo por metro cuadrado.

##### 4.8.3.5.1. Calculo de ratio de adición.

Datos

- Capacidad de cisterna = 5 000 gl = 18 927,06 L.
- Costo/litro = US\$/L = S/. 25,5 = 7,5221 US\$/L.

$$\text{Calculo del ratio} = \frac{\text{Cantidad del supresor (ml)}}{\text{Cantidad de agua} - \text{cantidad de supresor a aplicar (L)}}$$

$$\text{Ratio} = \frac{37\,854,12\text{ ml}}{18\,927,06\text{ L} - 37,85412\text{ L}} = 2,0040 \frac{\text{ml}}{\text{L}}$$

##### 4.8.3.5.2. Calculo de ratio de riego por metro cuadrado.

$$\text{Ratio de riego en 1Km} = \frac{\text{Capacidad de cisterna}}{\text{Cisterna llena recorrido de kilometros}}$$

$$\text{Ratio de riego en 1Km} = \frac{18\,927,06\text{ L}}{5\text{ Km}} = 3\,785,41 \frac{\text{L}}{\text{Km}}$$

$$\text{Area} = 8\,000\text{m}^2$$

$$\text{Ratio de riego en 1m}^2 = \frac{3\,785,41\text{ L} \times 2,0040 \frac{\text{ml}}{\text{L}}}{8\,000\text{m}^2} = 0,948245 \frac{\text{ml}}{\text{m}^2}$$

##### 4.8.3.5.3. Calculo de costo US\$ por metro cuadrado.

$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 7,5221 \frac{\text{US\$}}{\text{L}} \left( \frac{1\text{ L}}{1\,000\text{ml}} \right)$$

$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 7,5221 \times 10^{-3} = 0,0075221 \frac{\text{US\$}}{\text{ml}}$$

$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 0,0075221 \frac{\text{US\$}}{\text{ml}} \times 0,948245 \frac{\text{ml}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 0,007133 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2}$$

Tabla n.º 4. 1. Medición de material particulado en zona de prueba.

% de reducción material particulado dasaut						
Medición del % de reducción de MP	PM 1.0 µm (M3)	PM 2.5 µm (M3)	PM 4.0 µm (M3)	PM 7.0 µm (M3)	PM 10 µm (M3)	TSP
Inicial	2.4	39.6	214.7	752.7	1217.5	1664.2
Final	0.4	2.9	14.7	66.8	116.1	204.4
Porcentaje (%)	-84.7	-92.6	-93.1	-91.1	-90.5	-87.7

#### 4.1.3.5. Reducción de material particulado

La aplicación de dasaut ha tenido muy buenos resultados en la reducción de material particulado en suspensión con un 87,72 % menos de partículas totales

Fuente: Invetisa.

Figura n.º 4. 7. Gráfico de reducción de material particulado.

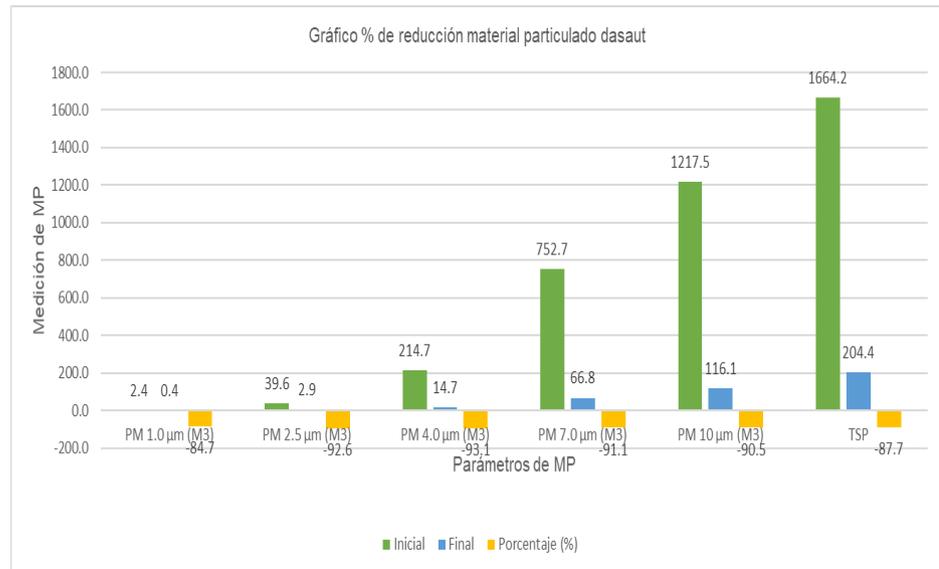
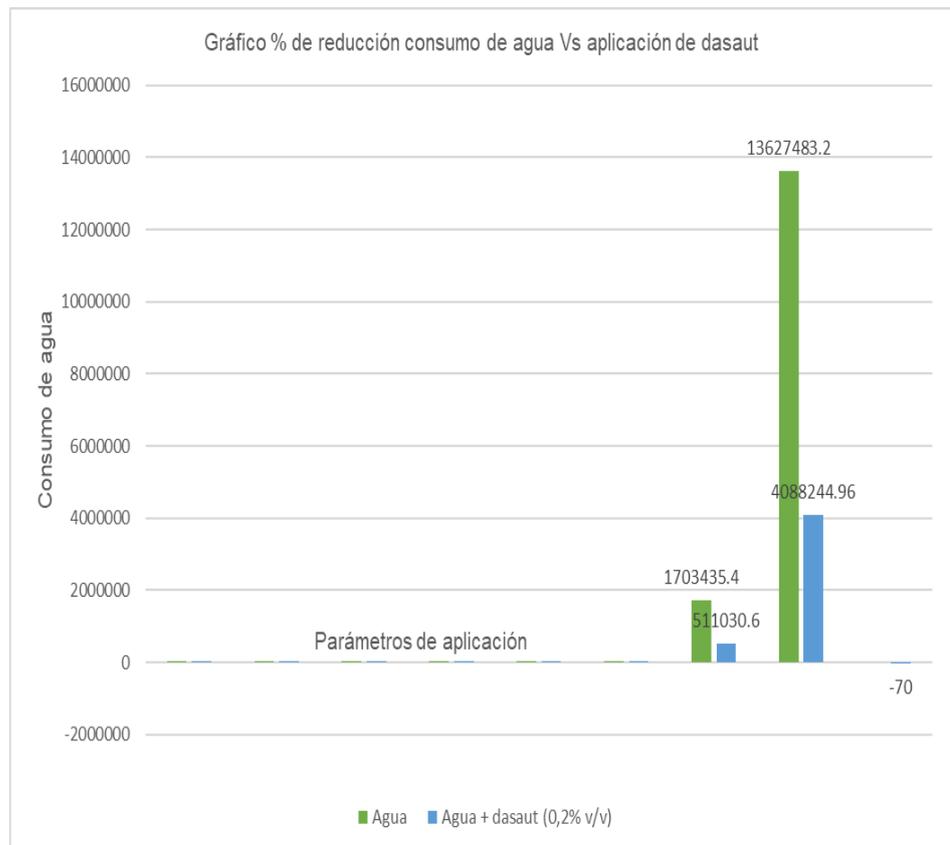


Tabla n.º 4. 2. Porcentaje de reducción consumo de agua.

% de reducción consumo de agua Vs aplicación dasaut									
Tipo de aplicación	Longitud (m)	Ancho Promedio (m)	Total, área (m2)	Agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/riego)	Nº de riegos/día	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/día)	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/al mes y medio)	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/año)	% Optimización de consumo de agua
Agua	1000	8	8000	18927.1	10	37854.1	1703435.4	13627483.2	-
Agua + dasaut (0,2% v/v)	1000	8	8000	18927.1	3	11356.2	511030.6	4088244.96	-70

4.1.3.6. Reducción de uso de agua

Figura n.º 4. 8. Reducción de consumo de agua.



#### 4.1.3.7. Costo de hora hombre, costo hora máquina y supresor

Tabla 1. Análisis de costos hora máquina.

hora hombre y

Análisis de costo hora hombre, peón, oficial, operario, capataz y cisterna (U.S.\$/h) dasaut.	
Peón	5,13
Oficial	5,24
Operario	6,36
Capataz	10,59
Cisterna de agua 5 000	50,62
TC:	3,39
<b>Total</b>	<b>\$ 77,94</b>

Fuente: Propia.

$$\text{Costo por metro cuadrado} = \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 0,007133 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Costo en 1 km} = 0,007133 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} \times \text{área}$$

$$\text{Costo en 1 km} = 0,007133 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} \times 8\,000 \text{ m}^2 = 57,064 \text{ US\$/Km}$$

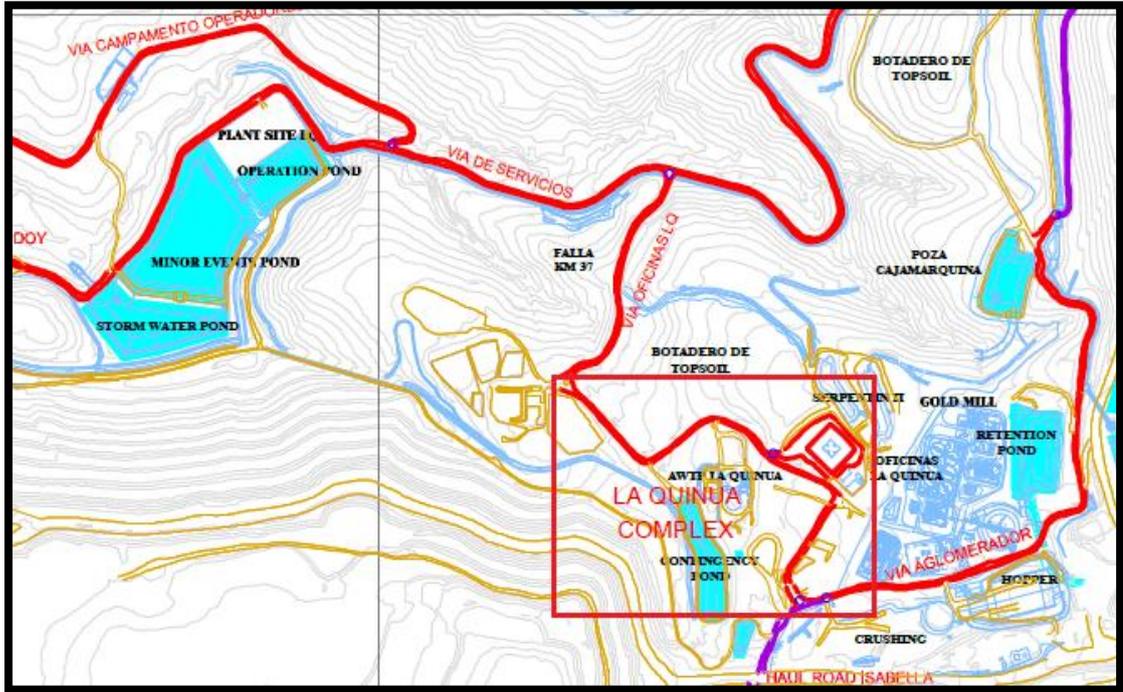
$$\begin{aligned} \text{Costo total Dasaut en 1Km de aplicación} &= 57,064 \frac{\text{US\$}}{\text{Km}} + 77,94(8\text{h}) \frac{\text{US\$}}{\text{Km}} \\ &= 680,584 \frac{\text{US\$}}{\text{Km}} \end{aligned}$$

Como se aprecia en los cálculos se tiene un costo total de 680,584 \$/km en una longitud de 1 Km en un día.

## 4.2. Resultados de las evaluaciones con dl10 plus

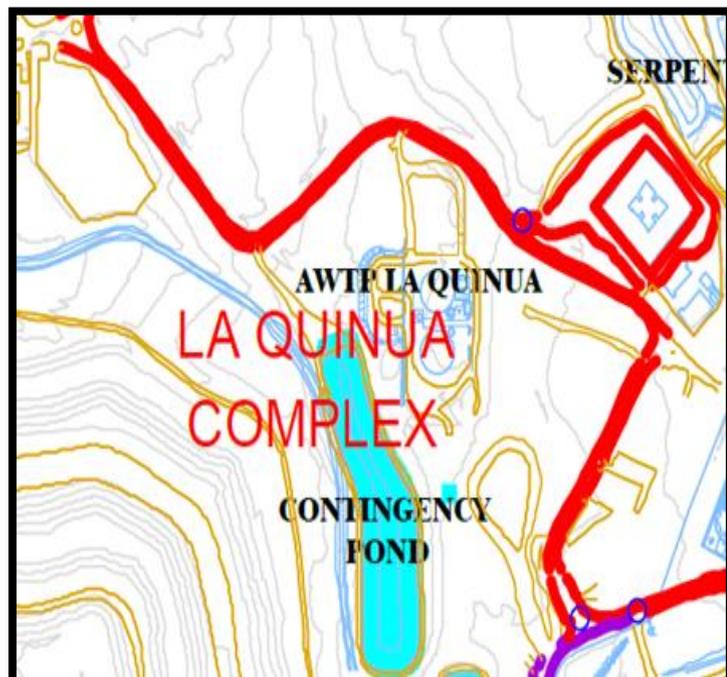
**4.2.1. Ubicación del área de muestreo**

Figura n.º 4. 9. Ubicación vía oficinas la quinua.



Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Figura n.º 4. 10. Ubicación detallada.



Fuente: Minera Yanacocha SRL.

**4.2.2. Ubicac**

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Lugar	:	Distrito de Encañada, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.
Altura	:	Entre 3 400 y 4 120 metros sobre el nivel del mar.
Área	:	Vía oficinas la quinua.
Camino	:	1 000 m de vía no pavimentada.
Fecha de inicio	:	17 de julio del 2018.
Fecha de culminación	:	23 de Julio del 2018.
Área total de aplicación	:	8 000 m <sup>2</sup> .
Longitud	:	1 000 metros.
Ancho	:	8 metros.

#### 4.2.3. Desarrollo prueba de desempeño supresor de polvo dl10 plus

##### 4.2.3.1. Nivel de polvo emitido al paso de los vehículos

##### A. Evaluación inicial de la zona sin dl10 plus

Figura n.º 4. 11. Condiciones iniciales de la zona.



Fuente: Propia

**B. Evaluación final de la zona con dl10 plus**

Figura n.º 4. 12. Después de aplicar dl10 plus.



