



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS

**“EFICACIA DEL SUPRESOR DASAUT EN EL CONTROL DE
POLVO Y CONSUMO DE AGUA EN LA RUTA HEAVY HAUL ROAD
DE LA MINERA LAS BAMBAS – TRAMO CCAPACMARCA, 2021”**

Tesis presentada por:

Bach. Just Lois Bellido Mejia

Bach. Paul Robert Baca Escobar

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor:

Ing. Carlos Benavides Palomino

CUSCO – PERÚ

2022



Presentación

SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA.

SEÑORES DICTAMINANTES:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, pongo a vuestra distinguida consideración la tesis intitulada: “Eficacia del supresor DASAUT en el Control de Polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021”; con el objeto de optar al título profesional de Ingeniero Industrial.

Los tesisistas.



Dedicatoria

A mi padre Justo, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede adquirir es la educación.

A mi madre Nelly, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr con perseverancia y voluntad.

A mi esposa Hypatia, quien con su compañía y a través de sus consejos, de su amor y paciencia me ayudo a concluir esta meta.

A mi hijo Justo Mateo, quien es mi motivo de superación en mi diario vivir.

Bach. Just Lois Bellido Mejia

Dedicatoria

A familia y amigos de manera especial para mi esposa, mis hijas, mis padres y hermanos quienes me incentivan día a día para lograr exitosamente mis objetivos.

Bach. Paul Robert Baca Escobar



Agradecimiento

A Dios y mis Apus por darme salud, fortaleza y capacidad para el presente trabajo.

A mi familia y amigos que de una u otra manera me brindaron su apoyo y se involucraron en este proyecto.

A mis tíos, Gilmar e Iván, quienes con su amistad y consejos me ayudaron a cumplir mis objetivos.

A la empresa Company H&V Peru SAC. Por permitirme desarrollar el presente trabajo de investigación.

Bach. Just Lois Bellido Mejia

Agradecimiento

A Dios, por permitirme llegar hasta este momento tan especial de mi vida, por los triunfos y momentos difíciles que aprendí a valorar cada día.

A mis padres, que, gracias a sus esfuerzos, sacrificios y por sus consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos quienes siempre me dieron fuerzas para terminar todo lo que me propongo.

A mi amada esposa Fabiola mis hijas Luz y Amelia, quienes son mi fortaleza para siempre seguir adelante por más obstáculos que se presenten.

A mi compañero Just, con quien compartimos muchas anécdotas en las buenas y malas y logramos concluir con la tesis.

A todos mis amigos que siempre me apoyaron a lo largo de toda mi vida.

Bach. Paul Robert Baca Escobar



Resumen

En el estudio se determinó la eficacia del supresor DASAUT en el Control de Polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, el tipo de investigación fue aplicada, nivel explicativo y diseño experimental, método hipotético-deductivo y enfoque cuantitativo, se utilizó la técnica de análisis documental. La población y muestra estuvo conformada por los tramos (08 de Agosto km 96+000 a km 101+000) con aplicación de DASAUT y el tramo (101+000 a km 106+000) con aplicación de agua. Los resultados indican que: La aplicación del supresor (DASAUT + agua), el control de PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³ reduce el material particulado en un 67.6% y 44.0% respectivamente. En la aplicación del supresor agua, el control de PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³ logra una reducción de 50.3% y 18.4% respectivamente. La aplicación del supresor (DASAUT + agua), requirió de 2,555,152 litros de agua, la aplicación del supresor agua, requirió de 4,864,252 litros de agua, con una diferencia del 90% más respecto del supresor (DASAUT + agua). Conclusión: La aplicación del supresor (DASAUT + agua) tiene mayor control de polvo, 50.27% más reducción de PM 10 ug/m³ respecto al supresor agua y menor consumo de agua, ahorrando un 47.5% respecto al supresor agua. El supresor DASAUT en la ruta Heavy Haul Road, es regularmente eficaz.

Palabras Clave: Supresor DASAUT, eficacia.



Summary

In the study, the effectiveness of the DASAUT suppressor in Dust Control and water consumption in the Heavy Haul Road route of the Las Bambas mining company - Ccapacmarca Section was determined, the type of research was applied, explanatory level and experimental design, hypothetical method- deductive and quantitative approach, the documentary analysis technique was used. The population and sample consisted of the sections (08 de Agosto km 96+000 to km 101+000) with DASAUT application and the section (101+000 to km 106+000) with water application. The results indicate that: The application of the suppressor (DASAUT + water), the control of PM 10 ug/m³ and PM 2.5 ug/m³ reduces particulate matter by 67.6% and 44.0%, respectively. In the application of the water suppressant, the control of PM 10 ug/m³ and PM 2.5 ug/m³ achieves a reduction of 50.3% and 18.4%%, respectively. The application of the suppressor (DASAUT + water) required 2,555,152 liters of water, the application of the suppressor water required 4,864,252 liters of water, with a difference of 90% more than the suppressor (DASAUT + water). Conclusion: The application of the suppressor (DASAUT + water) has greater dust control, 50.27% more reduction of PM 10 ug/m³ compared to the water suppressor and less water consumption, saving 47.5% compared to the water suppressor. The DASAUT suppressor on the Heavy Haul Road route is regularly effective.

Keywords: DASAUT suppressor, efficacy.



Introducción

El propósito de esta investigación es determinar la eficacia del supresor DASAUT en el Control de Polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.

La investigación llevó a cabo un estudio del tramo 08 de Agosto km 96+000 al km 101+000 con aplicación de DASAUT+agua de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, y un tramo próximo (101+000 a km 106+000) con aplicación de agua, esto a fin de comparar el Control de Polvo y el consumo de agua en ambos tramos (teniendo el primer tramo como supresor al DASAUT, y el segundo solo agua).

El Supresor de polvo DASAUT es un estabilizante y aglomerante de partículas que, debido a sus propiedades de formar gránulos y pequeñas placas, reduce la proliferación de partículas sueltas. El DASAUT es un producto 100% orgánico, biodegradable y no tóxico, no tiene restricciones de uso porque su composición consta de polisacáridos de alto peso molecular proveniente del limón y que se encuentran disueltos en agua acidificada con ácidos orgánicos grado alimenticio (aprobado por la FDA y EPA). Se espera que, en un camino donde se aplica DASAUT, con el debido mantenimiento, la mitigación del material particulado sea muy efectiva, evitándose que el particulado pueda ser dispersado por el viento y además se genera una disminución del consumo de agua.

Por lo tanto, para el análisis se utilizó como herramienta una ficha de recolección de datos, donde se recolectó información de las mediciones de los indicadores propuestos, como PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ antes y después de la aplicación, PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ antes de la aplicación y después de la aplicación, área, L/riego, N° de riegos/día, L/día, L/al mes, etc. Esta información se tomó en 2 tramos uno con DASAUT y uno con solo agua, de manera que se comparar el control de polvo y el consumo de agua.

La investigación se estructura de la siguiente manera:

Capítulo I: Problema de investigación, se dio a conocer el planteamiento del problema, la formulación de los problemas, la justificación, delimitación del estudio y objetivos.

Capítulo II: Marco teórico, contienen los antecedentes que sirvieron para la discusión de resultados, los aspectos teóricos pertinentes, las definiciones conceptuales, hipótesis, definición y operacionalización de variables.



Capítulo III: Metodología, se presentó el tipo, nivel, diseño, método y enfoque de la investigación, asimismo, se presentó la población y muestra, las técnicas de recojo, procesamiento y presentación de datos y el procedimiento para el análisis de datos.

Capítulo IV: Resultados, se presentó los resultados para los objetivos y la contrastación de hipótesis.

Capítulo V: Discusión de resultados, contiene los hallazgos más relevantes, la contrastación con la teoría, las implicancias prácticas y limitaciones.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.



Índice General

Presentación	ii
Dedicatoria	iii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Agradecimiento	iv
Resumen	v
Summary	vi
Introducción	vii
Índice General	ix
Índice de Tablas	xii
Índice de Figuras	xv

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Formulación del Problema general	3
1.2.2. Formulación de los Problemas específicos	4
1.3. Justificación	4
1.3.1. Conveniencia.....	4
1.3.2. Relevancia social.....	4
1.3.3. Implicancias prácticas	4
1.3.4. Valor teórico	5
1.4. Delimitación del estudio	5
1.4.1. Delimitación espacial.....	5
1.4.2. Delimitación temporal.....	7
1.5. Objetivos de la investigación.....	7
1.5.1. Objetivo general	7
1.5.2. Objetivos específicos	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes	8
2.1.1. Antecedentes a nivel nacional.....	8



2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional	10
2.2. Aspectos teóricos pertinentes.....	12
2.2.1. Supresores de polvo	12
2.2.2. Supresor de polvo DASAUT	12
2.2.3. Control de polvo en la minería.....	16
2.2.4. Consumo de agua en la minería	20
2.3. Definiciones conceptuales	25
2.3.1. Actividades mineras	25
2.3.2. Contaminación	25
2.3.3. Daño al ambiente	25
2.3.4. Eficacia del Supresor de polvo DASAUT	25
2.3.5. Supresor de polvo DASAUT	25
2.3.6. Control de Polvo	26
2.3.7. Consumo de agua.....	26
2.4. Hipótesis	26
2.4.1. Hipótesis General.....	26
2.4.2. Hipótesis Específicas	26
2.5. Definición de variables	26
2.6. Operacionalización de variables	27

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación	28
3.2. Nivel de investigación	28
3.3. Diseño de la investigación.....	28
3.4. Método de investigación.....	28
3.5. Enfoque de la investigación.....	29
3.6. Población y muestra	29
3.7. Técnicas de recojo, procesamiento y presentación de datos	29
3.8. Procedimiento de análisis de datos.....	30

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1. Presentación de los resultados	31
4.2. Contraste de hipótesis	78



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Hallazgos más relevantes.....	88
5.2. Contrastación con la teoría existente	88
5.3. Implicancias prácticas.....	89
5.4. Limitaciones.....	90
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS	96



Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Operacionalización de las variables</i>	27
Tabla 2 <i>Técnicas e instrumentos</i>	30
Tabla 3 <i>Procedimeinto de análisis de datos</i>	30
Tabla 4 <i>Bases de medición del tramo 08 de Agosto km 96+000 a km 101+000</i>	32
Tabla 5 <i>Características del camión cisterna</i>	33
Tabla 6 <i>Descripción de la estación 1</i>	34
Tabla 7 <i>Resoluciones de consumo agua (ANA)</i>	39
Tabla 8 <i>Plan de riego del supresor (DASAUT + agua)</i>	44
Tabla 9 <i>Cuadro de aplicaciones del supresor (DASAUT + agua) en el mes de junio del año 2021</i>	45
Tabla 10 <i>Cuadro de aplicaciones del supresor (DASAUT + agua) en la 1º quincena de julio del año 2021</i>	46
Tabla 11 <i>Resumen de aplicaciones del supresor (DASAUT + agua) en el mes de junio y la 1º quincena de julio del año 2021</i>	47
Tabla 12 <i>Ratio de riego por metro cuadrado en la aplicación del supresor (DASAUT + agua)</i>	48
Tabla 13 <i>Mezcla de agua / supresor en el tramo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)</i>	48
Tabla 14 <i>Costo de mano de obra de aplicación del supresor (DASAUT + agua)</i>	49
Tabla 15 <i>Gastos generales de aplicación del supresor (DASAUT + agua)</i>	50
Tabla 16 <i>Costos de equipos de apoyo en la aplicación del supresor (DASAUT + agua)</i>	51
Tabla 17 <i>Costos de cisterna en la aplicación del supresor (DASAUT + agua)</i>	51
Tabla 18 <i>Costo total por hora máquina en la aplicación del supresor (DASAUT + agua)</i> ...51	
Tabla 19 <i>Costo del supresor DASAUT</i>	52
Tabla 20 <i>Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en el mes junio y la 1º quincena de julio del año 2021</i>	52
Tabla 21 <i>Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) entre junio y agosto del año 2021</i>	53
Tabla 22 <i>Bases de medición del tramo km 101+000 a km 106+000</i>	55
Tabla 23 <i>Características del camión cisterna</i>	56
Tabla 24 <i>Descripción de la estación 2</i>	56
Tabla 25 <i>Plan de riego del supresor agua</i>	61



Tabla 26 Cuadro de aplicaciones (Agua) en el mes de junio del año 2021	62
Tabla 27 Cuadro de aplicaciones (Agua) en la 1° quincena de julio del año 2021	63
Tabla 28 Costo total por hora máquina en la aplicación del supresor agua	64
Tabla 29 Costo de aplicación del supresor agua en el mes junio y la 1° quincena de julio del año 2021.....	64
Tabla 30 Costo de aplicación del supresor agua entre junio y agosto del año 2021	65
Tabla 31 Comparación del ratio de riego por metro cuadrado en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua.....	66
Tabla 32 Comparación en el costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua entre junio y agosto del año 2021	67
Tabla 33 Mediciones de material particulado en el tramo km 96+000 al km 101+000 de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en PM 10 ug/m ³	69
Tabla 34 Control de polvo en el tramo km 96+000 al km 101+000 de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en PM 10 ug/m ³	70
Tabla 35 Mediciones de material particulado en el tramo km 96+000 al km 101+000 de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en PM 2.5 ug/m ³	71
Tabla 36 Control de polvo en el tramo km 96+000 al km 101+000 de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en PM 2.5 ug/m ³	72
Tabla 37 Mediciones de material particulado en el tramo km 101+000 al km 106+000 de aplicación del supresor agua en PM 10 ug/m ³	73
Tabla 38 Control de polvo en el tramo km 101+000 al km 106+000 de aplicación del supresor agua en PM 10 ug/m ³	74
Tabla 39 Mediciones de material particulado en el tramo km 101+000 al km 106+000 de aplicación del supresor agua en PM 2.5 ug/m ³	75
Tabla 40 Control de polvo en el tramo km 101+000 al km 106+000 de aplicación del supresor agua en PM 2.5 ug/m ³	76
Tabla 41 Resumen del consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) en el mes de junio y la 1° quincena de julio del año 2021.	77
Tabla 42 Resumen del consumo de agua del supresor agua en el mes de junio y la 1° quincena de julio del año 2021.....	77
Tabla 43 Control de polvo en el tramo km 96+000 al km 101+000 de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en PM 10 ug/m ³ y PM 2.5 ug/m ³	78
Tabla 44 Resumen del consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua en el periodo junio- agosto del año 2021.	79