Fuente: Propia

#### 4.2.3.2. Calculo de ratio de adición, ratio de riego por metro cuadrado y costo por metro cuadrado.

##### 4.8.3.5.4. Calculo de ratio de adición.

Datos

- Capacidad de cisterna = 5 000 gl = 18 927.06 L.
- Costo/litro = US\$/L = S/. 10,0005 = 2,95 US\$/L.

$$\text{Calculo del ratio} = \frac{\text{Cantidad del supresor (ml)}}{\text{Cantidad de agua - cantidad de supresor a aplicar (L)}}$$

$$\text{Ratio} = \frac{2\,0000\text{ ml}}{18\,927,06\text{ L} - 20\text{ L}} = 1,0578 \frac{\text{ml}}{\text{L}}$$

##### 4.8.3.5.5. Ratio de riego por metro cuadrado.

$$\text{Ratio de riego en 1Km} = \frac{\text{Capacidad de cisterna}}{\text{Cisterna llena recorrido de kilometros}}$$

$$\text{Ratio de riego en 1Km} = \frac{18\,927,06\text{ L}}{5\text{ Km}} = 3\,785,41 \frac{\text{L}}{\text{Km}}$$

$$\text{Area} = 8\,000\text{ m}^2$$

$$\text{Ratio de riego en 1 m}^2 = \frac{3\,785,41\text{ L} \times 1,0578 \frac{\text{ml}}{\text{L}}}{8\,000\text{ m}^2} = 0,5005 \frac{\text{ml}}{\text{m}^2}$$

##### 4.8.3.5.6. Calculo de costo US\$ por metro cuadrado.

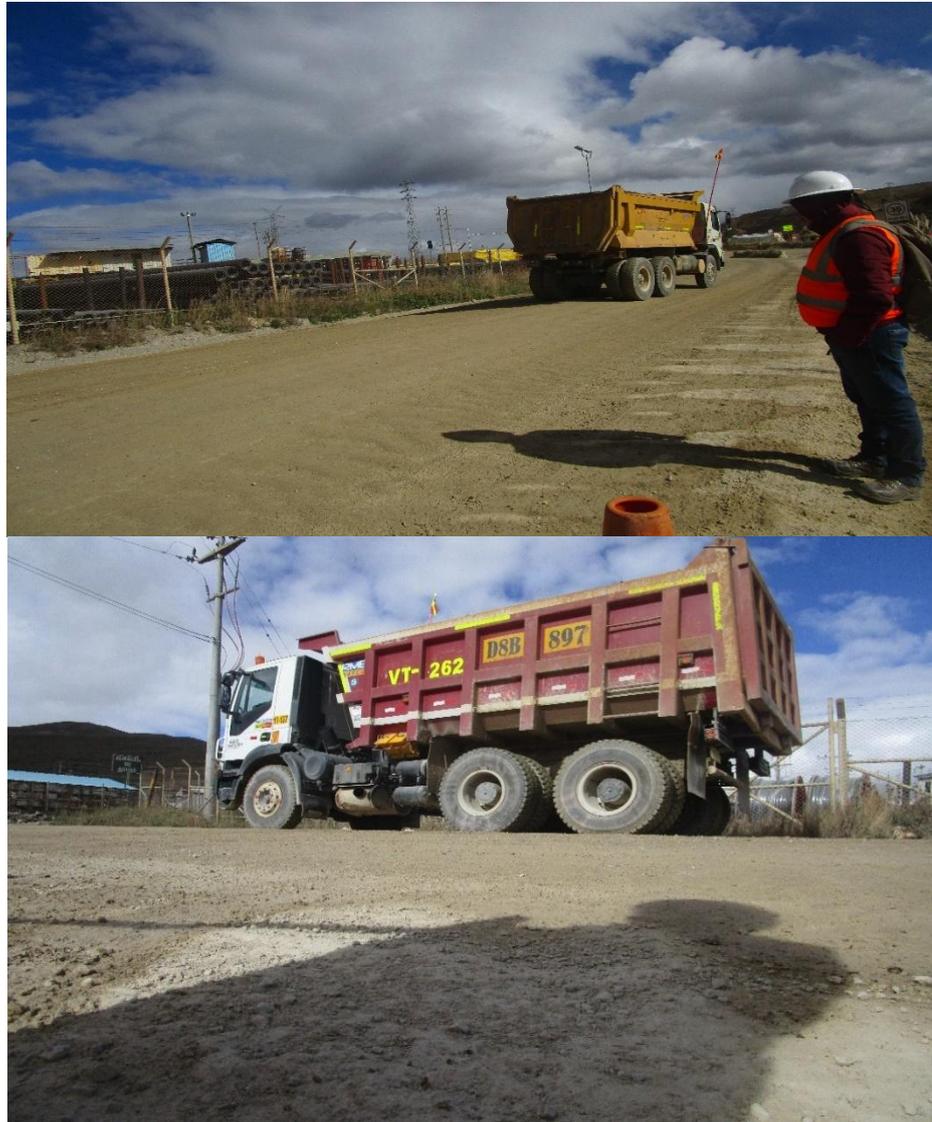
$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 2,95 \frac{\text{US\$}}{\text{L}} \left( \frac{1\text{ L}}{1\,000\text{ ml}} \right)$$

$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 2,95 \times 10^{-3} = 0,00295 \frac{\text{US\$}}{\text{ml}}$$

$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 0,00295 \frac{\text{US\$}}{\text{ml}} \times 0,5005 \frac{\text{ml}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 1,4765 \times 10^{-3} \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 0,0014765 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2}$$

Figura n.º 4. 13. Derrape de vehículos.



4.2.3.3. Derrape de vehículos en el camino aplicado con dl10 plus.

Fuente: Propia

Se puede observar que con el uso de dasaut no genera derrapes de los vehículos.

Tabla n.º 4. 3. Distancia de frenado.

Velocidad (Km/h)	Distancia de frenado (m)	
	Agua	DL10 plus

30	33	25
----	----	----

Fuente: Multinsa.

Tabla n.º 4. 4. Medición de material particulado en zona de prueba.

% de reducción material particulado dl10 plus				
Medición del % de reducción de MP	PM 1.0 µm (M3)	PM 2.5 µm (M3)	PM 10 µm (M3)	TSP
Inicial	6.4	21.7	294.4	364.9
Final	0.5	2.4	18.7	32.4
Porcentaje (%)	-91.8	-88.9	-95.7	-91.1

#### 4.2.3.1. Reducción de material particulado

Fuente: Multinsa.

La aplicación de dl10 plus ha tenido muy buenos resultados en la reducción de material particulado en suspensión con un 91,13 % menos de partículas totales (TSP).

Figura n.º 4. 14. Gráfico de reducción de material.

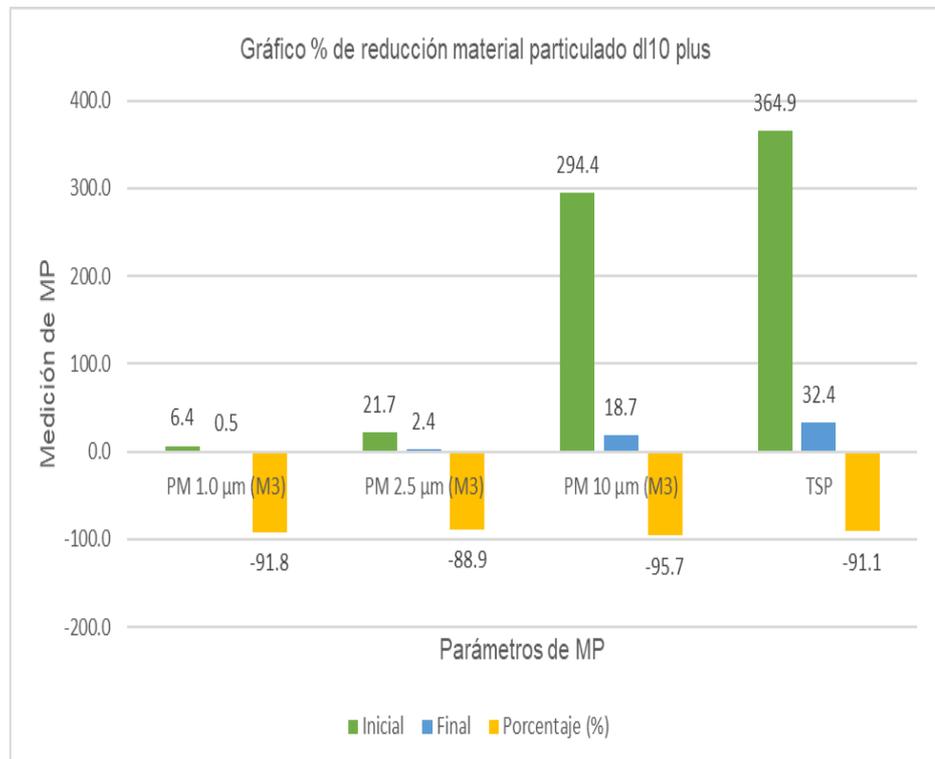


Tabla n.º 4. 5. Porcentaje de reducción consumo de agua.

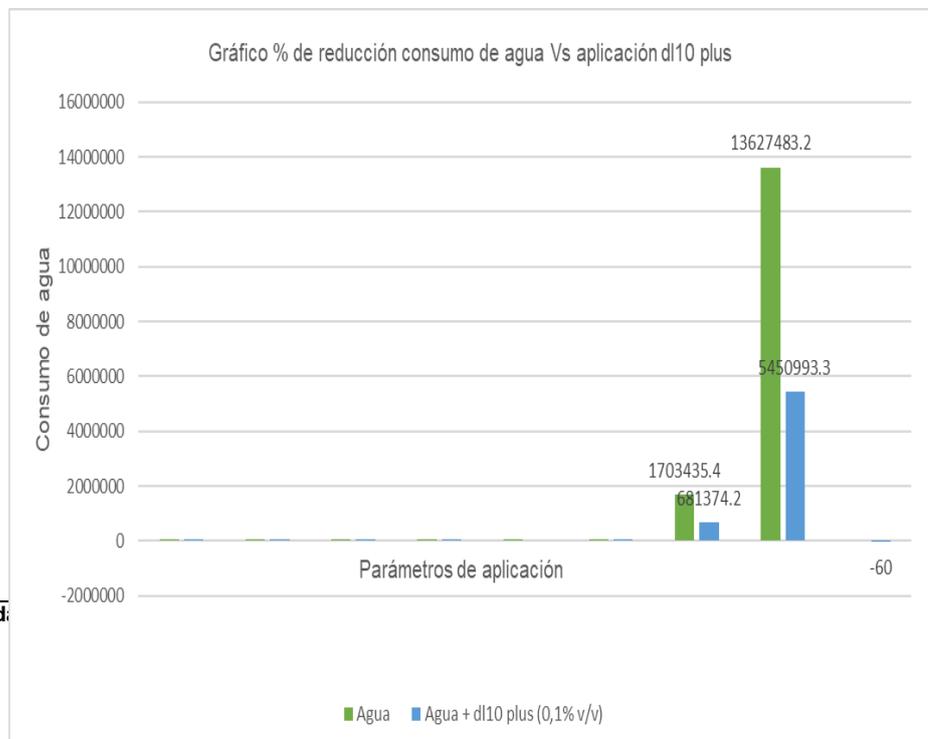
% de reducción consumo de agua Vs aplicación dl10 plus									
Tipo de aplicación	Longitud (m)	Ancho promedio (m)	Total, área (m2)	Agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/riego)	Nº de riegos/día	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/día)	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/al mes y medio)	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/año)	% Optimización consumo de agua
Agua	1000	8	8000	18927.06	10	37854.1	1703435.4	13627483.2	-
Agua + dl10 plus (0,1% v/v)	1000	8	40000	18927.06	4	15141.6	681374.2	5450993.3	-60

#### 4.2.3.2. Reducción de uso de agua

#### 4.2.3.3. Costo de hora hombre, costo hora máquina y supresor

Tabla 2. Análisis de costos hora hombre y hora máquina.

Análisis de costo hora hombre, peón, oficial, operario, capataz y cisterna (U.S.\$/h) dl10 plus.



Peón	5,13
Oficial	5,240
Operario	6,360
Capataz	10,589
Cisterna de agua 5 000	50,617
TC:	3,390
<b>Total</b>	<b>77,94</b>

Fuente: Propia.

$$\text{Costo por metro cuadrado} = \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 0,0014765 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Costo en 1 km} = 0,0014765 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} \times \text{área}$$

$$\text{Costo en 1 km} = 0,0014765 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} \times 8\,000 \text{ m}^2 = 11,812 \text{ US\$/Km}$$

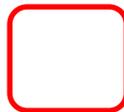
$$\begin{aligned} \text{Costo total Dasaut en 1Km de aplicación} &= 11,812 \frac{\text{US\$}}{\text{Km}} + 77,94(8h) \frac{\text{US\$}}{\text{Km}} \\ &= 635,332 \frac{\text{US\$}}{\text{Km}} \end{aligned}$$

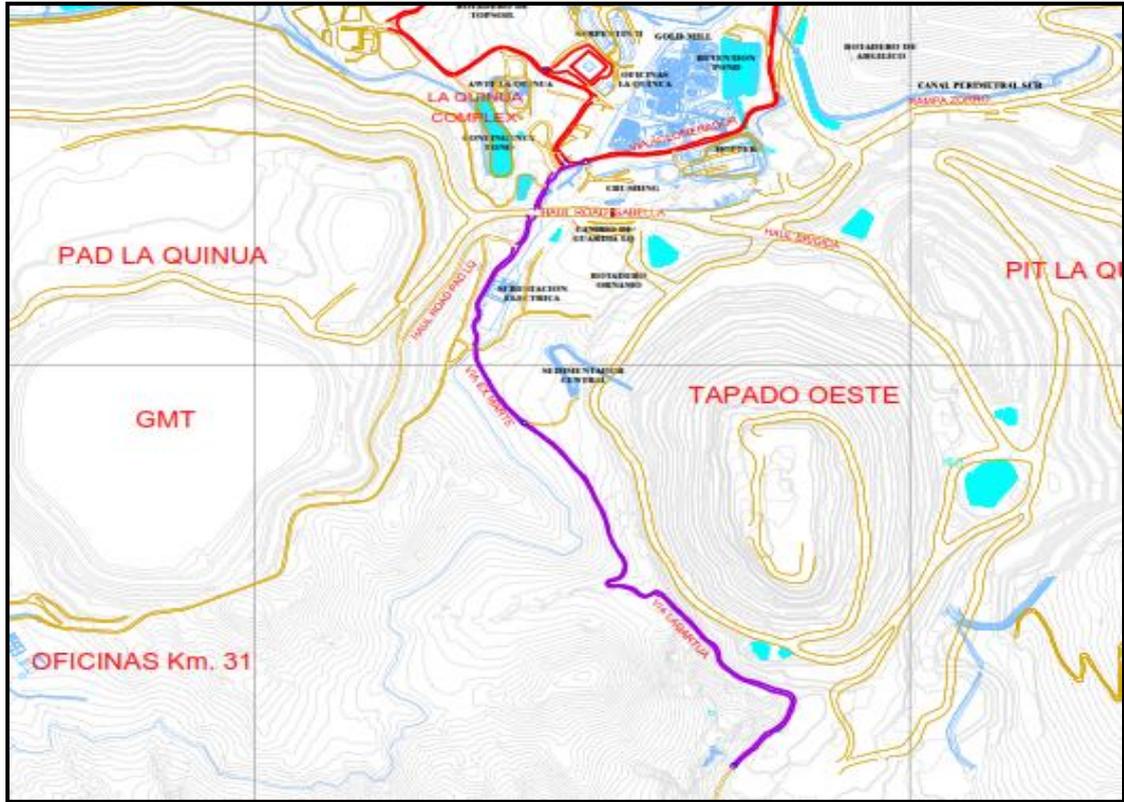
Como se aprecia en los cálculos se tiene un costo total de 635,332 \$/km en una longitud de 1 Km en un día.

#### 4.3. Resultados de las evaluaciones con knockout dustply.

##### 4.3.1. Ubicación del área de muestreo

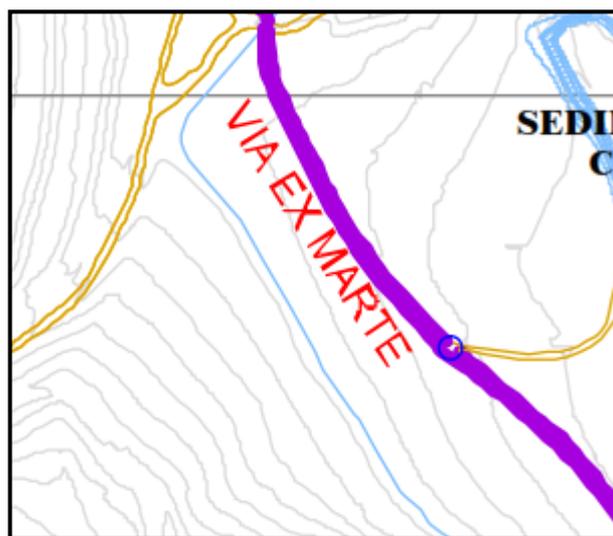
Figura n.º 4. 16. Ubicación vía ex marte.





Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Figura n.º 4. 17. Vía ex marte.



#### 4.3.2. Ubicación geográfica

Lugar : Distrito de Encañada, provincia de Cajamarca,  
 departamento de Cajamarca.

Altura	:	Entre 3 400 y 4 120 metros sobre el nivel del mar.
Área	:	Vía ex marte.
Camino	:	300 m de vía no pavimentada.
Fecha de inicio	:	31 de julio del 2018.
Fecha de culminación	:	01 de agosto del 2018.
Área total de aplicación	:	2 400 m <sup>2</sup> .
Longitud	:	300 metros.
Ancho	:	8 metros.

#### 4.3.3. Desarrollo prueba de desempeño supresor de polvo knockout dustply

##### 4.3.3.1. Nivel de polvo emitido durante el escarificado de la vía

Figura n.º 4. 18. Escarificación de la vía con motoniveladora.



Fuente: Propia

..... pulgadas de profundidad de la vía ex marte para luego aplicar el supresor y posteriormente el mezclado.

Evaluación durante la aplicación de knockout dustply

Figura n.º 4. 19. Aplicación de knockout dustply.



Fuente: Propia

Figura n.º 4. 20. Mezclado y compactado.



Fuente: Propia

on la cual se

terminó la última fase del experimento en la vía ex marte.

Figura n.º 4. 21. Vista final de la aplicación.



Fuente: Propia

Se aprecia claramente como quedo después de las diferentes actividades realizadas, luego de eso se siguió monitoreando durante una semana en la cual se pudo apreciar el comportamiento más a detalle.

#### 4.3.3.2. Calculo de ratio de adición, ratio de riego por metro cuadrado y costo por metro cuadrado.

##### 4.8.3.5.7. Calculo de ratio de adición.

Datos

- Capacidad de cisterna = 5 000 gl = 18 927,06 L.
- Costo/litro = US\$/L = S/. 10,1022 = 2,98 US\$/L.

$$\text{Calculo del ratio} = \frac{\text{Cantidad del supresor (ml)}}{\text{Cantidad de agua - cantidad de supresor a aplicar (L)}}$$

$$\text{Ratio} = \frac{2\,000\,000\text{ ml}}{18\,927,06\text{ L} - 2\,000\text{ L}} = 118,1540 \frac{\text{ml}}{\text{L}}$$

##### 4.8.3.5.8. Calculo de ratio de riego por metro cuadrado.

$$\text{Ratio de riego en 1Km} = \frac{\text{Capacidad de cisterna}}{\text{Cisterna llena recorrido de kilometros}}$$

$$\text{Ratio de riego en 1 Km} = \frac{18\,927,06\text{ L}}{5\text{ Km}} = 3\,785,41 \frac{\text{L}}{\text{Km}}$$

$$\text{Ratio de riego en 300 m} = 3\,785,41 \frac{\text{L}}{\text{Km}} \times \frac{1\text{Km}}{1\,000\text{ m}}$$

$$\text{Ratio de riego en 300 m} = 3,7854 \frac{\text{L}}{\text{m}}$$

$$\text{Ratio de riego en 300 m} = 3,7854 \frac{\text{L}}{\text{m}} \times 300\text{m}$$

$$\text{Ratio de riego en 300 m} = 1\,135,628 \frac{\text{L}}{\text{m}}$$

$$\text{Area} = 2\,400\text{ m}^2$$

$$\text{Ratio de riego en 1m}^2 = \frac{1\,135,628\text{L} \times 118,1540 \frac{\text{ml}}{\text{L}}}{2\,400\text{ m}^2} = 55,9079 \frac{\text{ml}}{\text{m}^2}$$

Ratio de riego en 8 000 m<sup>2</sup>.

$$\text{Ratio de riego en 1m}^2 = \frac{3\,785,41\text{L} \times 118,1540 \frac{\text{ml}}{\text{L}}}{8\,000\text{ m}^2} = 56,0240 \frac{\text{ml}}{\text{m}^2}$$

##### 4.8.3.5.9. Calculo de costo US\$ por metro cuadrado.

$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 2,98 \frac{\text{US\$}}{\text{L}} \left( \frac{1\text{L}}{1\,000\text{ ml}} \right)$$

$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 2,98 \times 10^{-3} = 0,00298 \frac{\text{US\$}}{\text{ml}}$$

$$\frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 0,00298 \frac{\text{US\$}}{\text{ml}} \times 55,9079 \frac{\text{ml}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{US\$}{m^2} = 0,1666 \frac{US\$}{m^2}$$

Costo en 1 m<sup>2</sup> en un área de 8 000 m<sup>2</sup>.

$$\frac{US\$}{m^2} = 0,00298 \frac{US\$}{ml} \times 56,0240 \frac{ml}{m^2}$$

$$\frac{US\$}{m^2} = 0,1670 \frac{US\$}{m^2}$$

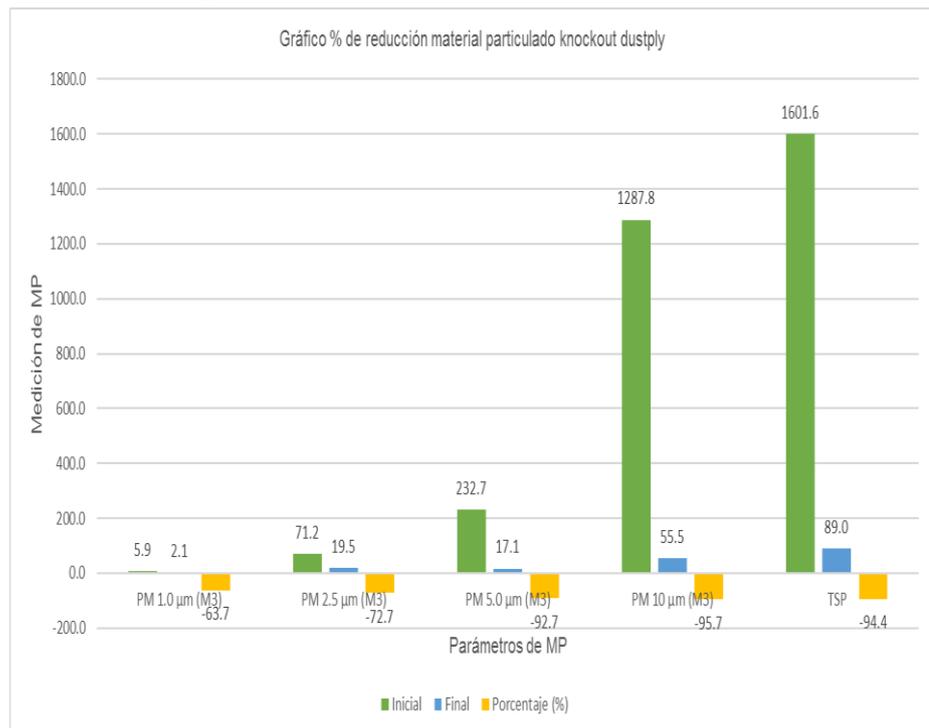
Tabla n.º 4. 6. Medición de material particulado en zona de prueba.

% de reducción material particulado knockout dustply					
Medición del % de reducción de MP	PM 1.0 µm (M3)	PM 2.5 µm (M3)	PM 5.0 µm (M3)	PM 10 µm (M3)	TSP
Inicial	5.9	71.2	232.7	1287.8	1601.6
Final	2.1	19.5	17.1	55.5	89.0
Porcentaje (%)	-63.7	-72.7	-92.7	-95.7	-94.4

#### 4.3.3.3. Reducción de material particulado

La aplicación de knockout dustply ha tenido muy buenos resultados en la reducción de material particulado en suspensión con un 94.44 % menos de Fuente: TDM.

Figura n.º 4. 22. Gráfico de reducción de material.



partículas totales TSP.

Tabla n.º 4. 7. Porcentaje de reducción consumo de agua.

% de reducción consumo de agua Vs aplicación knockout duseply									
Tipo de aplicación	Longitud (m)	Ancho promedio (m)	Total, área (m2)	Agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/riego)	Nº de riegos/día	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/día)	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/al medio mes)	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/año)	% Optimización consumo de agua
Agua	1000	8	8000	18927.1	10	37854.1	1703435.4	13627483.2	-
Agua + knockout duseply (10.6% v/v)	1000	8	8000	18927.1	1	3785.4	3785.4	30283.3	-90

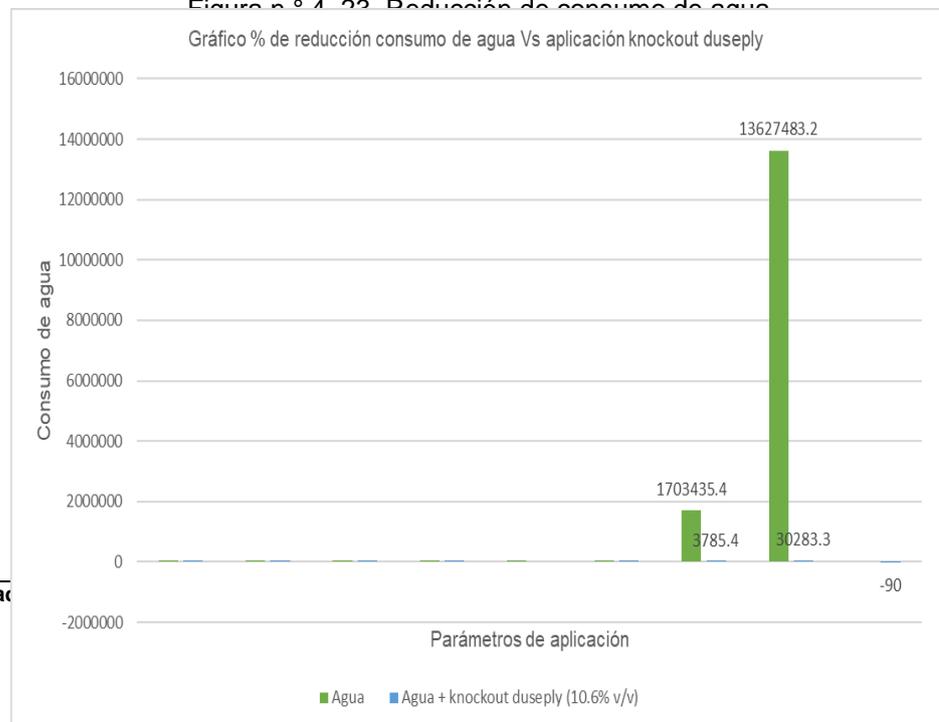
#### 4.3.3.4. Reducción de uso de agua

Tabla n.º 4. 8. Análisis de costo hora hombre peón, oficial, operario y capataz.

#### 4.3.3.5. Calculo de costos hora hombre y hora maquina

Fuente: TDM.

Figura n.º 4. 22. Reducción de consumo de agua



<b>1.- REMUNERACION BRUTA MENSUAL</b>		Peón	=	1200.00	=	3,650.00
		Oficial	=	1250.00		
		Operario	=	1750.00		
		Capataz	=	3650.00		
<b>2.- REMUNERACION TOTAL ANUAL</b>						
a.	Remuneración Anual			3,650.00	x	12 = 43,800.00
b.	Vacaciones			3,650.00	x	0 = -
c.	Gratificaciones al Año (2)			3,650.00	x	2 = 7,300.00
e.	Remuneración total anual (a+b+c)				TOTAL	= 51,100.00
<b>3.- COSTO HORARIO CALCULADO ANUALMENTE</b>						
a.	Días al año	=	365			
b.	Días no laborables					
	- Vacaciones	=	30			
	- Domingos	=	48			
	- Feriados	=	12			
	TOTAL	=	90			
c.	Días Laborables	=	275	DL	HD	
d.	Horas Laborables al añ =			275	x	8 = 2,200
e.	Costo Horario (2e / 3d)			SUB-TOTAL		= 23.23
<b>4.- PAGOS OBLIGATORIOS</b>						
a.	ESSALUD	=	9.00%			= 2.09
b.	Pension	=	0.65%			= 0.15
c.	Seguro Complementario de trabajo	=	0.65%			= 0.15
e.	Total pagos obligatorios (a+b+c)				SUB-TOTAL	= 2.39
<b>5.- C.T.S.</b>						
a.	Cálculo CTS	Remuneración total anua X	8.33%		TOTAL	= 4,256.63
b.	Costo horario de CTS ((5a / 3c)) / 8				SUB-TOTAL	= 1.93
<b>6.- COSTO POR HORA SIN ADICIONALES (3e+4e+5b)</b>						
						TOTAL (1) = 27.55
<b>7.- COSTOS ADICIONALES</b>						
a.	Alimentación	15.00	C/H = ( 15.0 / 8)			= 1.88
b.	Exám Méd (2)* trimestre(4)	260.00	C/H = ( 2080.0 / 3d)			= 0.95
c.	Implementos de Seguridad (4)	320.00	C/H = ( 1280.0 / 3d)			= 0.58
d.	Ropa de Trabajo	200.00	C/H = ( 400.0 / 3d)			= 0.18
e.	Capacitación	678.00	C/H = ( 678.0 / 3d)			= 0.31
f.	Movilidad	889.88	C/H = ( 9788.6 / 3d)			= 4.45
g.	Costo hora adicional (a+b+c+d)				TOTAL (2)	= 8.34
<b>8.- COSTO TOTAL POR HORA</b>						
a.	Costo por hora (6 + 7e)					= 35.90
b.	Gastos Financieros	0%				= 0.00
c.	Gastos Administrativos	0%				= 0.00
d.	Utilidad	0%				= 0.00
e.	Costo total por hora (a+b+c+d)				Nuevos Soles S/.	= 35.90
<b>Dolares Americanos U.S.\$</b>		=	<b>10.59</b>			
<b>Peón</b>		=	<b>5.13</b>			
<b>Oficial</b>		=	<b>5.24</b>			
<b>Operario</b>		=	<b>6.36</b>			
<b>Capataz</b>		=	<b>10.59</b>			
TC:	3.39					
El importe consignado no Incluye I.G.V.						

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Tabla n.º 4. 9. Análisis de hora máquina.

ANÁLISIS DE HORA MÁQUINA																
DATOS GENERALES							COSTO HORARIO MÁQUINA OPERADA						COSTO MÁQUINA TOTAL			
ITEM	DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	MARCA	MODELO	Categoría del Operador	POTENCIA HP	Precio U\$ Suministro	Costo de Posesión	Costo de Mantenimiento y Reparación	Costo de Suministro de Combustible	Costo de Neumáticos / Elementos de corte	Costos Indirectos Operador	Costo Planilla Actualizado Operador	Total Costo de Máquina Operada	Consumo Galones	Costo de Combustible	Tarifa U\$ Hora Máquina
1	CISTERNA DE AGUA 5000	VOLVO	NL12 6x4	N2	400	0.51	15.93	6.46	2.30	3.75	1.61	9.32	39.37	4.50	11.25	50.62
2	CISTERNA DE AGUA 9000	VOLVO	NL12 6x4	N3	400	0.51	21.59	9.25	1.79	7.48	3.16	11.10	54.37	3.50	8.75	63.12
3	MOTONIVELADORA	KOMATSU	GD 655-3	E4+H	190	0.51	19.01	9.99	1.89	8.69	2.61	14.22	56.40	3.70	9.25	65.65
4	RETROEXCAVADORA	KOMATSU	WB140-2	E3+H	86	0.51	12.01	6.38	1.15	1.89	1.61	8.37	31.40	2.25	5.63	37.03
5	RODILLO LISO	BOMAG	BW 211 D-4	E4+H	100	0.51	13.01	7.91	1.53	0.98	1.61	7.35	32.40	3.00	7.50	39.90
6	VOLQUETE 15 M3	VOLVO	NL 12 6x4	N3	400	0.51	11.31	6.24	1.91	3.00	1.61	9.33	33.40	3.75	9.38	42.78

UTILIDAD % 0%

GASTOS GENERALES % 0%

PRECIO DE COMBUSTIBLE \$ 2.50

TIPO DE CAMBIO 3.39

Proveedor	2017
TIPO DE CAMBIO	3.39
COMBUSTIBLE MYSRL	2.50

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

Tabla n.º 4. 10. Análisis de costos hora hombre y hora máquina.

Análisis de costo hora hombre, peón, oficial, operario, capataz y cisterna (U.S.\$/h) knockout dustply	
Peón	5,13
Oficial	5,240
Operario	6,360
Capataz	10,59
Cisterna de agua 5 000	50,62
Motoniveladora	65,65
Rodillo liso Bomag BW 211 D-4	39,90
TC:	3,39
<b>Total</b>	<b>\$ 183,48</b>

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

$$\text{Costo por metro cuadrado} = \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} = 0,1666 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Costo en 300 m} = 0,1666 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} \times \text{área}$$

$$\text{Costo en 300 m} = 0,1666 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} \times 2\,400 \text{ m}^2 = 399,84 \text{ US\$}$$

Costo total knockout dustply en 300 m de aplicación

$$= 399,84 \text{ US\$} + 183,48(8h) \text{ US\$} = 1\,867,68 \frac{\text{US\$}}{\text{m}}$$

Costo de disolución en 1 Km

$$\text{Costo en 1 Km} = 0,1670 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} \times \text{área}$$

$$\text{Costo en 1 Km} = 0,1670 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} \times 8\,000 \text{ m}^2 = 1\,336 \text{ US\$}$$

Costo total knockout dustply en 1 Km de aplicación

$$= 1\,336 \text{ US\$} + 183,48(8h) \text{ US\$} = 2\,803,84 \frac{\text{US\$}}{\text{Km}}$$

Como se aprecia en los cálculos se tiene un costo total de 1 867,68 \$/m en una longitud de 300 metros en un día.