Tabla 45 Estadísticas de la prueba T para el control de polvo en el tramo del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua en PM 10 ug/m ³ y PM 2.5 ug/m ³	82
Tabla 46 Prueba T para muestras independientes del control de polvo en el tramo del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua en PM 10 ug/m ³ y PM 2.5 ug/m ³	84
Tabla 47 Estadísticas de la prueba T para el consumo de agua en el tramo del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua.....	85
Tabla 48 Prueba T para muestras independientes para el consumo de agua en el tramo del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua.....	86
Tabla 49 Consumo de agua de la Unidad Minera las Bambas (m ³) entre enero y agosto del 2021, parte 1	116
Tabla 50 Consumo de agua de la Unidad Minera las Bambas (m ³) entre enero y agosto del 2021, parte 2	116
Tabla 51 Consumo de agua de la Unidad Minera las Bambas (m ³) entre enero y agosto del 2021, parte 3	117
Tabla 52 Consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) en el mes junio del año 2021	117
Tabla 53 Consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) en la 1 ^o quincena de julio del año 2021.....	118
Tabla 54 Consumo de agua del supresor agua en el mes junio del año 2021	118
Tabla 55 Consumo de agua del supresor agua en la 1 ^o quincena de julio del año 2021	119



Índice de Figuras

Figura 1 Ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas.	5
Figura 2 Tramo 08 de Agosto km 96+000 a km 101+100, de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca.....	6
Figura 3 Bases de Medición.....	7
Figura 4 Tramo 08 de Agosto km 96+000 a km 101+000, de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca.....	31
Figura 5 Monitor de partículas GRIMM EDM 180C-Estacion 1	34
Figura 6 Proceso para la aplicación del supresor (DASAUT + agua)	36
Figura 7 Carguío de agua para aplicación del supresor (DASAUT + agua).....	38
Figura 8 Dosificación de DASAUT	40
Figura 9 Riego de vía con el supresor (DASAUT + agua)	41
Figura 10 Dosificación de aplicaciones (DASAUT + agua).....	42
Figura 11 Medición de polvo en la vía de aplicación del supresor (DASAUT + agua)	43
Figura 12 Tramo km 101+000 a km 106+000, de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca.....	54
Figura 13 Monitor de partículas GRIMM EDM 180C-Estacion 2	57
Figura 14 Proceso para la aplicación del supresor agua.....	58
Figura 15 Carguío de agua para aplicación del supresor (DASAUT + agua).....	60
Figura 16 Comparación del ratio de riego por metro cuadrado en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua.....	66
Figura 17 Comparación en el costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua entre junio y agosto del año 2021	68
Figura 18 Comparación de los litros de agua/día consumidos en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua en el periodo junio- agosto del año 2021.....	80
Figura 19 Histograma del porcentaje de reducción PM 10 ug/m ³	81
Figura 20 Histograma del porcentaje de reducción PM 2.5 ug/m ³	82
Figura 21 Histograma del consumo de agua litros de agua/día.....	82
Figura 22 Comparación en el porcentaje de reducción de PM 10 ug/m ³ y PM 2.5 ug/m ³ del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua entre junio y la 1 ^o quincena de julio del año 2021	83
Figura 23 Comparación en el consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua entre junio y la 1 ^o quincena de julio del año 2021.	85



CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El proceso de minería consiste en la extracción y la recuperación de minerales o metales, siendo una de las actividades más antiguas de la humanidad, ya que, desde tiempos de la prehistoria el ser humano ha utilizado diversos minerales para la fabricación de herramientas. Hoy en día, materiales como el cobre, oro, hierro, etc. son parte de los elementos que componen nuestra vida cotidiana, los cuales se extraen en diversas operaciones mineras (Red EsAgua, 2019).

En estas operaciones mineras industriales modernas, el agua juega un papel crucial en la mayoría de los procesos, pues se trata de un recurso involucrado en numerosos procesos intermedios. Es así que, considerando la limitada disponibilidad de agua dulce, que solo es el 3% del total de agua, y que en gran parte se encuentra en acuíferos difíciles de aprovechar y distribuida desigualmente con zonas de abundancia y zonas de escasez, muchas organizaciones mineras, han tenido que realizar inversiones costosas para abastecerse de este recurso, ya sea para llevar agua de mar desalada hacia la costa o transportando agua para regar los caminos no pavimentados, con significativos impactos negativos en sus estados financieros, además del impacto social y medioambiental.

A nivel internacional, la minería, siendo una actividad que conlleva un uso intensivo del agua, frecuentemente ocurre en regiones con escasez hídrica o infraestructuras de agua limitadas. Por ejemplo, las mayores actividades mineras están ubicadas en zonas áridas tales como el noroeste y centro de Australia, norte de Chile y sudeste de Estados Unidos o España. La geografía determina la cantidad y características hidrológicas en el área minera, la geología determina el método de minería y procesado, y la cantidad y calidad del mineral desaguado. Por lo tanto, la geografía, la geología y la naturaleza minera dictan el balance hídrico de la operación en los distintos países.

En Chile, Durán y Peña (2018), indican que la actividad que genera más cantidad de partículas a la atmósfera es el transporte del mineral a través de caminos no pavimentados, donde el Control de Polvo se limita simplemente al riego con agua de manera permanente. Esta solución es costosa, puesto que el agua en el norte del país es muy escasa y cara, tampoco



resulta eficiente en términos globales. Por lo que es indispensable, aplicar técnicas que reduzcan el consumo excesivo de agua, ya que trabajar en un ambiente con menor polución trae beneficios para la salud de las personas, disminuyendo las enfermedades respiratorias.

En el Perú en el año 2019, el aporte al PBI del Perú por parte de los proveedores al sector minero representaba el 4%, mientras que el de la minería llegó al 9%, y ambos representaron el 15% del total de la producción de la economía nacional. (Agencia Andina de Noticias, 2019). El Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020) informó que las actividades de extracción de petróleo, gas, minerales y servicios conexos, aportan el 11,9% del PBI, por lo que la minería puede ser el salvavidas para la economía peruana en recesión (Diario Gestión, 2020), siendo una actividad trascendental para la economía peruana, sin embargo, la minería aun presenta deficiencias en procesos como el control de polvo y consumo de agua.

En Arequipa, Morales (2020) indicó que en la Mina Cuajone, el agua, como supresor de polvo, logra alcanzar una eficiencia del 79%, sin embargo, es de rápida evaporación, por lo que, para alcanzar y mantener la eficiencia objetivo (1000 Pcc) en vías de acarreo, es necesario realizar riegos cada 40 minutos, siendo insostenible y costoso. Para hacer frente a esta situación, se aplicaron supresores como Bischofita y el aditivo H14, logrando una reducción del 42% del consumo de agua mensual. Además, para año 2019 represento un ahorro de 266,892.00 USD.

En el Cusco, la minera Las Bambas, es una de las principales empresas mineras que extrae cobre, contribuyendo a la economía de la región, sin embargo, en el distrito de Ccapacmarca, se tiene vías no pavimentadas para el transporte de carga, haciendo que el transporte de minerales por esta zona genere polvo, afectando a la salud de los pobladores, animales y medio ambiente, pudiendo ser motivo para la presencia de paralizaciones, bloqueos, manifestaciones, intento de agresiones.

Por otro lado, también afecta a la seguridad de los trabajadores, ya que el polvo disminuye la visibilidad, genera derrapes de los vehículos, además de la acumulación de polvo en los neumáticos. Asimismo, los costos de operación para el control de polvo son elevados. Para afrontar esta situación, la minera a encargado a la empresa COMPANY HUAMANI & VARGAS PERU SAC. situada en Cusco el servicio de mantenimiento de vías, respuesta de emergencias y Control de Polvo de un tramo perteneciente al distrito de Ccapacmarca.



La empresa COMPANY HUAMANI & VARGAS PERU SAC realiza el riego monitoreado, utilizando como supresor el agua, lo cual se realiza con Licencia de Uso, sin embargo, cabe mencionar que este agua también es de uso agrícola para los pobladores, y las autorizaciones de uso de agua tienen restricciones en cuanto al volumen, por lo que el agua se considera un recurso vital para las labores agrícolas y el desarrollo de la población aledaña, asimismo, es importante reducir el polvo, ya que, afecta a las plantaciones aledañas y en las zonas pobladas afecta a la salud de los pobladores, la visibilidad y la calidad del aire, siendo necesario un control del polvo eficiente que minimice el consumo de agua, en ese sentido, se empezó a probar en el tramo 08 de Agosto km 96+000 a km 101+000, la aplicación del supresor de polvo DASAUT buscando reducir el polvo y el consumo de agua.

El tramo en el que intervienen la empresa COMPANY HUAMANI & VARGAS PERU SAC. con el supresor DASAUT es el tramo 08 de Agosto km 96+000 a km 101+000, ya que, es el tramo más cercano a la población, genera mayores inconvenientes y afectaciones a los pobladores y plantaciones.

Por otro lado, en una entrevista el Supervisor de Operaciones de Seinco S.A.C. indicó que actualmente no se tienen estudios sobre la eficacia de la aplicación de este supresor, por lo que, es necesario realizar mediciones y determinar si la aplicación de DASAUT es más eficaz que la aplicación de solo agua, esto comparando tramos contiguos de la misma longitud. El estudio se realizó considerando aspectos importantes como el costo del supresor DASAUT, el control de polvo medido en material particulado PM, el consumo de agua, valorado por su volumen, costo, etc.

En este contexto, la presente investigación pretende determinar la eficacia del supresor DASAUT en el Control de Polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Formulación del Problema general

¿Cuál es la eficacia del supresor DASAUT en el Control de Polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021?



1.2.2. Formulación de los Problemas específicos

1. ¿Cuál es la eficacia de la aplicación del supresor DASAUT en el Control de Polvo en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021?
2. ¿Cuál es la eficacia de la aplicación del supresor DASAUT en el consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021?

1.3. Justificación

1.3.1. Conveniencia

La presente investigación es conveniente, porque abarca la problemática actual en el control de polvo y el consumo de agua de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, beneficiando directamente a la empresa en la optimización del uso de recursos e incremento de la calidad de los procesos, además, se benefician los pobladores en la reducción del polvo y el menor consumo de agua por parte de la minera.

1.3.2. Relevancia social

La presente investigación se justifica, porque estudiara un problema de gran magnitud como es la escasez de agua a nivel mundial, además del control del polvo en la minería, constituyendo aspectos vitales en las operaciones mineras, debido al potencial de contaminación del agua, dispersión de polvo (material particulado) y su efecto consecuente en la salud humana y el medio ambiente, así como en la seguridad de los trabajadores.

1.3.3. Implicancias prácticas

La investigación permitirá determinar la eficacia del supresor DASAUT en el Control de Polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021, esto mediante el estudio de un tramo con aplicación de (DASAUT + agua) y un tramo próximo con aplicación de agua, esto a fin de comparar el control de polvo y el consumo de agua en ambos tramos (teniendo el primer tramo como supresor al DASAUT, y el segundo solo agua), el resultado permite optimizar el uso de recursos e incrementar la calidad de los procesos.

1.3.4. Valor teórico

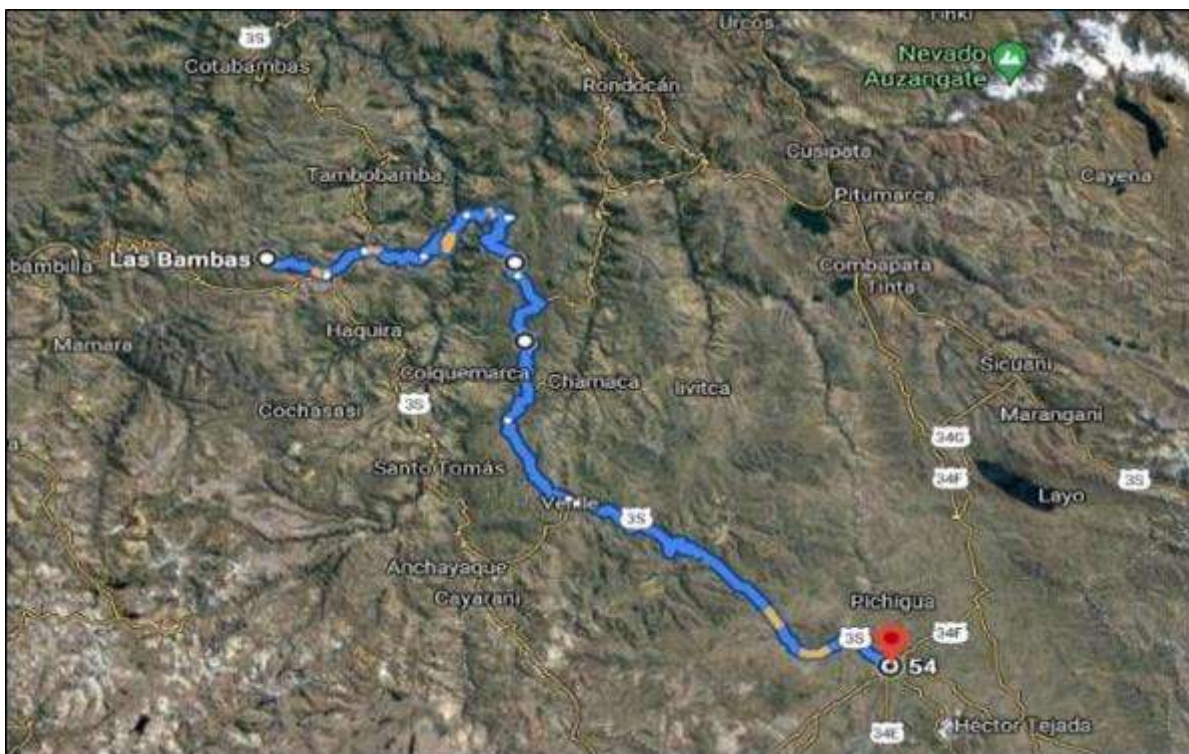
La investigación presenta un marco teórico actualizado respecto a los supresores de polvo, el supresor de polvo DASAUT, el control de polvo y el consumo de agua, así como antecedentes y definiciones conceptuales provenientes de la revisión de libros, artículos científicos y estudios realizados, para comprender el estudio y realizar futuras investigaciones.

1.4. Delimitación del estudio

1.4.1. Delimitación espacial

La presente investigación comprende la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca,

Figura 1 Ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas.