Como se aprecia en los cálculos se tiene un costo total de 2 803,84 \$/Km en una longitud de 1 Km en un día.

Tabla n.º 4. 11. Costo a partir de la segunda aplicación del knockout dustply.

Análisis de costo hora hombre, peón, oficial, operario, capataz y cisterna (U.S.\$/h) knockout dustply.	
Peón	5,13
Oficial	5,240
Operario	6,360
Capataz	10,589
Cisterna de agua 5 000	50,617
TC:	3,390
<b>Total</b>	<b>\$ 77,94</b>

Fuente: Minera Yanacocha SRL.

#### 4.4. Resultados de reducción de material particulado con dasaut, dl10 plus y

Tabla n.º 4. 12. Cuadro comparativo del porcentaje de reducción de material particulado de los supresores y del estabilizador.

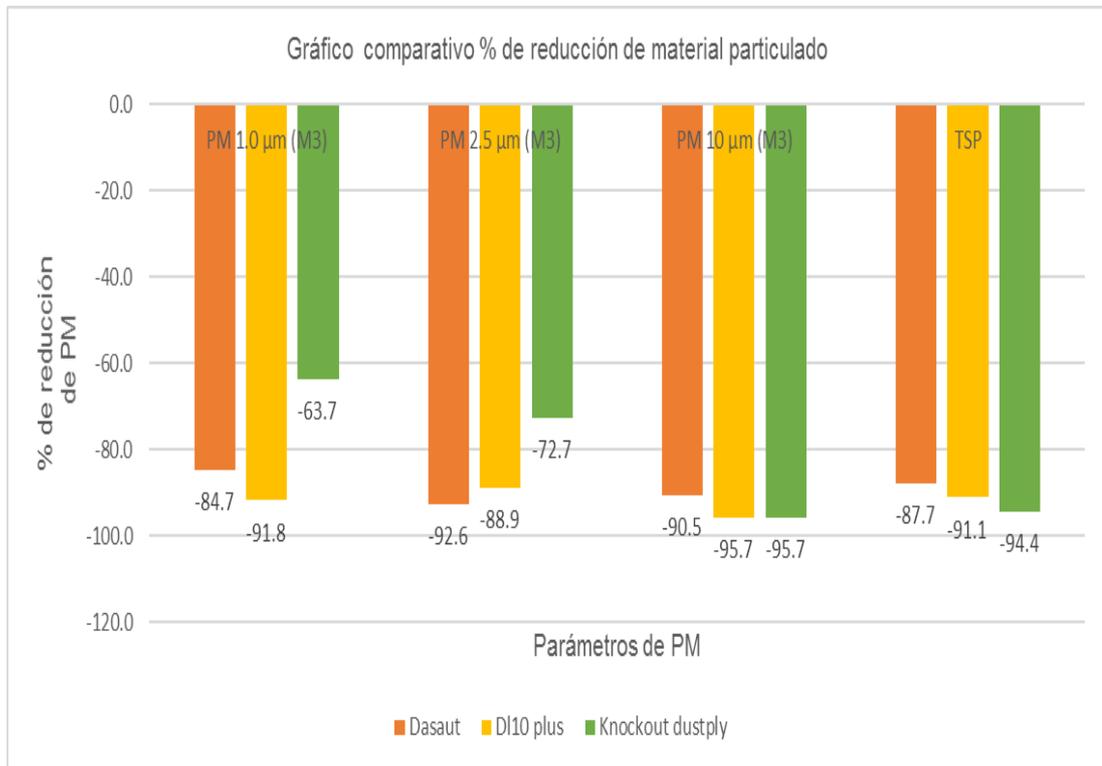
Cuadro comparativo % de reducción de material particulado				
Medición del % de reducción de MP	PM 1.0 µm (M3)	PM 2.5 µm (M3)	PM 10 µm (M3)	TSP
Dasaut	-84.7	-92.6	-90.5	-87.7
DL10 plus	-91.8	-88.9	-95.7	-91.1
Knockout dustply	-63.7	-72.7	-95.7	-94.4

**knockout dustply.**

Como se observa en el grafico 49 se tiene un promedio en % de reducción de material particulado de dasaut de 88,875 dl10 plus de 91,89 y knockout dustply de 81,625.

Fuente: Propia.

Figura n.º 4. 24. Reducción de material particulado de los supresores y del estabilizador.



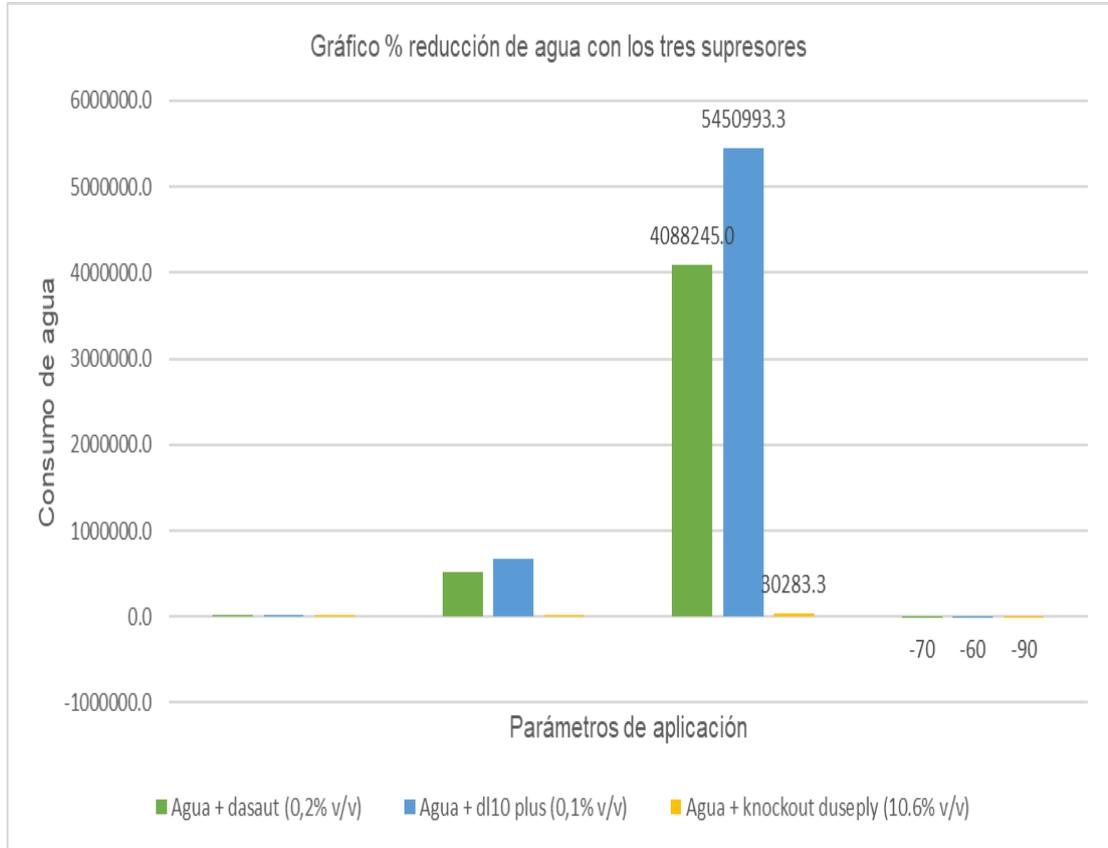
#### 4.5. Resultados porcentaje de reducción de agua con dasaut, dl10 plus y knockout dustply.

Tabla n.º 4. 13. Cuadro comparativo del porcentaje de reducción de agua.

Cuadro comparativo % reducción de agua con los tres supresores									
Tipo de aplicación	Longitud (m)	Ancho promedio (m)	Total, área (m <sup>2</sup> )	Agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/riego)	Nº de riegos/día	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/día)	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/al mes y medio)	Total, agua utilizada para mitigar el impacto (Lts/año)	% Optimización consumo de agua
Agua + dasaut (0,2% v/v)	1000	8	8000	18927.1	3	11356.2	511030.6	4088245.0	-70
Agua + dl10 plus (0,1% v/v)	1000	8	8000	18927.1	4	15141.6	681374.2	5450993.3	-60
Agua + knockout dustply (10.6% v/v)	1000	8	8000	18927.1	1	3785.4	3785.4	30283.3	-90

Fuente: Propia.

Figura n.º 4. 25. Reducción de consumo de agua.



Fuente: Propia.

**4.6. Resultados de costo de hora hombre, costo hora maquina y supresor en un día, mes y año en 1 km de aplicación.**

Costo con dasaut - Invetisa US\$/Km en un día	Costo con dl10 plus - Multinsa US\$/Km en un día	Costo con knockout dustply - TDM US\$/Km en un día
680.584	635.332	2803.84

Tabla n.º 4. 14. Costo con los supresores de PM en US\$/Km en un día.

Fuente: Propia.

Figura n.º 4. 26. Comparación de costos de los supresores.

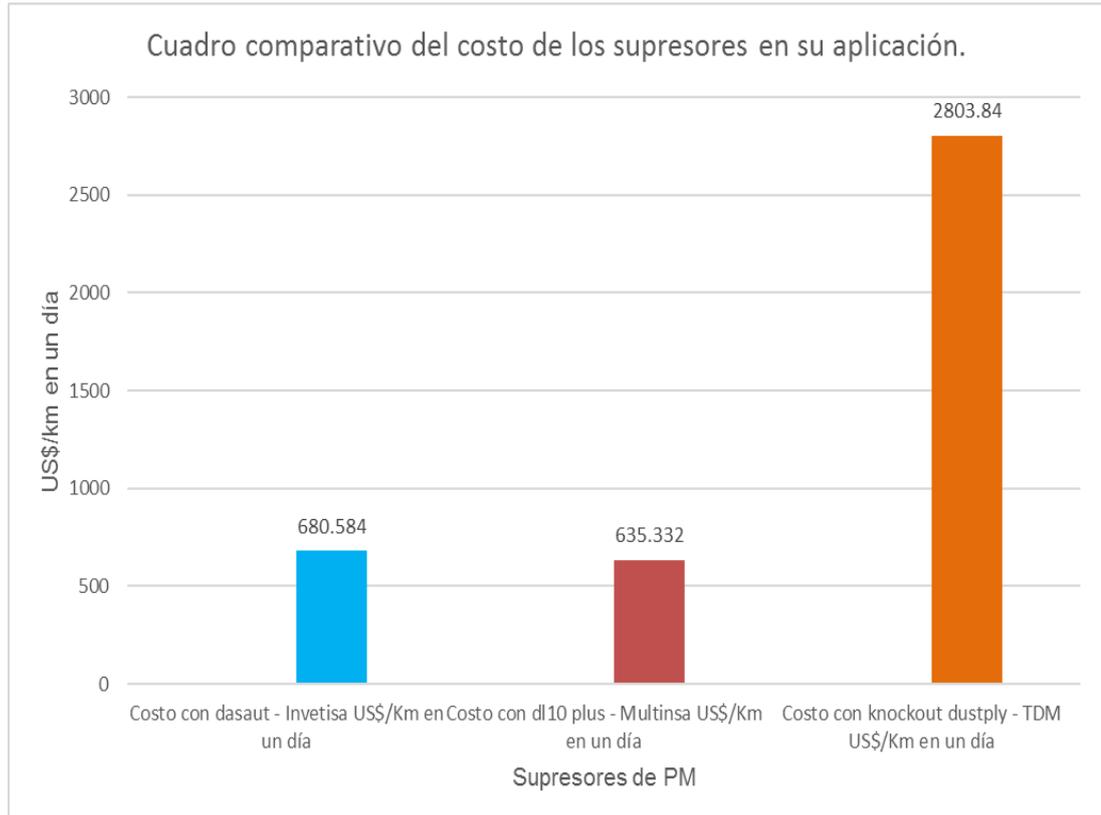


Tabla n.º 4. 15. Parámetros a tomar en el costeo.

Tabla n.º 4. 16. Costos de supresores a detalle en un año.

Supresores de PM	Costo hora	Fuente: Propia. Costo día	Costo mes y medio	Costo año
Costo con dasaut - Invetisa US\$/km	Cambio de dólar	680.6	3.39	245010.2
	Precio knockout dustply dólar		2.98	
Costo con dl10 plus Multinsa US\$/km	Precio de botens	635.3	23.840	228719.5
	Contenido de cada boten (litros)		1.000	
Costo con knockout dustply - TDM US\$/km	1519.5	2803.8	14267.4	114139.5

Fuente: Propia.

Figura n.º 4. 27. Costo del empleo de supresores en 1 año.



## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

Paiva y Martín (2018), manifiestan que el consumo del recurso hídrico hoy en día en la minería es un tema de debate, ya que es utilizado en cantidades inmensas, sin una medición o conciencia de lo que realmente se está utilizando. Para mitigar y alivianar el gasto de agua producido en la minería chilena en general, existen una serie de soluciones, de hecho, éstas tienen nombre, ya que se tratan de distintos productos que vienen a reemplazar el consumo de agua y sus funciones como tal, muchas veces mejorando su efecto sobre las tareas deseadas. Muchos de los recursos que se utilizan como recambio al agua tienen efectos negativos sobre el suelo en el que se

utilizan, como también hay otros que tienen deficiencias en ciertas condiciones, principalmente climáticas, pero también hay otros que las tienen según el tipo de minerales que hay en los suelos. Se confirma lo que mencionan Paiva y Martin con respecto al consumo del recurso hídrico en minería debido que el consumo en Yanacocha durante el año 2016 fue de 2 766 341,1 m<sup>3</sup> por año. Si nos damos cuenta este es un consumo de gran cantidad de agua y para evitar esto Yanacocha realizó 3 pruebas con distintos supresores de polvo ya mencionados para analizar cuál de ellos es más eficiente para ser utilizado en todas sus vías no pavimentadas.

Vera (2016), menciona que durante el año 2015 se implementó el uso de supresor de polvo recomendado (emulsión bituminosa), y se fueron registrando los gastos y consumos asociados a la iniciativa. En base a los resultados obtenidos, se puede mencionar que se logró una disminución de agua en un 69 %, por otra parte, a través del uso de supresor tipo bituminoso se logró disminuir en un 80,3 % las emisiones MP 2,5 promedio, mientras que para el MP 10 se logró una reducción de 81,7 %. Esto representa los excelentes resultados que permite alcanzar el uso de este tipo de supresor de polvo, entregando caminos libres de polvo, logrando mejores condiciones laborales para los trabajadores de faena y las comunidades aledañas, aumentando la seguridad e higiene en la operación y reduciendo además el impacto ambiental. Se afirma lo que menciona Vera porque en la investigación se demostró que con el uso de supresores obtuvimos los siguientes resultados. Dasaut disminuyó en un 70 % el consumo de agua y en un 88,9 % el material particulado, dl10 plus disminuyó en un 60 % el consumo de agua y en un 91,9 % el material particulado así mismo knockout dustply disminuyó en un 90 % el consumo de agua y en un 81,6 % el material particulado. Como se observa son resultados similares al resto de resultados de otras investigaciones.

Urteaga (2016), concluye que con la aplicación del supresor R42-10, optimizaron los ciclos de riego, disminuyendo en un 90 % la frecuencia de regado y por ende la reducción de consumo de agua de riego por día en las vías de tránsito de equipos livianos de minera Yanacocha. Se afirma lo que dice Urteaga porque en la investigación se demuestra que haciendo uso de 3 supresores de polvo se disminuye sobre el 60 % el consumo de agua se sabe también que en la actualidad existe una diversidad de supresores de polvo, pero lo que les interesa a las empresas mineras que sea factible tanto económico, ambiental y social.

## CONCLUSIONES

- ✓ La aplicación de dasaut ha tenido muy buenos resultados con respecto al ratio adición que es 2,0 ml/l, con un ratio de riego de 0,95 ml/m<sup>2</sup>, pH de 2,83 adicionando una cantidad de 37 854,1 ml del supresor por cisterna, tiempo de degradación de 180 días no teniendo efectos negativos en el ambiente, con un promedio de reducción de material particulado de 88,9%, así mismo se observó que los riegos en la zona eran de 10 aplicaciones esto quiere decir que con 3 aplicaciones reducimos un 70 % de consumo de agua por lo tanto

se concluye que este supresor es muy factible para ser utilizado en las vías de Minera Yanacocha SRL.

- ✓ La aplicación de dl10 plus ha tenido muy buenos resultados con respecto al ratio de adición que es 1,1 ml/l, con un ratio de riego de 0,5 ml/m<sup>2</sup>, pH de 7,23 adicionando una cantidad de 20 000 ml del supresor por cisterna, siendo un producto 100 % biodegradable no teniendo efectos negativos en el ambiente, con un promedio de reducción de material particulado de 91,9 %, así mismo se observó que los riegos en la zona eran de 10 aplicaciones esto quiere decir que con 4 aplicaciones reducimos un 60 % de consumo de agua por lo tanto se concluye que este supresor es muy factible para ser utilizado en las vías de Minera Yanacocha SRL.
- ✓ La aplicación de knockout dustply ha tenido muy buenos resultados con respecto al ratio de adición que es 118,2 ml/l, con un ratio de riego de 56,0 ml/m<sup>2</sup>, pH de 6,85 adicionando una cantidad de 2 000 000 ml del supresor por cisterna, siendo un producto 100 % biodegradable no teniendo efectos negativos en el ambiente, con un promedio de reducción de material particulado de 81.6 %, así mismo se observó que los riegos en la zona eran de 10 aplicaciones esto quiere decir que con 1 aplicaciones reducimos un 90 % de consumo de agua teniendo en cuenta que es un estabilizador donde se desarrollaron trabajos de escarificación del terreno, colocación de aditivo mediante riego, batido del terreno y compactación del terreno. Por lo tanto, se concluye que este supresor es muy factible para ser utilizado en las vías de minera Yanacocha SRL.
- ✓ Dentro de nuestra investigación realizamos el cálculo de costo de los supresores de polvo obteniendo como resultados los siguientes. Se comprobó que el dasaut tiene un costo de 30 626,3 \$/mes y medio en un Km y 245 010,2 \$/año en un Km; dl10 plus 28 589,9 \$/mes y medio en un Km y 228 719,5 \$/año en un Km como también el knockout dustply tiene un costo de 14 267,4 \$/mes y medio en un Km y 114 139,5 \$/año en un Km. En conclusión, estos fueron los costos obtenidos, y se puede observar que el más costoso es el dasaut, seguido del dl10 plus y el más económico es knockout dustply ya depende de la empresa cual elija para ser utilizado de acuerdo a sus necesidades teniendo en cuenta que los tres son viables.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Cumplir con el protocolo de aplicación de la dosis de impacto: en caso de remover la zona tratada, nivelar el material escarificado con la motoniveladora sobre la misma superficie y aplicar inmediatamente el dasaut en las cantidades indicadas con el camión cisterna.
- ✓ Cuando se realicen mantenimientos de vías programadas, re-extender parte del material retirado con la cuchilla para aprovechar el dasaut aplicado en el terreno y no perder las anteriores aplicaciones.

- ✓ Capacitar a los operadores en el uso del dasaut y sus correctas formas de aplicación.
- ✓ Difundir las actividades de control de polvo a todos los funcionarios de la mina y más aún a los operadores de los volquetes.
- ✓ Se recomienda continuar con la aplicación del supresor de polvo dl10 plus con el objetivo de lograr reducir la generación de polvo y/o material particulado y consumo de agua, logrando mitigar al máximo los impactos generados y los riesgos a los que se está expuesto.
- ✓ Se recomienda realizar los mantenimientos de la vía estabilizada (Solución agua-aditivo) según se crea conveniente considerando el estado actual de la vía estabilizada. Para el mantenimiento se recomienda regar 0,2 lts/m<sup>2</sup> de aditivo en una disolución de 1:40 (agua: aditivo).
- ✓ Se recomienda utilizar dl10 plus puesto que reduce un 91,9 % en material particulado.
- ✓ Se recomienda utilizar knockout dustply puesto que reduce un 90 % el consumo de agua y es el menos costoso con un costo de 114 139,5 \$/año en un Km.

## REFERENCIAS

- Alvaro Bravo Marian, K. E. (2016). *Determinación de la posible factibilidad de uso de biol en riego de vías, Tantauatay Cajamarca 2016. (Tesis de título)*. Cajamarca. Perú.: Universidad Privada del Norte.
- Bravo, M. A., & Ruiz, K. E. (2016). *Determinación de la posible factibilidad de uso de biol en riego de vías, Tantauatay Cajamarca 2016. (Tesis de título)*. Cajamarca. Perú.: Universidad Privada del Norte.
- Carlos, F. H. (2015). *Aplicación y evaluación de cloruro de magnesio hexahidratado (bischofita) como tratamiento y estabilizador de la capa de rodadura granular aplicado en el tramo de la carretera Espinar – Tintaya Marquiri. (Tesis de título)*. Arequipa. Perú.: Universidad Nacional de San Agustín.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2013). *Manual de carreteras diseño geométrico DG-2013*. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Grisales, J. C. (2015). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá Colombia: Macro EIRL.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista., P. (2010.). *Metodología de la investigación*. (Quinta edición. ed.). Mexico.: McGraw Hill / Interamericana editores.
- Hesperian. (2011). *La minería y la salud*. EEUU: Hesperian Health Guides.
- Invetisa. (2018). *Cuadro comparativo cantidad de riegos al día*. Lima: Invetisa.
- Invetisa. (2018). *Dasaut Supresor Orgánico de polvo. Invetisa, 2*.
- Invetisa. (2018). *Informe final supresor orgánico de polvo dasaut mina Yanacocha Newmont - Cajamarca*. Cajamarca: Invetisa.
- Jimeno, C. I., Jimeno, E. I., Bértudez, P. G., & Degea, A. H. (2014). *Manual de transporte con volquetes y diseño de pistas mineras*. Madrid. España.: Gráficas Arias Montano, S.A.
- L., A. S. (05 de Mayo de 2018). Tendencias: Control de polvo en minería. *Construcción minera & energía*, pág. 5.
- León, C. F. (2016). *Evaluación del efecto del supresor de polvo en el procesamiento de minerales auríferos a nivel de laboratorio. (Tesis de título)*. Bucaramanga. Colombia.: Universidad Industrial de Santander.
- León., C. F. (2016). *Evaluación del efecto del supresor de polvo en el procesamiento de minerales auríferos a nivel de laboratorio. (Tesis de título)*. Bucaramanga. Colombia.: Universidad Industrial de Santander.
- Marina, A. B., & Ruiz, K. E. (2016). *Determinación de la posible factibilidad de uso de biol en riego de vías, Tantauatay Cajamarca 2016. (Tesis de título)*. Cajamarca. Perú.: Universidad Privada del Norte.

- Multinsa 1A S.A. (2017). *MSDS dl10 plus supresor de polvo*. Barrancabermeja, Colombia.: Multinsa.
- Multinsa. (2018). *dl10 plus. Supresores de polvo* (pág. 24). Cajamarca: Multinsa.
- Multisa. (2018). *Casos exitosos dl 10 Plus*. Colombia: Multinsa.
- Paiva, M. D., & Martín, D. P. (2018). *Métodos de supresión de polvo para evitar el gasto excesivo del recurso hídrico en la minería. (Tesis de título)*. Viña del Mar. Chile.: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Por Ramón Rada J. y Ricardo Cruz M. (2013). *"Impacto potencial de la aplicación de supresores de polvo"*. EEUU: Universidad de Nevada.
- TDM. (2018). *Sistema de control de polvo con knockout dustply*. Cajamarca. Perú.: TDM.
- Urteaga, M. P. (2016). *Elaboración de un estudio técnico y económico basado en la aplicación del supresor R42-10 para optimizar la frecuencia de regado en la vía de servicios de minera Yanacocha, Cajamarca ,Perú, 2016*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Vera, D. I. (2016). *Evaluación económica del control de polución y reconstrucción de carpeta de rodado en camino industrial los bronces con supresor de polvo. (Tesis de título)*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Vera, D. I. (2016). *Evaluación económica del control de polución y reconstrucción de carpeta de rodado en camino industrial los Bronces con supresor de polvo.(Tesis de título)*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Villalaz, I. C. (2008). *Mecánica de suelos y cimentaciones* . Mexico: Limusa, S.A.



Anexo n.º 1. Ficha técnica - Dasaut.



## DASAUT

Supresor Orgánico de polvo

### DESCRIPCIÓN

DASAUT es un estabilizante y aglomerante de polvo fugitivo (es el polvo que se levanta muy fácilmente con el paso de vehículos y vientos suaves) que debido a su adherencia lo aglomera en gránulos o pequeñas placas, evitando su movimiento hacia las plantaciones, fábricas o viviendas.

Es orgánico y no tiene restricciones de uso porque es una dispersión de polisacáridos de alto peso molecular disueltos en agua acidificada con ácidos orgánicos grado alimenticio (Aprobados por FDA y EPA).

Los supresores de polvo comunes tales como cloruro de magnesio y cloruro de calcio, han sido utilizados para combatir el polvo en las Industrias de construcción de carreteras y de la minería durante décadas. Con el tiempo, la flora y la fauna que están próximos a la aplicación de estos productos, se ven afectados negativamente por el escurrimiento o por el exceso de pulverización del material.

DASAUT no es un polímero artificial que se degrada en 100 años.

DASAUT es un polímero natural que se degrada en 180 días y no tiene efectos negativos en el medio ambiente.

### COMPOSICIÓN

- Polisacárido Ácido Polimerizado
- Ácidos orgánicos USP
- Agua

### ALMACENAJE

Almacenar en condiciones normales ambientales. Soporta temperaturas de 0° C hasta 80° C.

### USO Y DOSIS

La dosis depende de la granulometría del material y de la humedad del ambiente.

La dosis promedio es de 1 a 2 ml (0.1% a 0.2%) de DASAUT disueltos en 1 litro de agua. De esta solución utilizar 1 litro por m<sup>2</sup> de superficie.

INDUSTRIAL VETSI INTERNACIONAL S.A.  
Calle Cerro Verde 443 San Ignacio de Monterrico Surco – Lima – Perú  
[www.invetisa.com](http://www.invetisa.com)



## ANEXOS



# IN VETISA

## EN TALUDES

1 ml de DASAUT por litro de agua por m<sup>2</sup> cada 15 días.

## EN VÍAS DE ACARREO DE MATERIAL

1 ml a 2 ml de DASAUT por litro de agua por m<sup>2</sup>, 10 aplicaciones por mes en promedio, pudiendo ser mayor o menor la frecuencia de acuerdo a la circulación de vehículos.

## EN VÍAS AGRÍCOLAS

1 ml de DASAUT por litro de agua por m<sup>2</sup> 4 aplicaciones al mes. El uso de este producto no afecta al cultivo.

## EN FAJAS TRANSPORTADORAS

1 a 2 ml de DASAUT m<sup>2</sup> disuelto en la cantidad de agua que normalmente agregan.

## EN PILAS DE DIFERENTES MINERALES

2 ml de DASAUT por litro de agua por m<sup>2</sup>.

## VENTAJAS

### DASAUT

Es soluble en agua salada.

Es amigable con el medio ambiente.

NO es lavado por la lluvia.

NO se adhiere a las llantas.

NO contiene cloruro de calcio

NO contiene derivados de petróleo

NO obstruye las boquillas de los atomizadores.

NO ocasiona que los camiones derrapen (que resbalen los camiones)



INDUSTRIAL VETSI INTERNACIONAL S.A.

Calle Cerro Verde 443 San Ignacio de Monterrico Surco – Lima – Perú  
[www.invetisa.com](http://www.invetisa.com)



 <p><b>MULTINSA S.A.</b> C.I. REGISTRO DE EMPRESAS 141824</p>	    		
	<p><b>FICHA TECNICA</b> <b>SUPRESOR DE POLVO DL-10+</b></p>		
		<p>Versión: 1 Julio/ 2015</p>	<p>Pág.: 1 de 6</p>

**Nombre del Producto:** DL-10+.

**Formula:** Resinas poliméricas hidrofóbicamente modificadas

**Descripción:** Agente de humectación, penetración, supresor de polvo y estabilizador de caminos.

**USO DEL PRODUCTO:** Producto útil para la humectación de terrenos, vías y caminos sin pavimentar, controlando las emisiones de polvo. Actúa iónicamente sobre las partículas PM10 generando coalescencia de las mismas hasta formar una película que se configura como capa de rodadura.

**Ventajas:**

- Disminuye las emisiones de material particulado en el ambiente (polvo).
- Estabiliza la superficie, creando una película de rodadura sin afectar la tracción de los vehículos en el terreno.
- Mantiene humectada la superficie por mucho más tiempo.
- Ahorro en el consumo de agua.
- No genera superficies deslizantes e inestables.
- 100% biodegradable.

**Modo de Empleo.**

**Dosis de Impacto:** Dosis bajo la cual se diluye una alta proporción de DL-10+ con el fin de lograr una rápida reacción y curado.

**Dosis Estándar:** Dosis bajo la cual se llevan a cabo los riegos para mantener un control en la generación de material particulado.

Tabla N° 1

Dosisificación			
Dosis	Riegos/Días	Tiempo Humectación/horas	Concentración
Impacto	4 ó 5	1.5-2.0*	3.0gls DL-10+/20.000gls H <sub>2</sub> O
Estándar	3	1.5-2.0*	1.5gls DL-10+/20.000gls H <sub>2</sub> O

\* Los tiempos aquí descritos. Obedezcan a condiciones para un día soleado, con temperaturas regulares entre 38 a 40 °C. Puede haber variación según las condiciones climatológicas y humedad del medio.

**Aplicación del Producto.**

Diluir y homogenizar el producto de acuerdo con la cantidad de agua a utilizar, aplique el producto por medio de un sistema de riego o aspersión que garanticen el contacto del producto con la superficie.

Anexo n.º 3. Ficha técnica – DL10 plus

			
	<b>FICHA TECNICA</b> <b>SUPRESOR DE POLVO DL-10+</b>		
		Versión: 1 Julio/ 2015	Pág.: 1 de 6

### ¡Precauciones!

La dosis óptima y el modo de aplicación, se debe determinar mediante ensayos in situ y está sujeta por la naturaleza y condiciones del terreno. Consultar con el personal Técnico.

### Datos Técnicos.

Tabla N° 2

COMPOSICION					
COMPONENTES	# CAS	% W/W	ACGIH		UNIDAD
Resinas poliméricas modificadas	111-62-6	36	N/A	N/A	N/A
Excipientes	N/A	64	N/A	N/A	N/A

Tabla N° 3

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS			
Estado físico	Líquido viscoso.	Gravedad Específica	1.0 - 1.1
Solubilidad en Agua	100%	pH	8.5 +/- 0.5
Color	Ámbar.	Olor	Dulce.
Punto de ebullición	100 °C		

\* Los resultados descritos representan los valores típicos de producción y no constituyen especificaciones.

**INFORMACIÓN ADICIONAL:** DL-10+ es un producto amigable con el medio ambiente, diluido puede ser vertido en el sistema de alcantarillado para aguas lluvias según regulaciones de cada lugar. Se recomienda para una adecuada manipulación consultar la MSDS de este producto.

**OFERTA COMERCIAL:** 5 galones, 1000Lts, Granel.

### ¡ADVERTENCIA!

El producto DL-10+ ha sido desarrollado con altos estándares de calidad, de acuerdo con una amplia experiencia; bajo criterios de su grupo de investigación. Los productos de Multiservicios de Ingeniería 1A, tal como se ofertan, Cumplen con los propósitos para los cuales han sido fabricados. Por consiguiente no se extienden garantías por condiciones en que se han aplicado o manipulado arbitrariamente.