Fuente. Google Maps

El estudio se realizó sobre los trabajos realizados por la empresa COMPANY HUAMANI & VARGAS PERU SAC. situada en Cusco y Apurímac, la cual tiene adjudicado el Servicio de Mantenimiento de Vías, Respuesta de Emergencias y Control de Polvo del Heavy



Haul Road y Ruta Cusco de la Minera las Bambas, ubicado entre los departamentos del Cusco y Apurímac.

El tramo de intervención para el HHR es desde la progresiva km 65+000 al km 263+050 zonas de Mara, Pitic, Ccapacmarca, Pumapuquio, Yavi Yavi, Huincho, Huallpamayo, Tacllapampa, Velille, Caylla, Jalanta, Huaylla, Urinsaya, Pukakancha y Coporaque, comprendidas dentro de las rutas PE-3SY, PE-3SG, PE-3SW.

La investigación, específicamente considerará el tramo 08 de Agosto km 96+000 al km 101+100 de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, donde se viene aplicando DASAUT y haciendo seguimiento en todos los tramos establecidos por el área de ingeniería, que se ubica en el corredor vial, en las siguientes progresivas:

Figura 2 Tramo 08 de Agosto km 96+000 a km 101+100, de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca



Fuente: Google Maps



Figura 3 Bases de Medición

TRAMOS PROYECTADOS APLICACIÓN DASAUT			SEGÚN PLAN DE RIEGO				Tasa de aplicación		
KmInicial	KmFinal	Longitud	KmInicial	KmFinal	Longitud	Area	15 días	30 días	3 meses
96+000	101+000	5000.00	96+000	101+000	5000.00	36000	72.00	36.00	18.00
		5000.00							

Fuente: Empresa COMPANY HUAMANI & VARGAS PERU SAC.

1.4.2. Delimitación temporal

La presente investigación se realizó durante el año 2021, abarcando información de los meses de junio, julio y agosto.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar la eficacia del supresor DASAUT en el Control de Polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Determinar la eficacia de la aplicación del supresor DASAUT en el Control de Polvo en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.
2. Determinar es la eficacia de la aplicación del supresor DASAUT en el consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

Guivar y Zelada (2018), en su tesis titulada “*Estudio comparativo de supresores de polvo DASAUT, DL10 plus y KNOCKOUT DUSTPLY para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018*”, 2018, de la Universidad Privada del Norte. Dicha investigación tuvo como objetivo realizar un estudio comparativo usando los supresores de polvo DASAUT, DL10 plus y KNOCKOUT DUSTPLY para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha. La investigación fue de tipo aplicado, de diseño experimental. Para la recopilación de datos se recopilaron y analizaron datos e información de la aplicación de los distintos supresores en el área de estudio. Llegando a las siguientes 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/m², 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 disminuye 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/m², 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 disminuye un 60 % de consumo de agua.
- 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/m², 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 disminuye un 90 % de consumo de agua.

Comentario: La investigación, mencionó que la medida más importante 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 y se viene usando como principal fuente de agua para riego de vías.

Morales (2020), en su tesis titulada *“Reducción del consumo de agua en el mantenimiento de vías y mitigación de polvo, mediante la aplicación de BISCHOFITA y el aditivo H14 en Mina Cuajone”*, 2020, de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Dicha investigación tuvo como objetivo reducir el consumo de agua usada en riego de vías para mantenimiento y mitigar el polvo generado por el tránsito de equipos en vías de Mina Cuajone. La investigación fue cuantitativa, descriptiva de campo. Para la recopilación de datos se realizó la observación directa, donde se recopilaron y analizaron datos e información de la aplicación de los distintos supresores en el área de estudio. Arribando a las siguientes conclusiones:

- El agua, como supresor de polvo, logra alcanzar una eficiencia del 79%, sin embargo, es de rápida evaporación. Por lo que para alcanzar y mantener la eficiencia objetivo (1000 Pcc) en vías de acarreo es necesario realizar riegos cada 40 minutos, mientras que en vías auxiliares el riego con agua debería de ser cada 60 minutos.
- La aplicación de Bischofita en vías de acarreo alcanzo una eficiencia de mitigación de Polvo de 93% y según la curva de evaporación en vías aplicadas con este aditivo, se determinó que la vía solo requerirá humectaciones con agua cada 2 horas y 38 minutos para mantener el PM 10 Objetivo. En vías auxiliares aplicadas con Bischofita también se logró alcanzar el PM 10 objetivo.
- La aplicación de H14 en Rampas de acarreo alcanzo una eficiencia de mitigación de polvo de 86% y según la curva de evaporación realizada, las vías aplicadas con este aditivo requerirán humectaciones con agua cada 2 horas para mantener el PM 10 objetivo.



- La aplicación de aditivos supresores de Polvo representa una reducción del 42% del consumo de agua mensual. Además, para año 2019 represento un ahorro de 266,892.00 USD.

Comentario: La investigación, se justifica principalmente porque da a conocer la necesidad de buscar nuevas estrategias que logren reducir el consumo de agua y controlar los niveles de polvo (Material particulado) proveniente de las vías de acarreo y auxiliares para asegurar la sostenibilidad y el desarrollo de las operaciones extractivas de Mina Cuajone. Además, da a conocer que durante los últimos años los aditivos supresores de polvo han abierto un nuevo campo en la minería y en sectores donde se tiene presencia de vías no pavimentadas. Asimismo, indica que en el mercado existen una variedad de familias de aditivos, cada uno con diferentes características y composición para cada tipo de suelo.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

Durán y Peña (2018), en su tesis titulada “*Métodos de supresión de polvo para evitar el gasto excesivo del recurso hídrico en la minería*”, 2018, de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña del Mar - José Miguel Carrera. Dicha investigación tuvo como objetivo disminuir el consumo de agua utilizado como supresor en vías de transporte de mineral a través de nuevos posibles métodos que optimicen el uso de ésta. La investigación fue de tipo aplicado, mixto y de diseño experimental. Para la recopilación de datos se recopilaron y analizaron datos e información de la aplicación de los supresores en el área de estudio. Teniendo las siguientes conclusiones:

- Las sales y cloruros destacan por sobre los productos bituminosos, debido a que los productos bituminosos para poder ser aplicados el terreno deben ser preparados previamente, lo cual conlleva un gasto adicional
- Al emplear estos supresores se optimiza el uso de las aguas hasta en un 90%, el cual podría ser perfectamente re utilizado en otro proceso o simplemente reflejarse en un ahorro monetario.

Comentario: La investigación, da a conocer que, con el tiempo el control del polvo ha ido cobrando mayor relevancia para las compañías mineras. Trabajar en un ambiente con menor polución trae beneficios para la salud de las personas, pues disminuye las enfermedades respiratorias y, a la vez, resulta clave para la prevención de riesgos, puesto que a una mayor



visibilidad en los caminos redonda en mayor seguridad en general en la operación. Asimismo, 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, también son actores cuya voz cobra cada vez más fuerza.

Brauer et al. (2019), en su tesis titulada “*Evaluación de productos para el control de polvo ambiental en caminos mineros*”, 2019, de la Universidad Nacional de San Luis. Dicha investigación tuvo como objetivo evaluar diferentes técnicas para lograr disminuir el polvo suspendido en caminos mineros. La investigación fue de tipo aplicado, mixto y de diseño experimental. Para la recopilación de datos se recopilaron y analizaron datos e información con la asistencia del software Comet y el equipo captador de polvo E-Sampler se recolectaron datos de mediciones de polvo y se compararon con datos previos tomados por especialistas en medio ambiente. Llegando a la siguiente conclusión:

- Al evaluar el efecto de contención de polvo y su duración en diferentes condiciones climáticas con los productos melaza, hidróxido de magnesio, TGC, cloruro de sodio y bischofita se concluye que el producto bischofita ofrece los mejores resultados en las zonas tratadas previamente con suelo-sal; sin embargo, no es factible aplicarlo durante las épocas de nevada por la inseguridad que genera al tornar muy resbalosos los caminos.

Comentario: La investigación, menciona que la minería a gran escala puede contribuir potencialmente a la contaminación del aire, especialmente en el transcurso de la etapa de operación. Las actividades durante la extracción de mineral, procesamiento, manipulación y transporte dependen del equipo, del tipo de generadores de energía, procesos y materiales que pueden generar contaminantes atmosféricos peligrosos, tales como material particulado, metales pesados, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. Sin un adecuado sistema de control de polvo, este material particulado afectará negativamente el desempeño de los equipos de producción, lo que compromete la productividad de la operación y perjudica la salud de las personas.



2.2. Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1. Supresores de polvo

Mendiburu (2020), refiere sobre los supresores de polvo, que estos además de la capacidad de suprimir polvo, también deben elegirse teniendo en cuenta el ahorro de recurso hídrico, la frecuencia de mantenimiento, el transporte desde su centro de producción hasta el lugar de aplicación, la seguridad y su efecto en el medio ambiente.

2.2.1.1. Eficacia del Supresor de polvo

Se refiere a la capacidad del supresor para hacer efectivo el control de polvo en los caminos mineros (Brauer et al., 2019). Además, indica que existen diferentes tipos de supresores de polvo que contribuyen a hacer efectivo el control de polvo, se destacan los productos a base de:

- Agua, “la cual es una solución de corto plazo y opera a partir de la aglomeración de partículas en la superficie” (p. 168).
- Sales y cloruros, “que suprimen polvo a partir de la atracción de la humedad del ambiente y son más efectivos en lugares que tienen alta humedad y bajas temperaturas” (p. 168).
- Polímeros sintéticos que pueden fortalecer la superficie del camino, aumentando la tensión de rotura en diez veces.
- Productos orgánicos no bituminosos, “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” (p. 168).
- Productos bituminosos que incluyen los asfaltos cortados y emulsiones asfálticas, entre otros.
- Productos electroquímicos “que son usualmente derivados de petróleo sulfatado y productos altamente iónicos. Se incluyen en este grupo los aceites sulfatados, enzimas y cloruro de amonio” (p. 168).

2.2.2. Supresor de polvo DASAUT

Según la Compañía Minera Escondida (2015), el supresor de polvo DASAUT es un estabilizante y aglomerante de partículas que, debido a sus propiedades de formar gránulos y



pequeñas placas, reduce la proliferación de partículas sueltas, especialmente las PM 1, PM 2,5 Y PM 10 (más importante). De esta manera, en un camino donde se aplica el producto en forma sostenida y con el debido mantenimiento la mitigación del particulado en suspensión es muy eficaz, impidiendo que el particulado pueda ser esparcido por el viento.

El DASAUT es un producto 100% orgánico, biodegradable y no tóxico, “no tiene restricciones de uso porque su composición consta de polisacáridos de alto peso molecular proveniente del limón y que se encuentran disueltos en agua acidificada con ácidos orgánicos grado alimenticio (aprobado por la FDA y EPA)” (Compañía Minera Escondida Limitada, 2015, p. 2).

“Es un polímero natural que se degrada en 180 días y no un polímero artificial que se degrada en 100 años, su manipulación es segura y la aplicación no contamina el medio ambiente” (Compañía Minera Escondida Limitada, 2015, p. 2).

Acorde se aplica el polímero, el suelo va formando una capa superficial que evita el levantamiento del polvo. Cabe señalar que con el tránsito continuo y muy pesado de las faenas mineras la costra que se forma se rompe, pero al romperse lo hace en pedazos de tierra que mantiene las partículas pequeñas aglomeradas, disminuyendo de esta forma la proliferación en el ambiente.

El producto presenta ventajas adicionales como: la no aglutinación en los neumáticos, no produce corrosión a las estructuras metálicas y no genera superficies resbalosas. Supresor de polvo DASAUT (Compañía Minera Escondida Limitada, 2015).

2.2.2.1. Composición del supresor de polvo DASAUT

La empresa INDUSTRIAL VETSI INTERNACIONAL S.A. (2020), informa que el supresor de polvo DASAUT tiene los siguientes componentes:

- Polisacárido Ácido Polimerizado
- Ácidos orgánicos USP
- Agua

Debido a su composición, se debe almacenar en condiciones normales ambientales. Soporta temperaturas de 0° C hasta 80° C.



2.2.2.2. *Uso y dosis del supresor de polvo DASAUT*

La empresa INDUSTRIAL VETSI INTERNACIONAL S.A. (2020), asevera que el supresor de polvo DASAUT tiene los siguientes usos 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 DASAUT³⁰⁰ disuelto en 1 litro de agua. De esta solución utilizar 1 litro por m² de superficie.

- En taludes: 1 ml de DASAUT300 por litro de agua por m² cada 15 días.
- En vías de acarreo de material: 1 ml a 2 ml de DASAUT300 por litro de agua por m², 10 aplicaciones por mes en promedio, pudiendo ser mayor o menor la frecuencia de acuerdo con la circulación de vehículos.
- En vías agrícolas: 1 ml de DASAUT300 por litro de agua por m² 4 aplicaciones al mes. El uso de este producto no afecta al cultivo.
- En fajas transportadoras: 1 a 2 ml de DASAUT300 m² disuelto en la cantidad de agua que normalmente agregan.
- En pilas de diferentes minerales: 2 ml de DASAUT300 por litro de agua por m².

2.2.2.3. *Propiedades físicas y químicas del supresor de polvo DASAUT*

De acuerdo con la empresa INDUSTRIAL VETSI INTERNACIONAL S.A. (2020), el supresor de polvo DASAUT tiene las siguientes propiedades físicas y químicas:

- Solubilidad
Agua: Soluble
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

2.2.2.4. Ventajas del supresor de polvo DASAUT

Según la empresa INDUSTRIAL VETSI INTERNACIONAL S.A. (2019), las ventajas del supresor DASAUT son:

- Es un producto de fácil manejo, se mezcla con agua y se aplica en el camino no pavimentado.
- La dosis promedio de aplicación de DASAUT es de 0.5 ml a 2 ml por litro de agua.
- La calidad del agua únicamente requiere mantener un pH no mayor a 13.
- Es un insumo de origen natural con certificado orgánico, registrado ante la agencia de protección ambiental norteamericana EPA.
- Es amigable con el medio ambiente, se biodegrada en un plazo de 60 a 180 días.
- Es un coadyuvante para la acción humectante del agua, ayuda a conservar la humedad desde 4 hasta 6 horas reactivándose en cada nueva humectación.
- No genera caminos resbalosos ni ocasiona deslizamiento, derrapes o patinamiento, no retarda las operaciones de logística por reducción de velocidad.
- Se aplica de 2 a 3 veces al día.
- No se deslava o diluye a través de las precipitaciones diarias.
- Se aplica directamente al terreno, no es necesario: escarificar, nivelar, aplanar (motoniveladora, aplanadora).
- Permite que las operaciones en mina continúen durante su aplicación.
- No se adhiere a los neumáticos de vehículos ni ocasiona derrapes.
- Permite obtener mayor cobertura en el terreno total a tratar, ya que su efecto residual no exige regresar para aplicar nuevamente en
- Lapsos menores a 3 o 6 horas.
- No contiene colorantes.
- “No se cristaliza soportando bajas temperaturas de hasta -5° grados centígrados” (p.5).