Elaborado en Barrancabermeja (Santander) por:

**C.I. MULTISERVICIOS DE INGENIERÍA 1-A S.A.** Calle 74 N° 19-01 PBX: (7) 6222990 - 6111603 info@multinsa.com

Anexo n.º 4. Ficha técnica - Knockout dustply

**Rápidamente efectivo**

---

**Absorción inmediata**

---

**100% Biodegradable**

---

**No corrosivo**

---

**Larga duración**



## KNOCKOUT

SUPRESOR DE POLVO

El polvo causado por la erosión producto del viento y la actividad humana puede viajar varios kilómetros desde su origen. Esto potencialmente afecta negativamente grandes áreas y puede causar interrupciones de tiempo que consumen en las áreas de trabajo. Además, la contaminación por polvo plantea preocupaciones sobre la calidad del aire en las comunidades y el medio ambiente que las rodea.

### Ambientalmente Amigable

NaturesOwn® Knockout es un producto revolucionario para ser usado como un supresor de polvo de caminos y un estabilizador de caminos de grava. Los supresores de polvo comunes contienen cloruro de magnesio y cloruro de calcio, y han sido utilizados para combatir el polvo en la construcción de carreteras y de en la minería durante décadas. Con el tiempo, la flora y la fauna ubicados cerca a la aplicación de estos productos, se ven afectados negativamente por el escurrimiento o por el exceso de pulverización del material.

Un estudio realizado por la Universidad Estatal de Colorado encontró que "Las altas concentraciones de iones de MgCl2 en el suelo pueden ser tóxicos o cambiar la interrelaciones del agua de tal manera que la planta no puede acumular fácilmente el agua y los nutrientes. Una vez dentro de la planta, el cloruro se mueve a través del sistema de conducción del agua y se acumula en los márgenes de las hojas, produciendo la muerte regresiva. Las hojas se debilitan o mueren, lo que puede conducir a la muerte del árbol". (BA Goodrich y WR Jacobí)

NaturesOwn® Knockout es un derivado natural y su fórmula es 100% biodegradable, no es tóxico por lo que no tiene efectos negativos en el medio ambiente.

### Absorción del producto

La aplicación de NaturesOwn® Knockout es efectiva inmediatamente después de su aplicación. La facilidad de su uso proporciona un ahorro inmediato de agua, trabajo, y la utilización y desgaste de los equipos de aplicación. Un beneficio adicional es la capacidad de poder utilizar la carretera tratada inmediatamente después de la aplicación. No hay necesidad de esperar a su absorción o preocuparse de los daños o desgaste de los vehículos que puedan entrar en contacto con el producto.



Tránsito de caminos tratados a caminos no tratados



La quemadura del follaje es causada por la obstrucción de cloruro de magnesio.



**Especificaciones del Tote**

140 libras/63.5 kg - peso vacío  
2,828 libras / 1,287 kg - peso lleno  
995 litros

**Hamilton Manufacturing, Inc.**  
901 Russett Street  
Twin Falls, ID 83301 USA  
Phone: 001.208.733.9689  
Email: info@hmi-mfg.com  
Web: www.hmi-mfg.com



www.gettheGreen



### No Corrosivo

Natures Own® Knockout es fácil de usar y no causa corrosión a los tanques de las cisternas ni a las barras aspersoras durante la aplicación, o a los vehículos que circulen por los caminos tratados.

### Duración

La aplicación típica durará de 2 a 3 meses si hay tráfico pesado, o de 3 a 4 meses si hay tráfico ligero. Una vez aplicado el producto, los resultados son inmediatos en la superficie tratada.

### Especificaciones y tasas de aplicación

NaturesOwn® Knockout es un supresor que se dispersa y es fácil de mezclar y aplicar. Knockout se mezcla fácilmente con el movimiento y agitación del sistema de agua. Mezcle Knockout en el tanque de agua y lleve el vehículo al lugar donde se desee aplicar.

Simplemente siga las fórmulas para disolverlo que se explican abajo dependiendo del área que usted desee ser protegida. Le recomendamos que Knockout sea añadido al tanque del camión de agua antes del surtido del agua y permita que la solución se mezcle completamente antes de aplicar, sin embargo la mezcla no requiere una agitación rigurosa.

Tipo de Tráfico	Volumen de Knockout	Área Cubierta
Tráfico Ligero 20 partes de agua:1 parte de Knockout	1 galón (3,785 litros)	17,7m <sup>2</sup>
	229 galones	4,000 m <sup>2</sup>
	506 galones	10,000 m <sup>2</sup>
Tráfico Pesado 10 partes de agua, 1 parte de Knockout	1 galón (3,785 litros)	8,8m <sup>2</sup>
	458 galones	4,000 m <sup>2</sup>
	1,133 galones	10,000 m <sup>2</sup>



**KNOCKOUT**  
SUPRESOR DE POLVO  
*Tu solución al control del polvo!!*

Hamilton Manufacturing, Inc.  
901 Russat Street  
Twin Falls, ID 83301 USA  
Phone: 001.208.733.9689  
Email: info@hmi-mfg.com  
Web: www.hmi-mfg.com





## HOJA DE SEGURIDAD

# DASAUT

SUPRESOR ORGANICO DE POLVO

### I. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y COMPAÑIA

Nombre del Producto

- Comercial : DASAUT
- Genérico : Polisacárido
- Químico : Polisacárido de cadena larga
  
- Fabricante : Industrial Vetsi Internacional S.A.  
IN-VETISA  
Calle Cerro Verde No. 443  
Urb. San Ignacio de Monterrico  
Surco – Lima – Perú  
Tfo.: 275-0515 Fax : 279-0428  
E-mail: [infoper@invetisa.com](mailto:infoper@invetisa.com)
  
- Fecha de Revisión : 15 de Marzo de 2018

### II. INFORMACION Y COMPOSICION DE INGREDIENTES

Ingredientes Principales

- Polisacárido Acido Polimerizado
- Acidos USP
- Agua

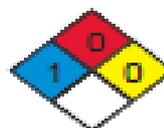
Nº CAS  
51395-75-6

Nº DIGESA  
005502-2012/DEPA/DIGESA

Nº SENASA  
4668-2012-AG-SENASA-DIAIA-SIA

### III. IDENTIFICACION DE PELIGROS

- Salud : 1
- Inflamación : 0
- Reactividad : 0
- Protección Personal : 0



Sistema de identificación de Materiales peligrosos (HMIS)

- 4- Riesgo muy grave
- 3- Riesgo serio
- 2- Riesgo moderado
- 1- Riesgo ligero
- 0- Riesgo mínimo

Calle Cerro Verde No. 443 Urb. San Ignacio de Monterrico - Surco - Lima 33 - Perú  
Tel. 275-0515 Telefax 279-0428 / 275-2528  
E-mail: [infoper@invetisa.com](mailto:infoper@invetisa.com) / [invetisa@telefonos.net.pe](mailto:invetisa@telefonos.net.pe)

Anexo n.º 5. Hoja MSDS - Dasaut.



#### IV. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Ingestión	:	Tomar abundante agua y leche.
Inhalación	:	No es irritante.
Contacto con la piel	:	Lavar con agua y jabón.
Contacto con los ojos	:	Lavar con abundante agua.

#### V. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA EL FUEGO

##### Por incendio o explosión

Agentes de Extinción recomendado	:	No hay ninguna exigencia de medios de extinción especiales.
Área a evacuar	:	Solo el área de incendio.
Exposición peligrosa	:	Bajo situaciones de fuego el material genera gases.
Equipo de protección para emergencias.	:	Equipo de respiración y trajes de protección.

#### VI. MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DERRAME O FUGA

##### Por derrame o fuga

Material para dispersión	:	Agua
Área a evacuar	:	Solo el área de derrame
Procedimiento recomendado	:	Desplazar con agua a presión hasta 200 lbs. por pulgada cuadrada.
Equipo de protección Personal	:	Guantes de neopreno y lentes de plástico.

#### VII. RECOMENDACIONES DE ALMACENAJE

Almacenar en lugar fresco y seco.  
Mantener los envases bien cerrados, después de usar.

#### VIII. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA MANIPULEO

- Usar EPP
- Mascarilla nariz y boca
- Guantes
- Lentes de protección
- Botas de punta de acero



#### IX. PROPIEDADES FÍSICAS / QUÍMICAS

Solubilidad	:	Soluble
• Agua	:	10%
• Grasa	:	10%
• Aceite	:	10%
Densidad	:	1.30 – 1.35
Apariencia y Color	:	Líquido marrón claro
pH	:	6.5 al 0.5 ‰
Densidad de vapor	:	1.2 ( Aire =1)
Presión de vapor	:	10 – 15 mm de Hg a 90° C
Punto de ebullición	:	100° C – 110° C
Punto de Fusión	:	No aplicable
Punto de inflamación	:	No aplicable
Punto de auto de ignición	:	No aplicable
Límites de inflamabilidad inferior	:	No inflamable
Límites de inflamabilidad superior	:	No inflamable

#### X. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

DASAUT es estable	:	
Agua	:	No reacciona
Aire	:	No reacciona
Impactos	:	No reacciona
Luz solar	:	No reacciona
Incompatibilidades	:	Alcalis concentrados
Compatible	:	Ácidos

#### XI. INFORMACION TOXICOLÓGICA

LD <sub>50</sub> oral	:	> 2,000 mg. / Kg. de peso
-----------------------	---	---------------------------

#### XII. INFORMACION ECOLÓGICA

Dasaut es un producto totalmente orgánico, no tiene ningún efecto nocivo o adverso sobre el medio ambiente. No es residual y no se acumula en el medio ambiente.

#### XIII. METODO DE ELIMINACION DE DESECHOS DE MATERIAL RESIDUAL

No tiene desechos, ni material residual.

#### XIV. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

ADR/RID	:	Clasificado como producto no peligroso.
IMO	:	Clasificado como producto no peligroso.
IATA	:	Clasificado como producto no peligroso.
IATA – Grupo de Embalaje:	:	III IATA
Número ONU	:	Clasificado como producto no peligroso
IMDG	:	Envases de plástico de material virgen



#### **XV. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

##### **Frasas S**

- S 2 Manténgase fuera del alcance de los niños.  
S 26 En caso de contacto con los ojos, lávese inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico  
S 28 En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua.  
S 46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase  
S 39 Usese protección para los ojos/la cara

Disposiciones particulares: NINGUNA

Otros: El producto DASAUT cumple con el criterio de biodegradabilidad.

#### **XVI. OTRAS INFORMACIONES**

Los datos consignados en esta hoja informativa, fueron obtenidos de fuentes confiables.

Posibles modificaciones del producto

Calor: NINGUNO

Frio: NINGUNO

Luz: PIERDE COLOR

Humedad: NINGUNO



Ing. Paul Castro  
Control de Calidad

 <p><b>MULTINSA</b> S.A. C.I. MULTISERVICIOS DE INGENIERÍA I-A S.A.</p>	    	
	<p><b>MSDS DL-10</b> <b>SUPRESOR DE POLVO</b></p>	
		<p>Versión: 3 Abril / 2022</p>

Pág. 1 de 8

### I. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO QUÍMICO Y LA COMPAÑÍA

**FÓRMULA:** Esteres orgánicos oleaginosos.

**TIPO DE PRODUCTO:** Agente supresor de polvo.

**CLASIFICACIÓN:** No Peligroso.

**OTRAS REGULACIONES:** Ninguna.

**USO DEL PRODUCTO:** Control de polvo para caminos sin pavimentar, actúa iónicamente sobre las partículas PM10 generando coalescencia de las mismas hasta formar una película que se configura como capa de rodadura.

**NOMBRE DE LA COMPAÑÍA:** C.I. Multiservicios de Ingeniería I-A S.A.

**DIRECCIÓN:** Carrera 19 A No. 73 – 65 Barrancabermeja, Colombia.

**TELÉFONOS:** (57) (7) 622 2990 – FAX: (57) (7) 622 3251

**E-mail:** [info@multinsa.com](mailto:info@multinsa.com) - [gerencia.tecnica@multinsa.com](mailto:gerencia.tecnica@multinsa.com)

### II. COMPOSICIÓN, INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

INFORMACIÓN SOBRE COMPONENTES	No. CAS	% W/W	ACGIH		UNIDAD
			TWA	STEL	
Esteres Grasos del Aceite de Palma	111-62-6	36	N/A	N/A	N/A
Excipientes	N/A	64	N/A	N/A	N/A

### III. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

**DL10 SUPRESOR DE POLVO:** Es una sustancia de consistencia líquida, color café oscuro y olor dulce, de carácter neutro. El producto es una solución de esterres grasos obtenidos a partir de la refinación física de ácidos grasos. DL-10 no genera superficies deslizantes, se recomienda el uso de elementos de seguridad, al contacto directo y prolongado, puede causar irritación en ojos y enrojecimiento leve de la piel. Se recomienda el uso de guantes y la indumentaria adecuada para su manipulación.



Anexo n.º 6. Hoja de MSDS dl10 plus.

			
	<b>MSDS DL-10</b> <b>SUPRESOR DE POLVO</b>		
		Versión 2 Abril / 2012	Pág. 1 de 6

			
	<b>MSDS DL-10</b> <b>SUPRESOR DE POLVO</b>		
		Versión 2 Abril / 2012	Pág. 1 de 6

ÍNDICE DE RIESGO (NFPA)	ESCALA DE CLASIFICACIÓN
Fuego = 0	0 = Mínimo
Especial = 0	1 = Ligero
Salud = 1	2 = Moderado
Reactividad = 0	3 = Grave

#### IV. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

**Contacto con los Ojos:** Enjuagar inmediatamente con abundante agua la parte afectada, hasta que el material se haya eliminado. Si usa lentes de contacto, quitarlos inmediatamente. Debe levantarse ambos párpados para asegurar un enjuague completo.

**Contacto con la Piel:** El contacto prolongado y repetido produce irritación. Si el producto está diluido, los riesgos son mínimos. Si hay impregnación de la indumentaria, se recomienda lavarse antes de utilizarse de nuevo. Algunas personas con piel sensible pueden mostrar un enrojecimiento reversible.

**Ingestión:** Esencialmente no tóxico. En caso de afectación por el producto no induzca el vómito. Si se evidencia malestar estomacal, consulte a su médico.

**Inhalación:** No tóxico. A temperatura ambiente no produce emisiones de vapores tóxicos, En caso de incendio genera por descomposición emanaciones de gases como de dióxido de azufre que ataca el tracto respiratorio. Traslade a la persona afectada a un lugar donde haya aire fresco.

#### V. MEDIDAS PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS

**DL10 Supresor de Polvo:** Es estable y no es inflamable.

**Flash Point:** N/A.

**Temperatura de Autoignición:** N/A.

**Riesgo especial de Fuego y/o Explosión:** Ninguno.

**Medio de Extinción:** N/A.



 <p><b>MULTINSA TA</b> C.I. MULTINERVICIOS DE INGENIERÍA S.A.S.</p>		
	<p><b>MSDS DL-10</b> <b>SUPRESOR DE POLVO</b></p>	
		<p>Versión: 3 Abril / 2013</p>

**Procedimientos para Combatir en Caso de Fuego:** Utilizar equipos de respiración autónoma. Mantener alejados de la zona de fuego los recipientes con producto. Enfriar los recipientes expuestos a las llamas para evitar su ebullición. Consultar y aplicar planes de emergencia en el caso que existan.

**Productos de Combustión:** El producto por descomposición térmica produce vapores de dióxido de azufre, dióxido de carbono y monóxido de carbono.

#### VI. MEDIDAS PARA ESCAPE ACCIDENTAL

**Medidas Personales:** Produce superficies altamente deslizantes, para su manipulación utilice botas de seguridad antideslizantes.

**Pasos a Seguir en Caso de Fuga o Derrame:** Aísle el área del derrame, recoja con trapeador o trapo. Lave el área del derrame con agua y deje secar.

**Método para Disposición del Residuo:** El producto diluido puede ser vertido en el sistema de alcantarillado (consulte las regulaciones de cada lugar).

#### VII. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

**Precauciones para el Manejo y Almacenamiento:** Almacenar en lugar seco, Evitar la exposición a los vapores. En el trasvase utilizar guantes y gafas para protección de salpicaduras accidentales.

##### ALMACENAMIENTO

**Temperatura y Productos de Descomposición:** Dióxido de azufre, dióxido de carbono y monóxido de carbono.

**Reacciones Peligrosas:** Material no combustible.

**Condiciones de Almacenamiento:** Guardar el producto en recipientes cerrados y etiquetados. Mantener los recipientes en lugar fresco y ventilado, lejos de temperaturas altas y de fuentes de ignición. Mantener alejado de agentes oxidantes fuertes.

**Materiales Incompatibles:** N/A.

**Temperatura y Productos de Descomposición:** El producto no es combustible, pero si alcanza temperaturas cercanas a 100°C entrara en ebullición fuerte ocasionando derrame de espuma, el residuo de la evaporación entrará en combustión generando gases como dióxido de azufre, dióxido de carbono y monóxido de carbono.

**Reacciones Peligrosas:** Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

#### VIII. CONTROLES DE EXPOSICIÓN, PROTECCIÓN PERSONAL

**Límites de Exposición:** DL10 SUPRESOR DE POLVO, no presenta riesgos para la salud. Es posible que ocurra una leve irritación en piel y en los ojos, ver... "Contacto con los ojos y piel Sección 4."

**Ventilación:** No se requiere ventilación especial durante su uso.

**Efectos sobre la Salud y Riesgos de Exposición:** Basándose en datos de toxicidad disponibles, no se anticipan efectos adversos sobre la salud por uso del producto. El contacto prolongado con este puede irritar la piel.

**Protección Respiratoria:** Ninguna Requerida.

**Protección Ocular:** Use gafas protectoras.





		
	<b>MSDS DL-10</b> <b>SUPRESOR DE POLVO</b>	
		Versión: 01 Abril / 2012
		Pág.: 1 de 8

## XII. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

**Biodegradabilidad:** >80% método OECD 301 A. El producto es biodegradable de acuerdo al criterio OECD.

**Biodegradabilidad:** Producto biodegradable.

**Precaución:** N/A.

**Ecotoxicidad:** Desconocemos los datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos de este producto.

**Movilidad:** log P(o/w): 8,23.

## XIII. CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN DEL PRODUCTO

**Residuos:** MULTINSA 1A. Promueve el reciclaje, recuperación y reutilización de materiales siempre que no revista riesgo alguno para las personas, el medio ambiente y los equipos involucrados en el proceso. Deben observarse todas las reglamentaciones locales y nacionales.

**Envases:** Los envases vacíos pueden contener residuos de productos (vapor, líquido y/o sólido), por lo tanto todas las precauciones de riesgo contenidas en esta ficha de seguridad, deben ser tenidas en cuenta.

## XIV. INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE

**Número ONU:** N/A.

**Carretera (ADR):** N/A.

**Ferrocarril (RID):** N/A.

**Organización Marítima Internacional (OMI):** N/A.

**Aire (OACI / IATA):** N/A.

## XV. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

**Símbolo de Peligro:** Xi - irritante.

**Frases de Riesgo:** R 36/38 - Irrita los ojos y la piel.

**Consejos de Seguridad:** S 26 - En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediatamente con abundante agua.

 <p><b>MULTINSA 1A</b> C.I. MULTISERVICIOS DE INGENIERÍA 1A S.A.</p>		
	<p><b>MSDS DL-10</b> <b>SUPRESOR DE POLVO</b></p>	
		<p>Versión: 3 Abril / 2012</p>

**XVI. INFORMACIÓN ADICIONAL**

**Revisada: GERENCIA TÉCNICA**  
**Fecha: ABRIL 2012**

**\*\*\* AVISO \*\*\***

La información descrita en este documento está basada en datos obtenidos por el fabricante y fuentes técnicas reconocidas. La interpretación en el uso de esta información para los propósitos del usuario queda librada al juicio del comprador. Por lo tanto, aunque se ha tenido cuidado razonable en la preparación de esta información, MULTISERVICIOS DE INGENIERIA 1A S.A. o sus distribuidores no extienden garantías, no efectúan declaraciones y no asumen ninguna responsabilidad en cuanto al uso e interpretación de la misma para los propósitos del usuario.





## Material Safety Data Sheet

### 1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

<b>Product Name</b>	KNOCKOUT
<b>Distributor</b>	Hamilton Manufacturing, Inc. 901 Russet Street, Twin Falls, ID USA
<b>Emergency Contact Information</b>	208-733-9689 or Toll free 1-800-777-9689
<b>Use</b>	Dust Suppressant

### 2. HAZARDS IDENTIFICATION

#### Potential Health Effects

<b>Inhalation</b>	Inhalation not likely. Mists may cause upper respiratory tract irritation.
<b>Skin Contact</b>	May cause mild irritation.
<b>Eye Contact</b>	May cause mild irritation.
<b>Ingestion</b>	Can irritate mouth, throat and stomach.
<b>Carcinogenicity</b>	No data available.
<b>Teratogenicity / Embryotoxicity</b>	No data available.
<b>Reproductive Toxicity</b>	No data available.
<b>Mutagenicity</b>	No data available.

### 3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Glycerol 60-100%, Sodium Sulfate 1-5%, Sodium Oleate 1-5%

### 4. FIRST AID MEASURES

#### First Aid Procedures

<b>Inhalation</b>	Move victim to fresh air. If breathing is difficult, trained personnel should administer emergency oxygen. If breathing has stopped, trained personnel should begin artificial respiration (AR). Seek medical attention if irritation develops or persists.
<b>Skin Contact</b>	Avoid direct contact. Wear chemical protective clothing if necessary. Take off contaminated clothing, shoes and leather goods (e.g. watchbands, belts). Wash gently and thoroughly with lukewarm, gently flowing water and non-abrasive soap for 5 minutes. Seek medical attention if irritation develops or persists.
<b>Eye Contact</b>	Immediately flush the contaminated eye(s) with lukewarm, gently flowing water for 5 minutes, while holding the eyelid(s) open. If irritation or pain persists, see a doctor.
<b>Ingestion</b>	NEVER give anything by mouth if victim is rapidly losing consciousness, or is unconscious or convulsing. DO NOT INDUCE VOMITING. If vomiting occurs naturally, have victim lean forward to reduce risk of aspiration. Have victim rinse mouth with water again. Seek medical attention.

MSDS Name: KNOCKOUT - Ver. 1  
Date of Preparation: August 27, 2014

Page 01 of 04

Anexo n.º 7. Hoja MSDS del Knockout dustply.

## 5. FIRE FIGHTING MEASURES

**Suitable Extinguishing Media** Carbon dioxide, dry chemical powder, appropriate foam, water spray or fog.

**Media**

**Unsuitable Extinguishing Media** None known.

**Specific Hazards Arising from the Chemical**

This product presents no unusual hazards in a fire situation.

**Protective Equipment and Precautions for Firefighters**

No special precautions are necessary. Chemical protective clothing (e.g. chemical splash suit) and positive pressure SCBA may be necessary.

## 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

**Personal Precautions** Use the Personal Protective Equipment recommended in Section 8 of this MSDS. Provide adequate ventilation.

**Environmental Precautions** It is good practice to prevent releases into the environment. Do not allow into any sewer, on the ground or into any waterway. If the spill is inside a building, prevent product from entering drains, ventilation systems and confined areas. Do not flush to drain.

**Methods for Containment and Clean-up** Stop or reduce leak if safe to do so. Contain and soak up spill with absorbent that does not react with spilled product. Place used absorbent into suitable, covered, labelled containers for disposal. After cleaning, flush away traces with water collect washing for disposal.

## 7. HANDLING AND STORAGE

**Handling** Avoid generating vapours or mists. Immediately report leaks, spills or failures of the safety equipment (e.g. ventilation system). Prevent uncontrolled release of product.

**Storage** Store in a cool, dry place

## 8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

**Exposure Guidelines**

No data available.

**Engineering Controls** General ventilation is usually adequate.

**Personal Protective Equipment (PPE)**

**Eye/Face Protection** Safety glasses with side shields are recommended to prevent eye contact.

**Skin Protection** Skin contact should be minimized through use of gloves and suitable long sleeved clothing (i.e., shirt and pants, coveralls) consideration must be given both to durability as well as permeation resistance. Chemically resistant gloves should be used.

**Respiratory Protection** Use a properly fitted, air-purifying or air-fed respirator complying with an approved standard if a risk assessment indicates this is necessary.

## 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

<b>Physical State</b>	Liquid
<b>Appearance</b>	Amber liquid
<b>Odour</b>	Slight
<b>Boiling Point</b>	> 288 °C (550 °F)
<b>Freezing Point</b>	~ 18 °C (64 °F)
<b>Relative Density (water = 1)</b>	1.262 at 25 °C
<b>Solubility in Water</b>	Soluble in all proportions
<b>pH</b>	Neutral
<b>Partition Coefficient, n-Octanol/Water</b>	No data available

MSDS Name: KNOCKOUT - Ver. 1

Date of Preparation: August 27, 2014

Page 02 of 04



Partition Coefficient, n-Octanol/Water	No data available
Vapour Pressure	No data available
Vapour Density (air = 1)	No data available
Evaporation Rate	No data available
Flash Point	> 199 °C (390 °F) (open cup)
Lower Flammable/Explosive Limit	No data available
Upper Flammable/Explosive Limit	No data available
Auto-Ignition Temperature	~ 390 °C (734 °F)

## 10. STABILITY AND REACTIVITY

Chemical Stability	Normally stable.
Conditions to Avoid	Open flames, sparks, static discharge, heat and other ignition sources.
Incompatible Materials	Strong oxidizing agents (e.g. perchloric acid). Strong bases (e.g. sodium hydroxide).
Hazardous Decomposition Products	Oxides of Carbon Acrolein.
Possibility of Hazardous Reactions	None known.

## 11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

LC50:	No information was located.
LD50 (oral) -	12600 mg/kg Rat
LD50 (dermal) -	21900 mg/kg Rat
Skin Irritation/Corrosion	N/A
Eye Irritation/Corrosion	N/A
Respiratory and/or Skin Sensitization	N/A
Carcinogenicity	N/A
Teratogenicity / Embryotoxicity	No data available.
Reproductive Toxicity	No data available.

## 12. ECOLOGICAL INFORMATION

Ecotoxicity	No data available.
Persistence and Degradability	No data available.
Bioaccumulation / Accumulation	No data available.
Mobility	Studies are not available.

MSDS Name: KNOCKOUT - Ver. 1  
Date of Preparation: August 27, 2014

Page 03 of 04

### 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Recycle and reuse product, if possible. Contact local environmental authorities for approved disposal or recycling methods in your jurisdiction.

### 14. TRANSPORT INFORMATION

#### Shipping Information

Not regulated under Canadian TDG Regulations.

#### Other Transport Information

Special Shipping Information Not applicable

### 15. REGULATORY INFORMATION

#### Canada

##### WHMIS Classification

Not a WHMIS controlled product.

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations and the MSDS contains all of the information required by the Controlled Products Regulations.

##### Domestic Substances List (DSL) / Non-Domestic Substances List (NDSL)

All intentional components of this product are either on the DSL, the confidential DSL or notifications / import restrictions are in place.

#### USA

##### Toxic Substances Control Act (TSCA) Section 8(b)

All ingredients are listed on the TSCA Inventory.

### 16. OTHER INFORMATION

MSDS Prepared By Product Safety Committee

Phone No. 403-279-8545

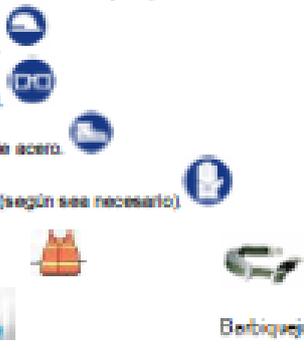
Date of Preparation August 27, 2014

**Disclaimer** To the best of our knowledge, the information contained herein is accurate. However, neither the above-named supplier, nor any of its subsidiaries, assumes any liability whatsoever for the accuracy or completeness of the information contained herein.

Anexo n.º 8. Procedimiento escrito de trabajo seguro: Pruebas de supresor de polvo.

<b>Yanacocha</b>	<b>Manual de</b>	CODIGO: PP-F-08.01-01
	<b>Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	Versión: 10 28 de Diciembre del 2018 Página 1 de 8
<b>SALUD Y SEGURIDAD</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO</b>	

<b>MINERA YANACOCCHA S.R.L.</b>		PETS-AA000 Pg. # de #	
<b>PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO</b>			
Tarea	: <b>PRUEBAS DE SUPRESOR DE POLVO</b>	Fecha de Revisión	
Cargo	: Operador de sistema, ayudante de sistema, personal de piso y vigías.	Fecha de Publicación	
Gerencia	: <b>Proyectos de capital Sostenible.</b>		
Area	: <b>Construcción.</b>	Sub-Area:	

<b>Objetivo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener un adecuado ambiente de trabajo, controlando la generación de polvo con el riesgo con sistemas.</li> <li>• Realizar la tarea de tal forma que no genere daño a la persona, equipo y/o propiedad, protegiendo el medio ambiente y manteniendo una conducta socialmente responsable.</li> </ul>		
<b>1. Personal:</b>		
<b>1.1 Prerrequisitos de Competencia:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Haber sido autorizado por MYSRL para operar este equipo.</li> <li>- Contar con la capacitación de Cuadrador vigía.</li> <li>- Contar con la capacitación de primeros auxilios.</li> <li>- Contar con la capacitación de lucha contra incendios.</li> <li>- Contar con la capacitación de control de materiales y químicos peligrosos.</li> </ul>	<b>1.2 Referencias relacionadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Decreto Supremo 004-2017- EM.</li> <li>• Ley 29783 De seguridad y Salud en el Trabajo.</li> <li>• Reglamento Nacional de Tránsito.</li> <li>• PP-E-02.03 Análisis de Trabajo Seguro.</li> <li>• PP-E 10.01 Respuesta a Emergencias.</li> <li>• PP-E-15.01 Evaluación de Riesgos y Gestión de Cambio.</li> <li>• PP-E- 17.02 Ambiente de Trabajo Libre de Alcohol y/o Drogas</li> <li>• PP-E-18.01 Equipo de Protección Personal.</li> <li>• PP-E 31.01 Control de Materiales y Químicos Peligrosos.</li> <li>• PP-E-37.03 Trabajos Cerca de Cables Eléctricos.</li> <li>• PP- E 39. 03 Extintores Portátiles.</li> <li>• PP-E 44.01 Trabajos en Altura.</li> <li>• PP-E-52.01 Tormentas Eléctricas.</li> <li>• PP-E-53.01 Política de Teléfono Celular en MYSRL.</li> <li>• PP-E-54.01 Trabajos Cerca de Fuentes de Agua.</li> <li>• Declaración de Compromiso: Código: Y-PO-001-Vers. 04.</li> <li>• Protocolos de Inspección técnica de vehículos 25 junio 2012.</li> </ul>	
<b>2. Equipo de Protección Personal (EPP):</b>		
<b>3. Casco de seguridad.</b> 		
<b>4. Lentes de seguridad.</b> 		
<b>5. Zapatos con punta de acero.</b> 		
<b>6. Guantes de badana (según sea necesario)</b> 		
<b>7. Chaleco reflectivo.</b> 		
<b>8. Bloqueador Solar</b> 		
<b>9. Arnes de cuerpo entero.</b>		
<b>10. Obrero.</b>		
<b>11. Mascarella a la medida.</b>		
<b>12. Herramientas, Equipos y Materiales:</b>		