2.2.3. Control de polvo en la minería

Brauer et al. (2019), refiere que la minería a gran escala puede contribuir potencialmente a la contaminación del aire, especialmente en el transcurso de la etapa de operación. Las actividades durante la extracción de mineral, procesamiento, manipulación y transporte dependen del equipo, del tipo de generadores de energía, procesos y materiales que pueden generar contaminantes atmosféricos peligrosos, tales como material particulado. Una operación importante es el transporte de material por vías no pavimentadas o afirmadas, lo cual también genera partículas pequeñas, todas estas partículas hacen que las mineras tengan la necesidad del control de polvo.

Esto considerando que las carreteras no pavimentadas son aquellas cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural y las carreteras afirmadas son aquellas carreteras cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de afirmado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), lo cual ocasiona que se pueda generar polvo durante su uso.

De acuerdo con la Organización VENTIUS (2016), el polvo se define como “un conjunto de pequeñas partículas de 1 a 100 micrones de diámetro, capaces de permanecer temporalmente en suspensión el aire. El polvo es un material sólido finamente dividido”, el cual, “dependiendo del tamaño de sus partículas, de su concentración y su composición, puede constituir un peligro tanto para la salud del personal como la seguridad de la operación en lo que se refiere a visibilidad entre otros” (p. 3).

Según Brauer et al. (2019), el material particulado es una fuente de contaminación del aire en operaciones mineras, el cual es transportado por el viento como “resultado de excavaciones, voladuras, transporte de materiales, erosión eólica, polvo proveniente de los depósitos de relaves, depósitos, pilas de desechos, caminos. Las emisiones de los gases de escape de fuentes móviles también contribuyen a aumentar el nivel de material particulado” (p. 166).

Cuando el material particulado emite contaminantes a la atmósfera estos son transportados en el aire, se diluyen y son sujetos a cambios (físicos y químicos) en la atmósfera y finalmente alcanzan al receptor (personas, vehículos de transportes). Estos contaminantes pueden causar serios efectos en la salud de las personas y en el ambiente (Brauer et al.,2019).



Toro et al. (2020), refiere sobre el control de polvo, que al no tener una legislación específica en la cual se establezcan valores límites para la protección de ecosistemas en relación a la concentración de partículas, los estudios se centran en la evaluación de la concentración en inmisión de las sustancias emitidas en relación “al cumplimiento de la legislación vigente referente a la valoración y gestión de la calidad del aire, así como en la identificación de posibles afecciones sobre zonas especialmente sensibles como núcleos de población cercanos y zonas de especial interés medioambiental”. “Como criterio de evaluación se suelen utilizar los valores límites establecidos en el R.D. 102/2011 para la protección de la salud humana en relación con la concentración de partículas” (p. 45):

- Valor límite diario (protección de la salud): Percentil 90,41 = 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 10.
- Valor límite anual (protección de la salud): Media anual = 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 10.

2.2.3.1. Propiedades del polvo

La Organización VENTIUS (2016), refiere una serie de parámetros para describir o definir el polvo, siendo los más importantes los siguientes:

- Número de partículas por unidad de volumen.
- Tamaño y distribución de las partículas.
- Masa de polvo por unidad de volumen de aire.
- Área superficial de las partículas por unidad de volumen.
- Composición química del polvo.
- Naturaleza mineralógica de las partículas.

Una de las propiedades “más importantes del polvo de minas es su distribución granulométrica, ya que será el tamaño de las partículas sólidas el que determine el tiempo que estas permanecerán en suspensión en la atmósfera y la forma en que finalmente se asentaran” (Organización VENTIUS, 2016, p. 3).

“La tasa de sedimentación de las partículas dependerá obviamente de la velocidad del aire de ventilación. En prácticamente toda operación minera el tamaño de partículas que nos interesa varía entre 40 y 0,5 micrones” (Organización VENTIUS, 2016, p. 3).



2.2.3.2. Origen del polvo

“El polvo emitido por la minería tiene su origen en la disgregación de las rocas durante su preparación, o en el levantamiento de partículas de los caminos durante los procesos de transporte (camiones pesados)” (Organización VENTIUS, 2016, p. 5).

En el primer ejemplo, el origen del polvo puede ser:

- Producido durante una voladura
- Polvo generado durante el proceso de carga.
- Otra posibilidad corresponde al polvo generado durante el proceso de transporte, en su doble vertiente de polvo que pueda escaparse del elemento de transporte (camión o cinta transportadora, fundamentalmente) y polvo levantado por el medio de transporte (solo en el caso de los camiones). En el caso de los camiones, se produce una mezcla entre partículas procedentes del yacimiento y las procedentes de la pista.
- Otra fuente muy importante de polvo son los procesos de molienda.

2.2.3.3. Textura del suelo

La presencia de polvo se relaciona con la textura del suelo, la textura del suelo se describe como una clase textural, y se refiere a la porción relativa de las clases de tamaño de partículas en un volumen de suelo dado (Solleiro-Rebolledo & Chávez-Vergara, 2020).

Todos los suelos están compuestos por fracciones y partículas minerales de diversos tamaños. Las más gruesas se denominan arenas, las medianas son los limos y las más pequeñas son las arcillas (Solleiro-Rebolledo & Chávez-Vergara, 2020).

Los tamaños de las partículas se clasifican de acuerdo a la siguiente escala:

Hasta 2 micrones.....Arcilla
de 2 a 20 micrones.....Limo
de 20 a 200 micrones.....Arena fina
de 200 a 2000 micrones.....Arena gruesa
más de 2000 micrones.....Gravillas y gravas

Donde un micrón es la milésima parte de un milímetro.



Existen dos escalas de clasificación de texturas: la internacional y la americana, de las cuales esta última es la más utilizada. Los suelos se clasifican como familia de texturas que se denominan pesados (de textura fina), medios (de texturas intermedias) y livianos (de textura gruesa). Dentro de los suelos de textura gruesa, se presentan además los denominados esquelético arenosos con gran contenido de gravas y gravillas en el perfil. Estos suelos son de baja retención de humedad y pobres en nutrientes y se consideraron marginales hasta antes de la entrada de métodos de riego más tecnificados como lo es el riego presurizado (goteo, microaspersión).

Tipos de textura: Según Solleiro-Rebolledo & Chávez-Vergara (2020) se tiene:

- Limosa tiene una “consistencia muy harinosa, no se perciben granos de arena” corresponde a suelos francos (textura mediana)
- Franco limosa de “consistencia muy harinosa y se perciben granos de arena, la muestra es ligeramente abrasiva (< 50% arena)” corresponde a suelos francos (textura mediana) o suelos arenosos (textura gruesa).
- Areno francosa “muy arenosa y abrasiva (50-85% arena), queda material fino en las líneas de la palma” corresponde a suelos francos (textura moderadamente gruesa).
- Arenosa “muy arenosa y abrasiva (> 85% arena), no queda material fino en las líneas de la palma”, corresponde a suelos arenosos (textura gruesa) (Solleiro-Rebolledo & Chávez-Vergara, 2020).

2.2.3.4. Consecuencias del inadecuado control de polvo

Sin un adecuado sistema de control de polvo, el material particulado afecta negativamente el desempeño de los equipos de producción, lo que compromete la productividad de la operación y perjudica la salud de las personas. (Tapia, 2017)

Cualquier polvo que haya en un ambiente laboral pasa a ser un contaminante del aire, y, por ende, se transforma en un agente irritante del sistema respiratorio. Esto puede dar origen a múltiples patologías, que van a depender de la composición química, tamaño de las partículas respirables, la cantidad de polvo que se esté respirando y tiempo de exposición a tal contaminante. (Tapia, 2017)



Pero las consecuencias no sólo se reflejan en la salud de los operadores, sino también en el medio ambiente local.

Por otro lado, afecta a la seguridad de la propia operación minera y su rol en la economía, pues disminuye el rendimiento y durabilidad de los equipos. También destacan sus consecuencias en el desempeño y durabilidad de los caminos en minería, ya que la pérdida de la matriz fina trae como consecuencia un mayor deterioro del camino, en particular la producción de calaminas. (Tapia, 2017)

2.2.3.5. Ventajas del control de polvo

Un camino que no levante polvo utiliza menos agua para su mantención y mejora la carpeta de rodado. Por lo tanto, los vehículos consumen menos combustible, se extiende la vida útil de los neumáticos y entrega un entorno más seguro. Además, mejora la calidad de vida para las personas y las comunidades aledañas, dejando de afectar la salud de trabajadores y vecinos. (Brauer et al., 2019, p. 167)

En esta línea, el control de polvo en los caminos mineros mediante el uso de supresores, es una actividad fundamental en la búsqueda de una gran minería más sostenible. El control de polvo tradicionalmente se ha utilizado para cumplir compromisos ambientales en las faenas. (Mendiburu, 2020)

2.2.4. Consumo de agua en la minería

La Red EsAgua (2019), refiere que el proceso de minería consiste en la extracción y la recuperación de minerales o metales de la tierra. El agua es un elemento clave en la minería tanto por su presencia inconveniente en labores subterráneas como por su necesidad imperiosa en los procesos de concentración mineral y metalúrgicos. También es fundamental tanto en procesos de flotación como en refrigeración.

En ese sentido, el consumo de agua en la minería se refiere a la utilización del recurso agua en los distintos procesos de minería. (Red EsAgua, 2019)

En todos los casos existe, además, la necesidad de gestionar los caudales excedentes, muchas veces con altos contenidos en metales, sales y otros compuestos arrastrados y disueltos, lo que ha supuesto un verdadero desafío en distintas explotaciones y plantas industriales. Esto ha obligado a algunas empresas a realizar inversiones de gran calado para llevar agua de mar



desalada a cientos de kilómetros de la costa, así como a realizar proyectos de alto coste para la regeneración y reutilización de sus efluentes, con significativos impactos negativos en sus cuentas de resultados, además del impacto social y medioambiental que suponen este tipo de soluciones. (Red EsAgua, 2019)

2.2.4.1. Uso del agua en la minería

1. Operaciones mineras

“Extracción del mineral bruto a través de técnicas mineras superficiales o subterráneas. En estas operaciones, el agua se utiliza para la represión del polvo, y limpieza de equipos” (Red Es Agua, 2019, p. 3).

Dentro de estas operaciones destaca: el uso para riego de carreteras, con la finalidad de controlar el polvo que se origina en el transporte de minerales, insumos u otros necesarios para las operaciones mineras, por carretas afirmadas o carreteras no pavimentadas.

2. Fases de procesado

“Tratamiento del mineral bruto para recuperar minerales o metales de valor. En las fases de procesado el agua se utiliza para mezclar con el mineral bruto con el objetivo de emparar y encuadrar separaciones físicas tales como el lavado, separaciones por espesado y flotación, utilizado en combinación con químicos para lixiviar los minerales” (Red EsAgua, 2019, p. 3).

3. Transporte y manejo del mineral bruto y productos

“Desaguado, almacenamiento y transporte del mineral o metales brutos y productos a la mina y al mercado. El agua se utiliza aquí para bombear corrientes residuales mineras (relaves) a sitios que se puedan descargar, o productos a embarcaciones” (Red EsAgua, 2019, p. 3).

4. Transporte y disposición de las corrientes residuales

“Transferencia de las corrientes residuales del sitio de la mina a los lugares controlados para su tratamiento. El agua se utiliza aquí para la generación de potencia para la refrigeración y control de la contaminación para las emisiones del aire” (Red EsAgua, 2019, p. 3).



En la presente investigación, se considera el consumo de agua para el proceso de riego de vías no pavimentadas, por donde se realiza el transporte de camiones con material de la mina.

2.2.4.2. Consumo de agua en la minería del Perú

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es una institución del Estado adscrita al Ministerio de Agricultura y Riego. En conformidad con la Ley N° 29.338 (Ley de Recursos Hídricos), es el ente rector y máxima autoridad técnica normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, que es parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. “La ANA fue creada el 13 de marzo del 2008 con el fin de administrar conservar, proteger y aprovechar los recursos hídricos de las diferentes cuencas de manera sostenible, promoviendo a su vez la cultura del agua” (Lewinsohn & Salgado, 2017, p. 47).

Sus principales funciones son: “i) administrar y vigilar las fuentes naturales de agua, ii) autorizar volúmenes de agua que utilizan y/o distribuyen los prestadores de servicios de agua (EPS y Juntas de regantes), iii) evaluar instrumentos ambientales”, “iv) otorgar derechos de uso de agua, autorizaciones de vertimiento y reúso de agua residual tratada, v) autorizar obras en fuentes naturales de agua, y vi) conducir el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos” (Lewinsohn & Salgado, 2017, p. 48).

La Autoridad Nacional del Agua está organizada de forma descentralizada, con 14 Autoridades Administrativas de Agua (AAA), 71 Administraciones Locales de Agua (ALA) y 8 Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC). Las funciones más destacadas son:

- Autoridades Administrativas de Agua
- Administraciones Locales de Agua (ALA)
- Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC)

El cuerpo legal más representativo y vigente es la Ley de Recursos Hídricos de 200937.

En esta los principios que rigen el uso y gestión integrada de los recursos hídricos son: valoración del agua y de gestión integrada, prioridad en el acceso al agua, de participación de la población y cultura del agua, seguridad jurídica, respeto de los usos del agua por las comunidades campesinas y comunidades nativas, sostenibilidad, descentralización de la gestión pública del agua y de autoridad única, precautorio, eficiencia, gestión integrada participativa por cuenca hidrográfica y tutela jurídica.



En esta Ley se regula, además, el concepto de dominio hidráulico público, el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, los usos de los recursos hídricos, los derechos de uso de agua, la protección del agua, el régimen económico por el uso del agua, planificación de la gestión del agua, infraestructura hidráulica, agua subterránea, aguas amazónicas, infracciones y sanciones.

En relación al dominio y uso público del agua se entiende que en Perú el agua es patrimonio de la Nación, siendo el dominio sobre la misma inalienable e imprescriptible. Además, es un bien de uso público y su administración sólo puede ser otorgada y ejercida con y por el bien común, la protección ambiental y el interés de la Nación.

Este bien de uso público incorpora: cauces o álveos, lechos y riberas de los cuerpos de agua, incluyendo las playas, barriales, restingas y bajiales, en el caso de la Amazonía, así como los materiales que acarrea y deposita el agua en los cauces; las áreas ocupadas por los nevados y los glaciares, entre otros.

Consecuentemente, el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos es el conjunto de instituciones, principios, normas, procedimientos, técnicas e instrumentos mediante los que el Estado desarrolla y asegura la gestión integrada, participativa y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, la preservación de la calidad y el incremento de los recursos hídricos.

La ANA tiene carácter de órgano de participación en la determinación de políticas hídricas en los usos de agua, derechos de uso y planificación. La ley divide los usos de agua entre primario, poblacional y productivo; uso poblacional es la captación del agua de una fuente o red pública para su distribución; uso productivo, utilización del agua en procesos de producción o previos a los mismos.

En los últimos años, la utilización del agua se pudo estimar a través de los registros de derechos de agua que ha venido otorgando la ANA. Según los tres tipos de derechos existentes (permiso, autorización y licencia), han registrado los volúmenes de agua medidos en hectómetros cúbicos.

Según los datos de ANA, los volúmenes totales anuales otorgados, fueron aumentando paulatinamente entre los años 2013 al 2015. En el año 2013, el volumen total otorgado fue de 48.284 hm³, en el año 2014 ascendió a 61.448 hm³ y el 2015 llegó a los 70.488 hm³. Como es



de esperar el consumo poblacional fue el de mayor aumento, con un incremento desde el 5,3% en el año 2014 al 23,7% el año 2015. Mientras los derechos de la industria energética, bajaron considerablemente su participación en el total anual, desde un 68,2 % en el año 2013 al 44,7% el año 2015. “Respecto a la industria minera, la participación en el porcentaje a nivel nacional es bastante bajo, fluctuando entre el 0,8% al 1,4%” (Lewinsohn & Salgado, 2017, p. 50).

En Perú, “la mayor demanda de derechos en la industria minera, se presentan en la Vertiente Atlántica, representando en promedio el 62% de la demanda total, luego la Vertiente Pacífica, y en mucha menor escala la Vertiente del Titicaca” (Lewinsohn & Salgado, 2017, p. 51).

En el año 2018, el consumo de agua fue de la siguiente manera: un 29,3% para uso consuntivo, donde el agua se transporta al lugar de uso y gran parte de ella no regresa al cuerpo de agua, resaltando el uso agrícola (75%) y en pequeñas proporciones el uso en la minería (menos del 2%); y el 70% a uso no consuntivo, donde el agua que se utiliza es devuelta posteriormente al medio del cual ha sido extraída, resaltando la energía (98%). (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2021).

En el año 2021, la ANA, informo que el Perú, se encuentra en el ranking mundial de países con mayor cantidad de agua, ocupando el octavo lugar abarcando el 1,89% del agua superficial, por lo que es una gran responsabilidad cuidar este recurso, asimismo, respecto al consumo de agua, refirió que el 80% del agua se emplea en agricultura, un 12% en el consumo de la población, un 8% en la industria y un 2% en la minería.

La Unidad Minera Las Bambas, en el “Resumen Ejecutivo de la Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Minera Las Bambas”, indicó que durante la etapa de operación para el consumo de agua requerido se hace uso de las licencias de agua obtenidas a favor de la U.M. Las Bambas.

Durante la operación, la demanda de agua de la planta concentradora para una producción de 145,000 t/d asciende a 298,700 m³/día, de los cuales 250,908 m³/día corresponden a agua recirculada proveniente de la presa de relaves y de los espesadores y otros 47,792 m³/día (553.15 L/s) son de agua fresca.



Además del uso de agua en la planta concentradora, existen otras demandas complementarias de agua fresca, principalmente para el abastecimiento de talleres, lavado de camiones y control de polvo.

El detalle de las autorizaciones y el volumen consumido se puede apreciar en Anexos. Siendo un total de 66,810,000 m³ entre enero y agosto del 2021.

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Actividades mineras

“Actividades desarrolladas para la extracción y beneficio de rocas y minerales, tales como: prospección, exploración, explotación, arranque y almacenamiento de sustancias minerales o rocas, así como los procesos de trituración, molienda, beneficio, refinación, aserrado, tallado, pulido, lustrado, y otros” (Arranz et al., 2020, p. 2).

2.3.2. Contaminación

Adición de cualquier sustancia al medio ambiente en cantidades “lo suficientemente importantes como para causar efectos mensurables o medibles sobre los seres vivos, el suelo, el agua o la atmósfera, o que se presenten en cantidades que sobrepasen los niveles normales de los que se encuentran en la naturaleza” (Arranz et al., 2020, p. 7).

2.3.3. Daño al ambiente

Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación “adversos y mensurables del hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan” (Arranz et al., 2020, p. 7).

2.3.4. Eficacia del Supresor de polvo DASAUT

Se refiere a la capacidad del supresor DASAUT para hacer efectivo el control de polvo en los caminos mineros (Brauer et al., 2019).

2.3.5. Supresor de polvo DASAUT

“Es un polímero natural que se degrada en 180 días y no un polímero artificial que se degrada en 100 años, su manipulación es segura y la aplicación no contamina el medio ambiente” (Compañía Minera Escondida Limitada, 2015, p. 2).



2.3.6. Control de Polvo

Es el manejo el polvo, entendido como “un conjunto de pequeñas partículas de 1 a 100 micrones de diámetro, capaces de permanecer temporalmente en suspensión el aire” (Organización VENTIUS, 2016, p. 3).

2.3.7. Consumo de agua

Se refiere a la utilización del recurso agua en los distintos procesos de minería (Red EsAgua, 2019).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el control de polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.

2.4.2. Hipótesis Específicas

1. La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el Control de Polvo en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.
2. La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.

2.5. Definición de variables

Eficacia del Supresor de polvo DASAUT

Se refiere a la capacidad del supresor DASAUT para hacer efectivo el control de polvo en los caminos mineros (Brauer et al., 2019).



2.6. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Eficacia del Supresor de polvo DASAUT	Se refiere a la capacidad del supresor DASAUT para hacer efectivo el control de polvo en los caminos mineros (Brauer et al., 2019).	- Es la capacidad del supresor DASAUT para controlar efectivamente el polvo en los caminos mineros	- Control de Polvo	- PM 10 ug/m ³ antes de la aplicación - PM 10 ug/m ³ después de la aplicación - PM 2.5 ug/m ³ antes de la aplicación - PM 2.5 ug/m ³ después de la aplicación
			- Consumo de agua	- Área - Litros/riego - N° de riegos/día - Litros/día - Litros/al mes



CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación fue de tipo aplicada, pues persigue fines inmediatos y concretos, y según afirma (Vélez, 2001). “A través de la búsqueda de la obtención de un nuevo conocimiento técnico con aplicación inmediata a un problema determinado” (p. 7).

3.2. Nivel de investigación

La investigación fue explicativa, pues, se define como el tipo de investigación que “Va más allá de la descripción de fenómenos, conceptos o variables o del establecimiento de relaciones entre estas, están dirigidos a responder las causas de los eventos o fenómenos de cualquier índole” (Hernández & Mendoza, 2018, p. 110).

Asimismo, la investigación estudió el tramo 08 de Agosto km 96+000 a km 101+000 con aplicación de DASAUT de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, y un tramo próximo (101+000 a km 106+000) con aplicación de agua, esto a fin de comparar el control de polvo y el consumo de agua en ambos tramos (teniendo el primer tramo como supresor al DASAUT, y el segundo solo agua).

3.3. Diseño de la investigación

Experimental, pues, se “administran intencionalmente estímulos, tratamientos o intervenciones” (Hernández & Mendoza, 2018, p. 149). En el estudio se realizaron mediciones en dos tramos, aplicando en uno el supresor DASAUT y en el otro solo agua.

Sub diseño transversal, porque, las mediciones se realizaron en el año 2021, asimismo, dentro de la estrategia transversal, las unidades pueden ser seleccionadas siguiendo procedimientos conocidos o desconocidos.

3.4. Método de investigación

La investigación fue de método hipotético-deductivo, en este método, “las hipótesis son puntos de partida para nuevas deducciones. Se parte de una hipótesis inferida de principios o leyes o sugerida por los datos empíricos, y aplicando las reglas de la deducción, se arriba a predicciones que se someten a verificación empírica” (Rodríguez & Pérez, 2017, p. 13). En la investigación se planteó como hipótesis que la aplicación del supresor DASAUT tiene una



eficacia significativa en el control de polvo y consumo de agua, para lo cual se determinó el control de polvo del supresor DASAUT y se evaluó el consumo de agua, para determinar la eficacia del supresor DASAUT en el Control de Polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca.

3.5. Enfoque de la investigación

La investigación fue de enfoque cuantitativo, porque, “se analizan y vinculan las mediciones obtenidas (utilizando métodos estadísticos), y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis” (Hernández & Mendoza, 2018, p. 6). Además, se describió la aplicación del supresor DASAUT en el control de polvo y consumo de agua, y también determinó la eficacia del supresor DASAUT en el Control de Polvo y consumo de agua, a través de las comparaciones en las mediciones cuantitativas de los indicadores.

3.6. Población y muestra

La población y muestra estuvieron conformadas por los tramos (08 de Agosto km 96+000 a km 101+000) con aplicación de DASAUT y el tramo (101+000 a km 106+000) con aplicación de agua.

3.7. Técnicas de recojo, procesamiento y presentación de datos

Las técnicas que se utilizaron en la investigación fueron el análisis documental, para recopilar los datos de los registros de control de la aplicación del supresor, asimismo, se de las mediciones del control polvo y consumo de agua (Hernández et al., 2014, p. 412).

Los instrumentos fueron una ficha de recolección de datos, donde se recolectó información de las mediciones de los indicadores propuestos, como PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ antes y después de la aplicación, PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ antes de la aplicación y después de la aplicación, área, L/riego, N° de riegos/día, L/día, L/al mes, etc. Esta información se tomó en 2 tramos uno con DASAUT y uno con solo agua, de manera que se comparar el control de polvo y el consumo de agua (Ver Anexo 2).



Tabla 2

Técnicas e instrumentos

Técnicas	Instrumentos
Análisis documental	Ficha de recolección de datos

Fuente: Elaboración Propia

3.8. Procedimiento de análisis de datos

Respecto al procedimiento de análisis de datos, para la presentación de los resultados, estos se organizaron en tablas y figuras y se realizó el análisis e interpretación.

Para el contraste de hipótesis, se empleó el programa estadístico SPSS versión 25, por consiguiente, se procede a determinar la prueba de normalidad para determinar si los datos se aproximan a una distribución normal, a través de la campana de Gauss. Asimismo, para determinar si la aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el control de polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021, se compararon las mediciones de control de polvo y consumo de agua para el tramo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el tramo de aplicación del supresor agua, esto se realizó mediante la prueba estadística: Prueba T para muestras independientes, que compara las mediciones de control de polvo y consumo de agua del tramo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) (muestra independiente 1) con las mediciones del tramo de aplicación del supresor agua (muestra independiente 2), determinando si existen diferencias significativas en los valores promedios de control de polvo y consumo de agua.

Tabla 3

Procedimiento de análisis de datos

Prueba estadística	Criterio para aceptar o rechazar la hipótesis
Prueba T para muestras independientes	Regla de decisión: Si $p \text{ valor} = \text{Sig. (bilateral)} \leq 0.05$ no se acepta H_0 $H_0: u_1 = u_2$ $H_a: u_1 \neq u_2$

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1. Presentación de los resultados

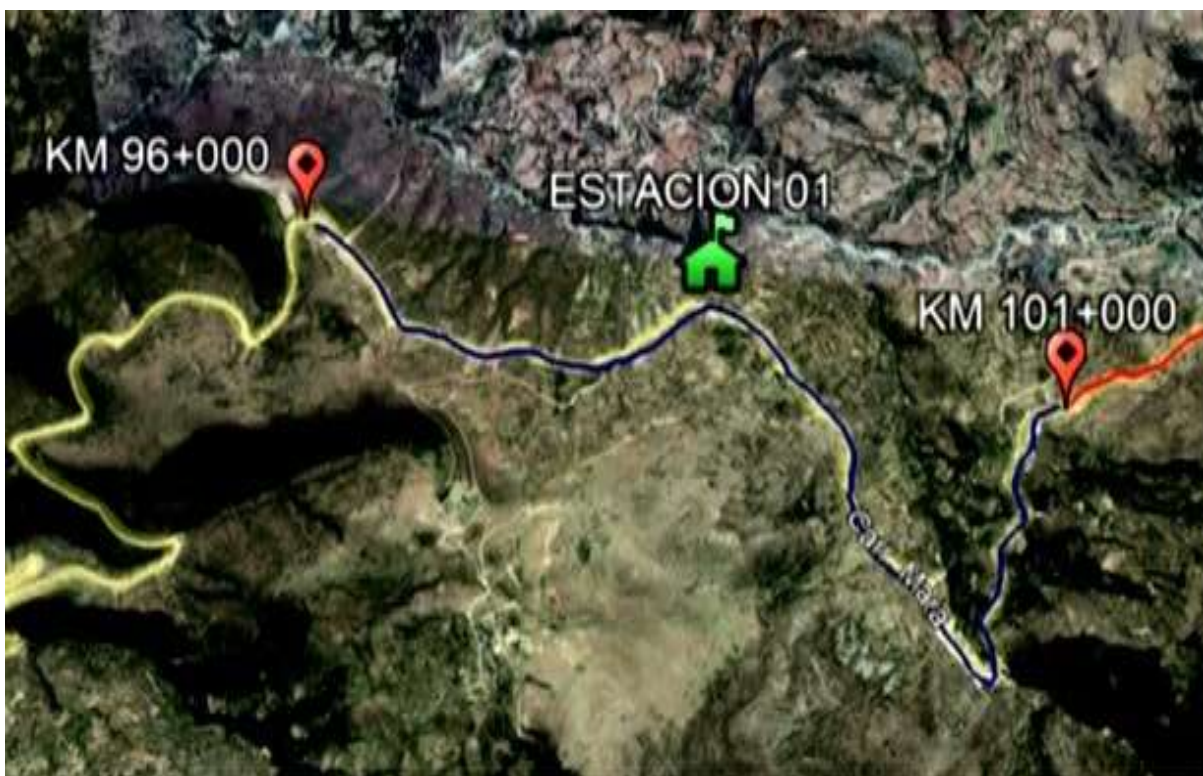
A continuación, se presenta el detalle de la aplicación del supresor DASAUT en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.