12.1 Herramientas: - Ninguna		3.2 Equipos y Materiales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de agua.</li> <li>• Motobomba.</li> <li>• Conos de seguridad.</li> <li>• Triángulos de seguridad.</li> <li>• Tacos de seguridad.</li> <li>• Extintor con tarjeta de inspección.</li> <li>• Botiquín de primeros auxilios.</li> <li>• Paletas de vigías.</li> <li>• Kit antiderrames.</li> <li>• Bandeja de contención.</li> <li>• Galoneras.</li> </ul>	
13. Riesgos de Fatalidad		Supresor de polvo	
4.1 Controles Críticos			
1. Evento en espacio confinado		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Prueba y monitoreo atmosférico</li> <li>➢ Aislamiento de energía</li> <li>➢ Vigía</li> <li>➢ Limpiar o lavar a fondo</li> </ul>	
2. Carga descontrolada durante el trabajo		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Zonas de barricadas y exclusión</li> <li>➢ Inspección de rutina, mantenimiento preventivo y ajustes</li> <li>➢ Análisis de carga</li> <li>➢ Preparación del área de trabajo – trabajo y Traslado</li> </ul>	
3. Contacto con electricidad		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Aislamiento eléctrico</li> <li>➢ Dispositivos de protección eléctrica – Equipo portátil</li> <li>➢ Vigía – Líneas eléctricas de alto voltaje</li> </ul>	
4. Liberación descontrolada de energía		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Aislamiento de energía</li> <li>➢ Sistemas de liberación de sobrepresión</li> <li>➢ Barricadas y zonas de exclusión</li> <li>➢ Inspección de integridad mecánica, pruebas y mantenimiento preventivo</li> </ul>	
5. Caída de altura		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Prevención de caídas/Sistemas de restricción</li> <li>➢ Protección de caída/Equipo anticaidas</li> <li>➢ Inspección y mantenimiento preventivo</li> </ul>	
6. Deslizamiento de terreno/roc(a) - Superficie		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Infraestructura de aguas superficiales</li> <li>➢ Limpieza de paredes/aberturas</li> <li>➢ Soporte del terreno</li> <li>➢ Bancos de contención (Catch Bench)</li> <li>➢ Detección de desplazamiento del terreno</li> <li>➢ Barricadas y zonas de exclusión</li> </ul>	
7. Evento con vehículo pesado - Volcadura		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Frenos, sistemas de dirección y llantas</li> <li>➢ Límites de operación de vehículo pesado</li> <li>➢ Dispositivos críticos de seguridad del vehículo</li> <li>➢ Bermas</li> </ul>	
8. Colisión entre vehículo pesado y litano - Superficie		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Frenos, sistemas de dirección y llantas</li> <li>➢ Separación de vehículos</li> <li>➢ Segregación vehicular</li> <li>➢ Dispositivos críticos de seguridad del vehículo</li> </ul>	
9. Atropello por equipo en movimiento		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Protección del equipo</li> <li>➢ Aislamiento de energía</li> </ul>	
10. Golpeado por caída de objeto		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Dispositivos de contención y aseguramiento de objetos</li> <li>➢ Cajas y estabilizadores</li> <li>➢ Sistemas de contención</li> <li>➢ Limpieza y lavado</li> <li>➢ Barricadas y Zonas de Exclusión</li> </ul>	
11. Incidente durante la manipulación de llantas		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Barricadas y Zonas de Exclusión</li> <li>➢ Inspección de componentes</li> <li>➢ Diseño – Equipo de manejo de llantas</li> <li>➢ Contención para inflado y desinflado</li> </ul>	
12. Interacción vehículo-pedón - Superficie		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Frenos, sistemas de dirección y llantas</li> <li>➢ Segregación de vehículos y peatones</li> <li>➢ Estacionamiento estable</li> </ul>	
13. Incidente vehicular fuera de mina		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Frenos, sistemas de dirección y llantas</li> <li>➢ Dispositivos críticos de seguridad del vehículo</li> </ul>	
14. Afectado por agresión de terceros		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Mapa de identificación de problemas sociales</li> <li>➢ Protocolo de comunicación</li> <li>➢ Rondas móviles y/o equipo de respuesta rápida</li> <li>➢ Medio de comunicación (Uso de radio, teléfono, teléfono satelital, botón de pánico, GPS, SPOT)</li> </ul>	

15. Impactado por rayo - Exposición a vientos fuertes		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mantenimiento preventivo bimensual y correctivo del sistema de detección de tormentas eléctricas</li> <li>➤ Mantener constante el abastecimiento de energía eléctrica y combustible en sensores</li> <li>➤ Instalación de refugio según diseño aprobado de Ingeniería</li> <li>➤ Pararrayos en estructuras fijas</li> <li>➤ Verificación de viento Anemómetro</li> </ul>	
16. Caída a fuentes de agua		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Observador</li> <li>➤ Sistema de Protección contra Caídas</li> <li>➤ Barreras, barandillas, barandas y zonas de exclusión</li> <li>➤ Diseño de balsas y plataformas</li> <li>➤ Sistema de rescate</li> </ul>	
17. Exposición a polvo respirable y silice		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aspiradora</li> <li>➤ Ambiente humidizado con sistema de extracción y ventilación</li> <li>➤ Sistemas de extracción y ventilación</li> <li>➤ Baghouse (mangas de extracción de polvo)</li> <li>➤ Mantenimiento de Vías</li> <li>➤ Vigilancia médica (Examen médico pre-ocupacional y anual)</li> </ul>	
Nota: Si las condiciones en el desarrollo de las tareas no son rutinarias evaluar los riesgos de fatalidad asociados al nuevo contexto.			
14. Procedimiento:			
No.	PASO (QUE)	EXPLICACIÓN (COMO)	Pasos ejecutados (*) Completado (X) No completado
5.1	✓ Colocación del supresor de polvo en la cisterna,	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La cisterna se ubicará en el lugar establecido y señalizado para el abastecimiento del supresor de polvo.</li> <li>2. Una vez estacionado la cisterna, el ayudante procederá a abrir la válvula del depósito que contiene el supresor y llenará las galoneras la cantidad requerida para ser colocados dentro del tanque según dosificación.</li> <li>3. El ayudante de cisterna se colocará el amás de cuerpo entero, luego subirá por la escalera de la cisterna hacia la parte alta del tanque</li> <li>4. Con la ayuda de una driza, subirá la galonera del supresor de polvo.</li> <li>5. El ayudante bajará de la parte alta del tanque de la cisterna hacia el suelo.</li> <li>6. El ayudante al subir o bajar de su unidad deberá usar los tres puntos de apoyo y con el equipo parado.</li> <li>7. El operador juntamente con el ayudante conducirá su equipo hacia la zona de cargulo de agua.</li> </ol>	
5.2	✓ Desplazamiento de la cisterna hacia la zona de cargulo de agua (garza de agua).	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. El conductor se desplazará a una velocidad no mayor de 20 a 25 Km/h. (cargado).</li> <li>9. Para realizar maniobras (estacionamiento y retroceso) el ayudante deberá bajarse de la cabina y guiar al operador con ayuda de paletas de vigía y si controlara el tránsito existente para evitar una colisión (choque) entre equipos.</li> </ol>	
5.3	✓ Estacionamiento de la cisterna en garza.	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. El chofer de cisterna realizará el abastecimiento de agua en los puntos autorizados por el cliente.</li> <li>11. Tanto el ayudante de cisterna como el operador deberán de asegurarse que su equipo y sus accesorios estén en buenas condiciones antes de ingresar al abastecimiento.</li> <li>12. Antes de ingresar a los puntos de abastecimiento, el ayudante de la cisterna se bajará del equipo para apoyar en el estacionamiento correcto de la cisterna.</li> <li>13. El operador estacionara la cisterna apropiadamente haciendo coincidir la manga de la garza con la "boca " de llenado del tanque de la cisterna con apoyo del ayudante, quien le indicara la ubicación exacta para evitar el derrame de agua al piso.</li> <li>14. El chofer detendrá la cisterna.</li> <li>15. Colocar en neutro la caja de cambios.</li> <li>16. Aplicar el freno de parqueo y deberá apagar la</li> </ol>	

		<p>unidad.</p> <p>17. El ayudante colocara las calzas de seguridad (02 tacos) en las llantas.</p> <p>18. El ayudante colocara los conos de seguridad delimitando el área de seguridad.</p>		
5.4	✓ Colocar la manga de abastecimiento.	<p>19. El operador de sistema se bajará de su unidad haciendo uso de los 3 puntos de apoyo, para coordinar con el ayudante sobre la operación.</p> <p>20. El ayudante dirigirá al operador de la sistema con las paletas de vigla la ubicación exacta de la sistema para que la manga quede ubicada en dirección de la abertura de ingreso de agua del tanque de la sistema.</p>		
5.5	✓ Abrir y cerrar válvula para abastecimiento de agua en garza.	<p>21. Una vez en el piso, el ayudante abre lentamente la válvula de agua, media vuelta aproximadamente, hasta liberar la presión de agua.</p> <p>22. El ayudante espera que se llene el tanque, siempre con la vista puesta en la boca de abastecimiento para evitar un posible derrame de agua (en función de la capacidad de la sistema sea de 5 000 o de 9 000 gal.</p> <p>23. Cuando la sistema este llena, el ayudante cerrará la válvula</p>		
5.6	✓ Retiro de la sistema del punto de abastecimiento.	<p>24. El operador de sistema coordinara con el ayudante que se mantiene en piso para el retiro de la sistema de la garza.</p> <p>25. El ayudante, retirará los conos de seguridad del área.</p> <p>26. El ayudante retira los tacos de seguridad.</p> <p>27. Procederá a guiar al chofer de sistema para dejar el punto de abastecimiento.</p> <p>28. Una vez fuera del área de influencia del punto de abastecimiento el ayudante se sube a la sistema.</p> <p>29. El operador o el ayudante deberán de comunicar a su supervisor que la sistema ya está lista para iniciar el riego, donde se le asigne.</p>		
5.7	✓ Riego de vías con sistema de agua + supresor.	<p>30. El riego de las vías sólo se realizará en dirección del tránsito, jamás en retroceso, ni en el camil contrario.</p> <p>31. Evitar el exceso de agua que pueda generar peligros en rampas, botaderos, carguios y descarga, (derramamientos, enfanga miento, otros).</p>		
5.8	✓ RECOMENDACIONES	<p>32. El operador no debe conducir si se encuentra Fatigado, debe reportarse inmediatamente con su supervisor.</p> <p>33. El ayudante de sistema deberá realizar el check list de Motobomba.</p> <p>34. Nunca bajar del equipo y dejar el motor encendido.</p> <p>35. Nunca abastecer de gasolina a la motobomba si esta no está fría.</p> <p>36. Todo el personal ajeno al abastecimiento, deberá estar fuera del área delimitada con conos por el ayudante de la sistema.</p> <p>37. En caso de clima adverso paralizar temporalmente la actividad.</p> <p>38. El abastecimiento de combustible a la motobomba se hará en la base, nunca cerca de una fuente de agua.</p> <p>39.</p>		

15. **Restricciones:**
- Solo personal calificado realizara la tarea.
  - En casos de climas adversos se dejara de realizar la tarea.
  - Se usará herramienta y equipos en buen estado.
  - Si el operador encontrase condiciones sub estándar en los puntos que deben estar operativos al 100%, no operará el equipo e informará a la supervisión.
  - El uso de celular queda totalmente restringido para los operadores de los equipos.

Trabajador Observado:	Fecha:
Competencia verificada por:	Fecha:

PREPARADO POR	REVISADO POR:	<u>REVISADO POR:</u>	APROBADO POR:
Nombre del Supervisor y Trabajador (es)	Nombre del Superintendente / Jefe del Área	<u>Nombre del Gerente o Ingeniero de Salud y Seguridad</u>	Nombre del Gerente del Área
Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:
<u>Observaciones que sustentan el presente documento (Colocarlo y firmarlo):</u>			
<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>			
<u>Nombre y Apellido</u>		<u>Firma</u>	<u>Fecha</u>

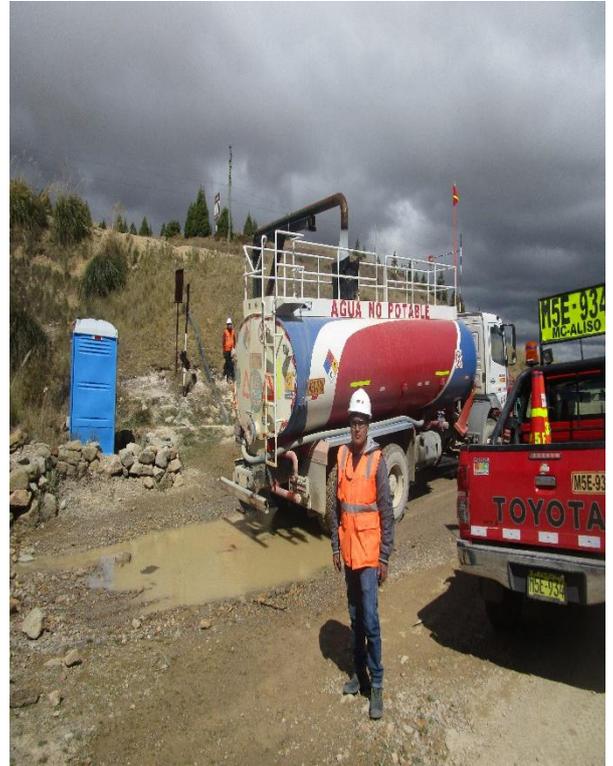
Anexo n.º 10. Aplicación del dasaut - Invetisa.



C



Anexo n.º 12. Aplicación del dl10 plus - Multinsa.



Anexo n.º 14. Aplicación del knockout dustply - TDM.



Anexo n.º 16. En prueba con la utilización del supresor de polvo dl10 plus - Multinsa.



Anexo n.º 18. En prueba con la utilización de el estabilizador de polvo knockout dustply - TDM.





Anexo n.º 20. Una de las principales garzas de abastecimiento de agua; con el supervisor de proyectos capitales - MYSRL.



Anexo n.º 22. Matriz de consistencia.

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
	Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables Independientes	Variables Independientes	Variables Independientes
<b>ESTUDIO COMPARATIVO DE SUPRESORES DE POLVO DASAUT, DL10 PLUS Y KNOCKOUT DUSTPLY PARA LA MITIGACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN VÍAS YANACOCHA 2018</b>	PG: ¿Qué supresor de polvo dasaut, dl10 plus y knockout dustply es más factible utilizar en la mitigación de material particulado en vías Yanacochoa 2018?	OJ: Realizar un estudio comparativo usando los supresores de polvo dasaut, dl10 plus y knockout dustply para la mitigación de material particulado en vías Yanacochoa 2018.	HG: El supresor de polvo más factible para la mitigación de material particulado en vías es el dl10 plus Yanacochoa 2018	<b>X1: Supresores de polvo</b>	Ratio de adición	ml/l
					Mezcla de agua/ supresor	ml de supresor cargado en cisterna y pH.
					Ratio de riego	ml/m <sup>2</sup>

Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Dependiente Y	Dimensiones	Indicadores
¿Cuál es la factibilidad del supresor de polvo dasaut para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018?	Determinar la factibilidad del supresor de polvo dasaut, para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018.			Polvo generado	PM 2.5 - PM 10
¿Cuál es la factibilidad del supresor de polvo dl10 plus para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018?	Determinar la factibilidad del supresor de polvo dl10 plus para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018.		<b>Y1:Material particulado.</b>	Tiempo de degradación en climas variados (sol, nublados, etc.)	días
¿Cuál es la factibilidad del supresor de polvo knockout dustply para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018?	Determinar la factibilidad del supresor de polvo knockout dustply para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018.			Costo	US\$/m <sup>2</sup>
	Determinar los costos de los supresores de polvo.				

Anexo n.º 23. Certificación de la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU – Dasaut.



UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY  
WASHINGTON D.C., 20460

OFFICE OF CHEMICAL SAFETY  
AND POLLUTION PREVENTION

November 19, 2014

Elisa Cuan  
CEO, President  
JOSELI LLC  
1135 Terminal Way – Suite 106  
Reno, NV 89502

Dear Ms. Cuan:

The U.S. Environmental Protection Agency applauds JOSELI, LLC ("JOSELI") for your leadership in developing an environmentally oriented dust mitigation product. EPA's Design for the Environment ("DfE") program seeks to promote the use of products with improved environmental and human health characteristics. The product in our partnership – DustOut – fully achieves that objective in the dust control sector.

The key purpose of the DfE- JOSELI partnership is to recognize and encourage the environmentally preferable chemistry of the partnership product. DfE is very enthusiastic about your successful formulation of this product and about our partnership. By eliminating hazardous solvents, environmentally harmful adhesives, and other problematic ingredients, you have demonstrated active environmental stewardship and dedication to continuous improvement.

Customers who use your DfE-labeled product will be participants in this important national effort to protect the environment and safeguard human health. We commend JOSELI for your commitment to improving the environmental profile and performance of your product—and for leading change in the dust mitigation industry. DfE looks forward to building this partnership and wishes you much success with the partnership product.



Sincerely,

Clive Davies, Chief  
Design for the Environment