4.1.1. Aplicación del supresor (DASAUT + agua) en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca

4.1.1.1. Ubicación de la zona de aplicación del supresor (DASAUT + agua)

La zona de aplicación del supresor DASAUT+ agua comprende el tramo 08 de Agosto km 96+000 al km 101+000 de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, donde se viene haciendo seguimiento, se ubica en las siguientes progresivas:

Figura 4 Tramo 08 de Agosto km 96+000 a km 101+000, de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca



Fuente: Google Maps



Tabla 4

Bases de medición del tramo 08 de Agosto km 96+000 a km 101+000

Tramo de aplicación DASAUT+ agua					
Tramo	km inicial	km final	Longitud	Ancho promedio de riego	Área
1	96+000	101+000	5000 m	7.2m ²	36,000m ²

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

4.1.1.2. Recursos materiales para la aplicación del supresor (DASAUT + agua)

- Equipos de protección:

Abarca:

- Casco de seguridad y barbiquejo
 - Zapato de seguridad
 - Uniforme y/o Chaleco con cinta reflectiva
 - Guantes de hycron
 - Botas de jebe (de ser necesario)
 - Traje descartable
 - Lentes de oscuros
 - Lentes claros
 - Protección auditiva
 - Protección respiratoria
 - Mascarilla KN95 o quirúrgica de 03 pliegues
- Agua: volumen 5,000 galones por aplicación.
 - DASAUT: 57.5 galones para 1° dosis en un día, 28.7 galones para 2° dosis en un día y 14.4 galones para 1° dosis en un día.
 - Cámara de fotos y filmación como herramienta de datos para informe final.
 - Minivan (14 Pasajeros)
 - Cisterna de combustible
 - Combustible, petróleo
 - Camión cisterna con sistema de aspersion alto y bajo, con una capacidad de 5000 Gal



Tabla 5

Características del camión cisterna

Características	Camiones cisterna (DASAUT + agua)
Placas	X4I-764
Marca	Volvo
Modelo	Vm6x6r
Año	2018
Potencia HP	304 hp
Cubicación (gal)	5000
Aspersor superior	2
Aspersor inferior	1
Barra gravedad	1

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

4.1.1.3. Recursos humanos para la aplicación del supresor (DASAUT + agua)

- 1 Ingeniero de Campo
- 1 Asistente de Oficina Técnica
- 2 Vigilantes
- 1 Conductor
- 3 Operadores de Cisterna agua (1 relevo)

4.1.1.4. Otros recursos para la aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Para la medición del polvo, se consideraron las mediciones del monitor de partículas GRIMM EDM 180C regulado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), el cual realizó las mediciones de PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³, rescatando las mediciones de polvo antes de la aplicación del supresor y después de la aplicación del supresor (DASAUT + agua).

El monitor de partículas GRIMM EDM 180C es un sistema de medición automatizado (AMS) para la medición de la concentración de partículas PM 10y PM 2.5 en el aire ambiente.

El sistema funciona sin causar ruidos perceptibles, requiere un mantenimiento muy sencillo, con un consumo de energía bajo, es un instrumento autorizado por la Agencia de



Protección Ambiental (EPA), el Monitor de partículas GRIMM EDM 180C -1, se encuentra en la estación 1.

Tabla 6

Descripción de la estación 1

Nombre	Descripción
Departamento:	Cusco
Provincia:	Chumbivilcas
Distrito:	Ccapacmarca
Ubicación:	Comunidad de Ccapacmarca
Latitud:	14° 0'42.17"S
Longitud	72° 1'26.37"O
Altitud (m.s.n.m.):	3420
Datum:	WGS-84
Zona:	18 Sur

Fuente: OEFA

Figura 5 Monitor de partículas GRIMM EDM 180C-Estacion 1



Fuente: OEFA



*4.1.1.5. Dosificación establecida para la aplicación del supresor (DASAUT +
agua)*

En el periodo comprendido entre junio y la primera quincena de julio del año 2021, la dosificación fue:

- 05 primeros días a 2ml/m^2 .
- 10 días siguientes a 1ml/m^2 .
- Después de los 10 días a 0.5ml/m^2 .



4.1.1.6. Procedimientos para la aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Figura 6 Proceso para la aplicación del supresor (DASAUT + agua)

DAP Operario/Material/Equipo									
Diagrama n.º 1 Hoja n.º 1	Símbolo	Actividad	Nº	Tiempo (Minutos)	(S/)				
Proceso: Procedimientos para la aplicación del supresor (DASAUT + agua) Lugar: Tramo 08 de Agosto km 96+000 al km 101+000 de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas - Tramo Ccapacmarca		Operaciones	3	45	S/ 326.82				
		Transporte	2	20	S/ 57.34				
		Inspección	2	20	S/ 57.34				
		Espera	0	0	-				
		Almacenamiento	0	0	-				
		Total		7	85	S/ 441.49			

Nº	Actor	Descripción actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo	Costo
								Minutos	(S/)
1.	Operador de la cisterna	Inspección del equipo y toma fuerza						10	S/ 28.67
2.	Operador de la cisterna	Traslado de cisterna hacia el punto de abastecimiento de agua						10	S/ 28.67
3.	Operador de la cisterna	Verificación de punto de abastecimiento de agua						10	S/ 28.67
4.	Operador de la cisterna	Abastecimiento de agua						15	S/ 43.00
5.	Operador de la cisterna	Dosificación de DASAUT						10	S/ 226.49
6.	Operador de la cisterna	Traslado de cisterna hacia el tramo de aplicación						10	S/ 28.67
7.	Operador de la cisterna	Aplicación en vía						20	S/ 57.33
		Total	3	2	2	0	0	85	S/ 441.49

Fuente: Elaboración Propia



a. Inspección del equipo y toma fuerza

- Al iniciar la tarea el operador de la cisterna realiza la identificación de peligros y evaluación de riesgos y controles, IPERC continuo, si en el desarrollo de la tarea identifica nuevos peligros en su entorno, los agrega en el IPERC continuo.
- El operador de la cisterna camina por lugares libres de obstáculos y usa tres puntos de apoyo
Asimismo, el operador de la cisterna realiza los siguientes procedimientos
- Verifica el uso de EPP básico, guantes hycron.
- No expone partes del cuerpo a puntos de atrapamiento
- No enciende el equipo, mientras se inspecciona
- Revisa visualmente que no haya fugas de aceites o líquidos hidráulicos, que no haya tornillos flojos ni sueltos, luces, pilotos, claxon, circulina, alarma de retroceso, los niveles de aceite, líquido hidráulico y refrigerante
- Comprueba que los neumáticos tengan la presencia adecuada.
- Revisa el cinturón de seguridad, regula los espejos retrovisores, ajusta el asiento a sus condiciones físicas
- Cualquier desperfecto mecánico detectado se informa inmediatamente al responsable de mantenimiento.
- Inspecciona visualmente alguna fuga por componente del tanque de cisterna e informa inmediatamente al responsable de mantenimiento.

b. Traslado de cisterna hacia el punto de abastecimiento de agua.

- El operador de la cisterna realiza el manejo defensivo, con una velocidad máxima 50 km/hora, disminuye la velocidad en zonas pobladas 20 km/hora y/o según señalización.
El agua se abastece de tres quebradas, donde se tiene la respectiva autorización del Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- Se traslada hasta la quebrada designada, pudiendo ser: Quebrada Qochayoc Huayco, Quebrada Cotaña o Quebrada Pinco



c. Verificación de punto de abastecimiento de agua

- El operador de la cisterna verifica que la rampa de acceso a la toma de agua este seguro o libre de materiales que pueda ocasionar el enfangamiento, deslizamiento o resbalo, volcadura, atascamiento, etc. del equipo.

d. Abastecimiento de agua

- Se procede a llenar la cisterna con 5,000 galones de agua.

Figura 7 Carguío de agua para aplicación del supresor (DASAUT + agua)



Fuente: Empresa COMPANY H & V.

El agua se abastece de cualquiera de las tres quebradas, donde se tiene la respectiva autorización del Autoridad Nacional del Agua (ANA).

A continuación, se muestran las resoluciones de consumo de agua:



Tabla 7

Resoluciones de consumo agua (ANA)

N°	Ruta	Autorización	Renovación / Resolución	Fecha Vencimiento	Código	Progresiva (km)	Coordenadas UTM WGS84			
13	HHR	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Qochayoc (Quebrada Qochacc Huayco) km 91-760	RD 800-2019- ANA-AAA.PA	09/10/2021	PA-13	91+760	819425	844785 1		
14	HHR	Renovación Autorización de Uso de Aguas 8 de agosto (Quebrada Cotaña) km 99+080	RD 801-2019- ANA-AAA.PA	10/10/2021	PA-14	99+080	822508	844796 1		
15	HHR	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Pinco km 99+720	RD 782-2019- ANA-AAA.PA	01/10/2021	PA-15	99+720	822898	844927 9		
N°	RUT A	Autorización	ene-21 (m ³)	feb-21 (m ³)	mar-21 (m ³)	abr-21 (m ³)	may-21 (m ³)	jun-21 (m ³)	jul-21 (m ³)	ago-21 (m ³)
13	HHR	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Qochayoc (Quebrada Qochacc Huayco) km 91-760	554	614	554	554	554	554	554	554
14	HHR	Renovación Autorización de Uso de Aguas 8 de agosto (Quebrada Cotaña) km 99+080	554	614						
15	HHR	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Pinco km 99+720	9,399	8,489	9,399	9,096	9,399	9,096	9,399	9,399

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



e. Dosificación de DASAUT

Durante la aplicación se realizaron tres dosis del producto.

- La primera es de 2 ml de DASAUT por m^2 , esto equivale a 19.02 galones de DASAUT en 5,000 galones de agua para 36,000 m^2 por aplicación.
- La segunda es de 1 ml de DASAUT por m^2 , esto equivale a 9.5 galones de DASAUT en 5,000 galones de agua para 36,000 m^2 por aplicación.
- La tercera es de 0.5 ml de DASAUT por m^2 , esto equivale a 4.8 galones de DASAUT en 5,000 galones de agua para 36,000 m^2 por aplicación.

Figura 8 *Dosificación de DASAUT*



Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Cuando la cisterna tiene 5,000 galones de agua, se vierte el producto DASAUT con la finalidad de conseguir una mezcla homogénea en la zona transitoria donde se cuenta con el apoyo de medio ambiente.

Se vierte los galones de DASAUT según la dosis y aplicación correspondiente.

f. Aplicación en vía (no pavimentado nivel afirmado)

- Se aplicó la solución en el área definida según las dosis establecidas.
- Los primeros 5 días se realizaron 3 aplicaciones diarias de la solución (2 ml DASAUT/ m^2 -1° dosis), con espacio de tiempo de 3 horas; durante el día.



- Los 10 días siguientes se realizaron 3 aplicaciones diarias de la solución (1 ml DASAUT/m²-2° dosis), con espacio de tiempo de 3 horas.
- Los 30 días siguientes se realizaron 3 aplicaciones diarias de la solución (0.5 ml DASAUT/m²-3° dosis), con espacio de tiempo de 3 horas.

Figura 9 Riego de vía con el supresor (DASAUT + agua)



Fuente: Empresa COMPANY H & V.

En base a las consideraciones mencionadas, el cuadro de aplicaciones del supresor (DASAUT + agua) es el siguiente:



Figura 10 Dosificación de aplicaciones (DASAUT + agua)

Día	1° dosis: 18,999 litros de solución (DASAUT + agua)/ 36,000 m2 por aplicación			2° dosis: 18,945 litros de solución (DASAUT + agua)/ 36,000 m2 por aplicación			Día	3° dosis: 18,945 de solución (DASAUT + agua)/ 36,000 m2 por aplicación			Día	3° dosis: 18,945 litros de solución (DASAUT + agua)/ 36,000 m2 por aplicación		
	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.					9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.		9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
01-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.				16-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	01-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
02-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.				17-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	02-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
03-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.				18-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	03-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
04-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.				19-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	04-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
05-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.				20-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	05-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
06-jun				9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	21-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	06-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
07-jun				9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	22-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	07-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
08-jun				9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	23-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	08-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
09-jun				9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	24-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	09-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
10-jun				9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	25-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	10-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
11-jun				9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	26-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	11-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
12-jun				9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	27-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	12-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
13-jun				9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	28-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	13-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
14-jun				9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	29-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	14-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.
15-jun				9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	30-jun	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.	15-jul	9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Otros procedimientos

a. Medición de polvo

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (OEFA) es el responsable de la medición de polvo.

La medición de polvo se realiza con el Monitor de partículas GRIMM EDM 180C, el cual se encuentra en la estación 1.

Figura 11 *Medición de polvo en la vía de aplicación del supresor (DASAUT + agua)*



Fuente: Empresa COMPANY H & V.

4.1.1.7. Plan de riego para la aplicación del supresor (DASAUT + agua)

En el periodo comprendido entre junio y la primera quincena de julio del año 2021, el plan de riego fue:



Tabla 8

Plan de riego del supresor (DASAUT + agua)

Tramo de Riego con DASAUT+ agua km 96+000 - km 101+000									
		Riego			Brecha				
Fecha	Dosis	Programado	Ejecutado	Brecha	Fecha	Dosis	Programado	Ejecutado	Brecha
01-jun	1°	3	3	0.00	01-jul	3°	3	3	0.00
02-jun	dosis	3	3	0.00	02-jul	dosis	3	3	0.00
03-jun		3	3	0.00	03-jul		3	3	0.00
04-jun		3	3	0.00	04-jul		3	3	0.00
05-jun		3	3	0.00	05-jul		3	3	0.00
06-jun	2°	3	3	0.00	06-jul		3	3	0.00
07-jun	dosis	3	3	0.00	07-jul		3	3	0.00
08-jun		3	3	0.00	08-jul		3	3	0.00
09-jun		3	3	0.00	09-jul		3	3	0.00
10-jun		3	3	0.00	10-jul		3	3	0.00
11-jun		3	3	0.00	11-jul		3	3	0.00
12-jun		3	3	0.00	12-jul		3	3	0.00
13-jun		3	3	0.00	13-jul		3	3	0.00
14-jun		3	3	0.00	14-jul		3	3	0.00
15-jun		3	3	0.00	15-jul		3	3	0.00
16-jun		3°	3	3	0.00				
17-jun	dosis	3	3	0.00					
18-jun		3	3	0.00					
19-jun		3	3	0.00					
20-jun		3	3	0.00					
21-jun		3	3	0.00					
22-jun		3	3	0.00					
23-jun		3	3	0.00					
24-jun		3	3	0.00					
25-jun		3	3	0.00					
26-jun		3	3	0.00					
27-jun		3	3	0.00					
28-jun		3	3	0.00					
29-jun		3	3	0.00					
30-jun		3	3	0.00					

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que el plan de riego se cumplió, ya que la brecha de riegos es de 0 horas.



4.1.1.8. Aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Tabla 9

Cuadro de aplicaciones del supresor (DASAUT + agua) en el mes de junio del año 2021

Fecha	Dosis	Horario			Cantidad de viajes	Galones DASAUT	Galones agua	Horas maquina	Galones solución (DASAUT + agua)
		9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.					
01/06	1°	19.0	19.0	19.0	3	57.1	15,000	3.7	15,057
02/06	dosis	19.0	19.0	19.0	3	57.1	15,000	3.9	15,057
03/06		19.0	19.0	19.0	3	57.1	15,000	3.8	15,057
04/06		19.0	19.0	19.0	3	57.1	15,000	3.8	15,057
05/06		19.0	19.0	19.0	3	57.1	15,000	3.6	15,057
06/06	2°	9.5	9.5	9.5	3	28.5	15,000	3.9	15,029
07/06	dosis	9.5	9.5	9.5	3	28.5	15,000	3.8	15,029
08/06		9.5	9.5	9.5	3	28.5	15,000	3.6	15,029
09/06		9.5	9.5	9.5	3	28.5	15,000	4.3	15,029
10/06		9.5	9.5	9.5	3	28.5	15,000	4.0	15,029
11/06		9.5	9.5	9.5	3	28.5	15,000	3.8	15,029
12/06		9.5	9.5	9.5	3	28.5	15,000	4.0	15,029
13/06		9.5	9.5	9.5	3	28.5	15,000	3.7	15,029
14/06		9.5	9.5	9.5	3	28.5	15,000	3.8	15,029
15/06		9.5	9.5	9.5	3	28.5	15,000	3.0	15,029
16/06		3°	4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	3.8
17/06	dosis	4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.3	15,014
18/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	3.6	15,014
19/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	3.4	15,014
20/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	3.8	15,014
21/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.5	15,014
22/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.7	15,014
23/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.2	15,014
24/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.5	15,014
25/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.4	15,014
26/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.2	15,014
27/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.4	15,014
28/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.3	15,014
29/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.6	15,014
30/06		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.1	15,014

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Tabla 10

Cuadro de aplicaciones del supresor (DASAUT + agua) en la 1ª quincena de julio del año 2021

Fecha	Dosis	Horario			Cantidad de viajes	Galones DASAUT	Galones agua	Horas maquina	Galones solución (DASAUT + agua)
		9:00 a.m.	12:0 0 m.	3:00 p.m.					
01/07	3°	4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	3.8	15,014
02/07	dosis	4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.3	15,014
03/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	3.6	15,014
04/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	3.4	15,014
05/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	3.8	15,014
06/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.5	15,014
07/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.7	15,014
08/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.2	15,014
09/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.5	15,014
10/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.4	15,014
11/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.2	15,014
12/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.4	15,014
13/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.3	15,014
14/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.6	15,014
15/07		4.8	4.8	4.8	3	14.3	15,000	4.1	15,014

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Tabla 11

Resumen de aplicaciones del supresor (DASAUT + agua) en el mes de junio y la 1° quincena de julio del año 2021

Cantidad del supresor DASAUT			Cantidad de agua		
Mes 1 (Junio)	Gal			Gal.	
Cantidad de Veces 1era dosis	19.02	15	Cantidad de veces	5000	15
Cantidad de Veces 2da dosis	9.51	30	Cantidad de veces	5000	30
Cantidad de Veces 3era dosis	4.76	45	Cantidad de veces	5000	45
Total Veces	90		Total Veces	90	
	Supresor			(Supresor	
	Gal	DASAUT	Agua	(DASAUT + agua))	
Volumen Aplicado 1ra dosis (Gal.)	19.02	285	Volumen Aplicado	75,000	75,285
Volumen Aplicado 2da dosis (Gal.)	9.51	285	Volumen Aplicado	150,000	150,285
Volumen Aplicado 3ra dosis (Gal.)	4.76	214	Volumen Aplicado	225,000	225,214
Total Volumen (Gal.)	785		Total Volumen	450,000	450,785
Cantidad del supresor DASAUT			Cantidad de agua		
Mes 2 (1° quincena de julio)	Gal			Gal.	
Cantidad de Veces 1era dosis	19.02	0	Cantidad de veces	0	0
Cantidad de Veces 2da dosis	9.51	0	Cantidad de veces	0	0
Cantidad de Veces 3era dosis	4.76	45	Cantidad de veces	5000	45
Total Veces	45		Total Veces	45	
	Supresor			(Supresor	
	Gal	DASAUT	Agua	(DASAUT + agua))	
Volumen Aplicado 1ra dosis (Gal.)	19.02	0	Volumen Aplicado	-	-
Volumen Aplicado 2da dosis (Gal.)	9.51	0	Volumen Aplicado	-	-
Volumen Aplicado 3ra dosis (Gal.)	4.76	214	Volumen Aplicado	225,000	225,214
Total Volumen	214		Total Volumen	225,000	225,214
Cantidad del supresor DASAUT			Cantidad de agua		
Total	Gal			Gal.	
Cantidad de Veces 1era dosis	19.02	15	Cantidad de veces	5000	15
Cantidad de Veces 2da dosis	9.51	30	Cantidad de veces	5000	30
Cantidad de Veces 3era dosis	4.76	90	Cantidad de veces	5000	90
Total Veces	135		Total Veces	135	
	Supresor			(Supresor	
	Gal	DASAUT	Agua	(DASAUT + agua))	
Volumen Aplicado 1ra dosis (Gal.)	19.02	285	Volumen Aplicado	75,000	75,285
Volumen Aplicado 2da dosis (Gal.)	9.51	285	Volumen Aplicado	150,000	150,285
Volumen Aplicado 3ra dosis (Gal.)	4.76	428	Volumen Aplicado	450,000	450,428
Total Volumen	999		Total Volumen	675,000	675,999

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En el periodo del mes junio y la 1° quincena de julio del año 2021, se realizaron 135 aplicaciones del supresor (DASAUT + agua), las cuales se distribuyeron de la siguiente manera: 15 aplicaciones en la primera dosis de 19.02 galones por aplicación, 30 aplicaciones



en la segunda dosis de 9.51 galones por aplicación y 90 aplicaciones en la tercera dosis de 4.7 galones por aplicación.

Por otro lado, el volumen de Solución de supresor (DASAUT + agua) fue de 675,999 galones, las cuales se distribuyeron de la siguiente manera: en la primera dosis se tuvo 285 galones de DASAUT y 75,000 galones de agua, en la segunda dosis se tuvo 285 galones de DASAUT y 150,000 galones de agua y en la tercera dosis se tuvo 428 galones de DASAUT y 450,000 galones de agua.

4.1.1.9. Ratio de riego por metro cuadrado

El ratio de riego por metro cuadrado, varía según las dosis establecidas.

Tabla 12

Ratio de riego por metro cuadrado en la aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Dosis	Galones de Solución (DASAUT + agua) por aplicación/m ²
1°	0.1394 gal/m ²
2°	0.1392 gal/m ²
3°	0.1390 gal/m ²

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En el periodo del mes junio y la 1° quincena de julio del año 2021, el ratio de riego por metro cuadrado con la aplicación del supresor (DASAUT + agua) alcanzó un máximo de 0.1394 gal/m² o 0.5278 l/m².

En ese entender un galón del supresor (DASAUT + agua) alcanza para 7.2 m², considerando la tercera dosificación.

4.1.1.10. Mezcla de agua / supresor

Tabla 13

Mezcla de agua / supresor en el tramo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Dosis	Mezcla de agua / supresor por aplicación por m ² (litros)	Mezcla de agua / supresor por aplicación por m ² (galones)
1°	0.526 l de agua/0.002 l de DASAUT	0.14 gal agua/0.0005 gal de DASAUT
2°	0.526 l de agua/0.001 l de DASAUT	0.14 gal agua/0.0003 gal de DASAUT
3°	0.526 l de agua/0.0005 l de DASAUT	0.14 gal agua/0.0001 gal de DASAUT

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Análisis e interpretación:

En el periodo del mes junio y la 1º quincena de julio del año 2021, a de agua / supresor en el tramo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) alcanzó un máximo de 0.526 litros de agua/0.002 litros de DASAUT o 0.14 gal agua/0.0005 gal de DASAUT.

4.1.1.11. Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Para determinar el costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua), se presentan los costos de mano de obra, gastos generales, costos de equipos de apoyo, costo de la cisterna y costo del supresor DASAUT.

Tabla 14

Costo de mano de obra de aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Planilla	Ingeniero de Campo	Asistente de Oficina Técnica	Vigilantes	Conductores
Remuneraciones	S/ 6,093	S/ 3,093	S/ 1,493	S/ 2,293
Remuneración Básica	S/ 6,000.00	S/ 3,000	S/ 1,400	S/ 2,200
Asignación Familiar	S/ 93.00	S/ 93	S/ 93	S/ 93
Provisiones	S/ 2,115	S/ 1,074	S/ 518	S/ 796
Vacaciones	S/ 507.75	S/ 258	S/ 124	S/ 191
Gratificación	S/ 1,015.50	S/ 516	S/ 249	S/ 382
CTS	S/ 592.24	S/ 301	S/ 145	S/ 223
Contribuciones Sociales	S/ 718	S/ 368	S/ 183	S/ 280
ESSALUD	S/ 548.37	S/ 278	S/ 134	S/ 206
Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo -Salud (%)	S/ 67.02	S/ 34	S/ 16	S/ 25
Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo -Pensiones (%)	S/ 97.49	S/ 49	S/ 24	S/ 37
Seguro Vida Ley	S/ 5.00	S/ 6	S/ 8	S/ 12
Contribuciones Soc. Provisiones	S/ 137	S/ 70	S/ 34	S/ 52
Vacaciones	S/ 45.70	S/ 23	S/ 11	S/ 17
Gratificación	S/ 91.40	S/ 46	S/ 22	S/ 34
Sub-Total Planilla de Personal	S/ 9,063	S/ 4,604	S/ 2,228	S/ 3,421
Total Unitario	S/ 9,063	S/ 4,604	S/ 2,228	S/ 3,421
Cantidad incluye relevos	1	1	2	2
Permanente	1	1	1	1
Gastos administrativos	S/ 227	S/ 115	S/ 56	S/ 86
Utilidad	S/ 725	S/ 368	S/ 178	S/ 274
Total por mes	S/ 10,015	S/ 5,088	S/ 4,923	S/ 7,561
Costo mano obra por cisterna (hora maquina)	S/ 5	S/ 2	S/ 2	S/ 4
Costo mano obra por cisterna (hora maquina) total	S/ 13			

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Análisis e interpretación:

Los costos de mano de obra del supresor (DASAUT + agua) para un ingeniero de campo en un mes para 12 cisternas fue de S/ 10,015 que trabajó mínimamente 180 horas en el mes, en una hora atendiendo a 12 cisternas de agua obtiene S/ 55.6, si atiende solo a una cisterna en una hora obtiene S/5. El costo para un Asistente de Oficina Técnica en un mes para 12 cisternas fue de S S/ 5,088 que trabajó mínimamente 180 horas en el mes, en una hora atendiendo a 12 cisternas de agua obtiene S/ 28.3, si atiende solo a una cisterna en una hora obtiene S/2.

En ese entender, el costo total si se atiende a una sola cisterna en una hora es de S/ 13, este valor incluye el ingeniero de campo, el asistente de oficina técnica, vigilantes y conductores. Este costo no incluye el costo del operador de la cisterna, ya que este costo se incluye más adelante en el gasto por hora de la cisterna, es importante indicar que el tramo de estudio es atendido por una sola cisterna.

Tabla 15

Gastos generales de aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Gastos generales por persona	Unidad	Ingeniero de campo	Asistente de oficina técnica	Vigilantes	Conductores	Operador de cisterna agua
Alimentación	Mes	S/ 945	S/ 945	S/ 945	S/ 945	S/ 945
Hospedaje	Mes	S/ 915	S/ 915	S/ 750	S/ 750	S/ 750
Transporte	Mes	S/ 315	S/ 315	S/ 315	S/ 315	S/ 315
Lavandería	Mes	S/ 53	S/ 53	S/ 53	S/ 53	S/ 53
Epps	Mes	S/ 76	S/ 76	S/ 90	S/ 90	S/ 90
Exámenes médicos, inducciones	Mes	S/ 63	S/ 63	S/ 42	S/ 42	S/ 42
Prueba COVID-19	Mes	S/ 180	S/ 180	S/ 180	S/ 180	S/ 180
Total por mes		S/ 2,547	S/ 2,547	S/ 2,375	S/ 2,375	S/ 2,375
Costo por cisterna hora máquina		S/ 1.2	S/ 1.2	S/ 1.1	S/ 1.1	S/ 1.1
Gasto general por hora máquina		S/ 5.7				

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

Los gastos generales por hora para una cisterna, es de S/ 6, este valor incluye la alimentación, hospedaje, transporte, lavandería, Epps, exámenes médicos, inducciones y prueba COVID-19.



Tabla 16

Costos de equipos de apoyo en la aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Descripción	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Importe mensual
Minivan (14 Pasajeros)	Mes	S/ 1,202.64	1.00	S/ 1,202.64
Cisterna de combustible	Mes	S/ 1,511.23	1.00	S/ 1,511.23
Total				S/ 2,713.87
Costo por hora				S/ 15.08

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

Los costos en equipos de apoyo en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) por hora son de S/ 15.08, esto incluye una Minivan (14 Pasajeros) y la Cisterna de combustible.

Tabla 17

Costos de cisterna en la aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Descripción	Unidad	Total
Alquiler de Equipo	Mes	S/ 14,000
Costo planilla (operador de cisterna)	Mes	S/ 6,251
Combustible	Mes	S/ 4,500
Mantenimiento y desgaste de equipo	Mes	S/ 249
Total		S/ 25,000
Costo por hora		S/ 139

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

Los costos de cisterna de riego en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) por hora son de S/ 139, este monto incluye el alquiler de equipo, Costo planilla (operador de cisterna), combustible, mantenimiento y desgaste de equipo.

Tabla 18

Costo total por hora máquina en la aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Descripción	Costo por hora máquina	
Costo de mano de obra	S/ 13	
Gastos generales	S/ 6	
Equipos de apoyo	S/ 15	
Cisterna	S/ 139	
Costo total por hora máquina		S/ 172

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Análisis e interpretación:

El costo total por hora máquina en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) es de S/ 172, incluye el costo de mano de obra, gastos generales, equipos de apoyo y cisterna de riego.

Tabla 19

Costo del supresor DASAUT

	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Mes 1 (junio)	gal	785	S/ 42	S/ 32,640
Mes 2 (1° quincena de julio)	gal	214	S/ 42	S/ 8,902
Total	gal	999	S/ 42	S/ 41,542

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

El costo total del supresor DASAUT fue de S/ 41,542, este es mayor en el mes de junio debido a las dosificaciones, que fueron más concentradas y por los días de aplicación.

A continuación, considerando el costo total por hora máquina en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) de S/ 172 (ver tabla 19) y las horas empleadas en el riego, se presentan los costos de aplicación el supresor (DASAUT + agua).

Tabla 20

Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en el mes junio y la 1° quincena de julio del año 2021

Mes 1 (junio)						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)	Costo del Supresor DASAUT	Costo total	
Mínimas	180	S/ 172	S/ 31,031	S/ 32,640	S/ 63,671	Asumido
Efectivas	119	S/ 172	S/ 20,558	S/ 32,640	S/ 53,198	
Mes 2 (1° quincena de julio)						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)	Costo del Supresor DASAUT	Costo total	
Mínimas	90	S/ 172	S/ 15,515	S/ 8,902	S/ 24,417	Asumido
Efectivas	63	S/ 172	S/ 10,783	S/ 8,902	S/ 19,685	
Junio-1° quincena de julio						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)	Costo del Supresor DASAUT	Costo total	
Mínimas	270	S/ 172	S/ 46,546	S/ 41,542	S/ 88,089	Asumido
Efectivas	182	S/ 172	S/ 31,341	S/ 41,542	S/ 72,884	

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Análisis e interpretación:

El costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en el mes junio y la 1° quincena de julio del año 2021 asumido (pagado) es de S/ 88,089, este costo resulta considerando que las horas mínimas por las que se paga la operación son 180 horas al mes. Sin embargo, si observamos las horas efectivas, en el mes de junio y la 1° quincena de julio no se cubrieron las horas mínimas, teniendo solo 119 y 63 horas de operación, por lo que, en el supuesto de que solo se pague por horas efectivas, los costos solo serían de S/ 72,884.

Por otro lado, es importante considerar que después de 45 días de aplicación del supresor (DASAUT + agua), se tiene el beneficio de contar por lo menos con 45 días de control de polvo sin la necesidad de volver a aplicar riegos, por lo que la 2° quincena de julio y todo el mes de agosto, el supresor DASAUT todavía estuvo teniendo efecto y los costos en este periodo fueron de S/0, pasado este tiempo se puede realizar riegos solo con agua y en mínimas cantidades por un periodo de 45 días adicionales. Por tanto, el ciclo de duración del supresor DASAUT es mínimamente de 90 días, y los costos serán:

Tabla 21

Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) entre junio y agosto del año 2021

junio-1° quincena de julio						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)	Costo del Supresor DASAUT	Costo total	
Mínimas	270	S/ 172	S/ 46,546	S/ 41,542	S/ 88,089	Asumido
Efectivas	182	S/ 172	S/ 31,341	S/ 41,542	S/ 72,884	
2° quincena de julio y agosto						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)	Costo del Supresor DASAUT	Costo total	
Mínimas	0	S/ 172	S/ 0	S/ 0	S/ 0	Asumido
Efectivas	0	S/ 172	S/ 0	S/ 0	S/ 0	
junio - agosto						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)	Costo del Supresor DASAUT	Costo total	
Mínimas	270	S/ 172	S/ 46,546	S/ 41,542	S/ 88,089	Asumido
Efectivas	182	S/ 172	S/ 31,341	S/ 41,542	S/ 72,884	

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Análisis e interpretación:

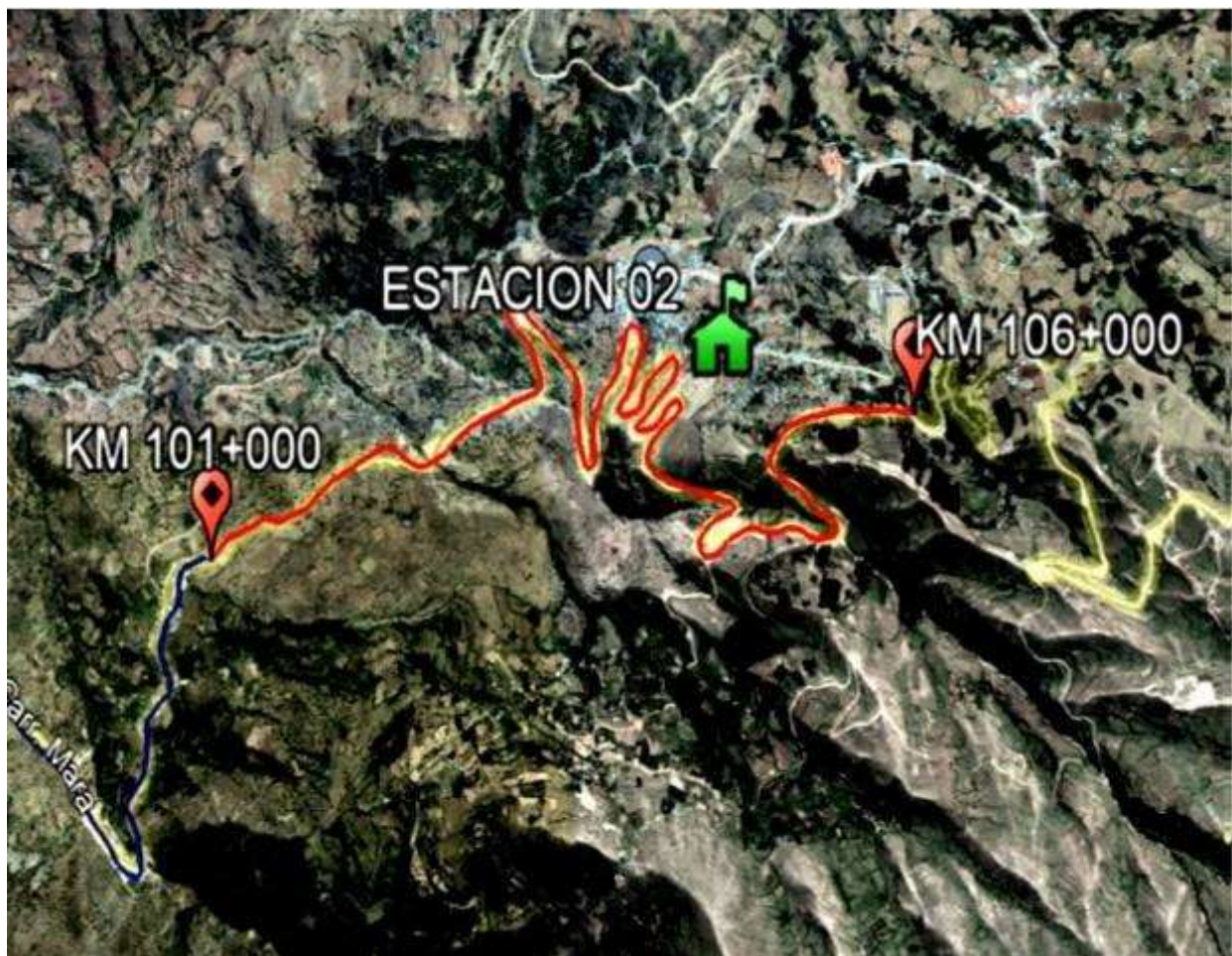
El costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en el periodo de junio-agosto asumido (pagado) es de S/ 88,089.

4.1.2. Aplicación del supresor agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca

4.1.2.1. Ubicación de la zona de aplicación del supresor agua

La zona de aplicación teniendo como supresor solo al agua comprende el tramo km 101+000 a km 106+000 de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, donde se viene haciendo seguimiento, se ubica en las siguientes progresivas:

Figura 12 Tramo km 101+000 a km 106+000, de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca



Fuente: Google Maps



Tabla 22

Bases de medición del tramo km 101+000 a km 106+000

Tramo de aplicación solo agua					
Tramo	km inicial	km final	Longitud	Ancho promedio de riego	Área
1	101+000	106+000	5,000 m	7.2 m ²	36,000 m ²

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

4.1.2.2. Recursos materiales para la aplicación del supresor agua

- Equipos de protección
 - Casco de seguridad y barbiquejo
 - Zapato de seguridad
 - Uniforme y/o Chaleco con cinta reflectiva
 - Guantes de hycron
 - Botas de jebe (de ser necesario)
 - Traje descartable
 - Lentes de oscuros
 - Lentes claros
 - Protección auditiva
 - Protección respiratoria
 - Mascarilla KN95 o quirúrgica de 03 pliegues
- Agua: volumen 5,000 galones o 18,927 litros por viaje o aplicación.
- Cámara de fotos y filmación como herramienta de datos para informe final.
- Minivan (14 Pasajeros)
- Cisterna de combustible
- Combustible
- Camión cisterna con sistema de aspersión alto y bajo, con una capacidad de 5000 Gal



Tabla 23

Características del camión cisterna

Características	Agua
Placas	X4p-768
Marca	Volvo
Modelo	Vm6x6r
Año	2019
Potencia HP	304 hp
Cubicación (gl)	5000
Aspersor superior	2
Aspersor inferior	1
Barra gravedad	1

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

4.1.2.3. Recursos humanos para la aplicación del supresor agua

- 1 Ingeniero de Campo
- 1 Asistente de Oficina Técnica
- 2 Vigilantes
- 1 Conductor
- 3 Operadores de Cisterna agua (1 relevo)

4.1.2.4. Otros recursos para la aplicación del supresor agua

1 Monitor de partículas GRIMM EDM 180C, el cual se encuentra en la estación 2.

Tabla 24

Descripción de la estación 2

Nombre	Descripción
Departamento:	Cusco
Provincia:	Chumbivilcas
Distrito:	Ccapacmarca
Ubicación:	Comunidad de Ccapacmarca
Latitud:	14° 0'33.55"S
Longitud	72° 0'1.56"
Altitud (m.s.n.m.):	3600
Datum:	WGS-84
Zona:	18 Sur

Fuente: OEFA



Figura 13 *Monitor de partículas GRIMM EDM 180C-Estacion 2*



Fuente: Empresa COMPANY H & V.



4.1.2.5. Procedimientos para la aplicación del supresor agua

Figura 14 Proceso para la aplicación del supresor agua

DAP Operario/Material/Equipo							
Diagrama n.º 1 Hoja n.º 1	Simbolo	Actividad	Nº	Tiempo (Minutos)	(S/)		
Proceso: Procedimientos para la aplicación del supresor agua Lugar: Tramo km 101+000 a km 106+000 de la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca	○	Operaciones	3	35	S/ 100.3		
	⇒	Transporte	2	20	S/ 57.34		
	□	Inspección	2	20	S/ 57.34		
	D	Espera	0	0	-		
	▽	Almacenamiento	0	0	-		
		Total		7	20	S/215.00	

Nº	Actor	Descripción actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo	Costo
			○	⇒	□	D	▽	Minutos	(S/)
1.	Operador de la cisterna	Inspección del equipo y toma fuerza			*			10	S/ 28.67
2.	Operador de la cisterna	Traslado de cisterna hacia el punto de abastecimiento de agua		*				10	S/ 28.67
3.	Operador de la cisterna	Verificación de punto de abastecimiento de agua			*			10	S/ 28.67
4.	Operador de la cisterna	Abastecimiento de agua	*					15	S/ 43.00
5.	Operador de la cisterna	Traslado de cisterna hacia el tramo de aplicación		*				10	S/ 28.67
6.	Operador de la cisterna	Aplicación en vía	*					20	S/ 57.33
		Total	3	2	2	0	0	75	S/215.00

Fuente: Elaboración Propia

a. Inspección del equipo y toma fuerza

- Al iniciar la tarea el operador de la cisterna realiza la identificación de peligros y evaluación de riesgos y controles, IPERC continuo, si en el desarrollo de la tarea identifica nuevos peligros en su entorno, los agrega en el IPERC continuo.
- El operador de la cisterna camina por lugares libres de obstáculos y usa tres puntos de apoyo

Asimismo, el operador de la cisterna realiza los siguientes procedimientos



- Verifica el uso de EPP básico, guantes hycron
- No expone partes del cuerpo a puntos de atrapamiento
- No enciende el equipo, mientras se inspecciona
- Revisa visualmente que no haya fugas de aceites o líquidos hidráulicos, que no haya tornillos flojos ni sueltos, luces, pilotos, claxon, circulina, alarma de retroceso, los niveles de aceite, liquido hidráulico y refrigerante
- Comprueba que los neumáticos tengan la presencia adecuada.
- Revisa el cinturón de seguridad, regula los espejos retrovisores, ajusta el asiento a sus condiciones físicas
- Cualquier desperfecto mecánico detectado se informa inmediatamente al responsable de mantenimiento.
- Inspecciona visualmente alguna fuga por componente del tanque de cisterna e informa inmediatamente al responsable de mantenimiento.

b. Traslado de cisterna hacia el punto de abastecimiento de agua.

- El operador de la cisterna realiza el manejo defensivo, con una velocidad máxima 50 km/hora, disminuye la velocidad en zonas pobladas 20 km/hora y/o según señalización.
El agua se abastece de tres quebradas, donde se tiene la respectiva autorizacion del Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- Se traslada hasta la quebrada designada, pudiendo ser: Quebrada Qochayoc Huayco, Quebrada Cotaña o Quebrada Pinco

c. Verificación de punto de abastecimiento de agua

- El operador de la cisterna verifica que la rampa de acceso a la toma de agua este segura o libre de materiales que pueda ocasionar el enfangamiento, deslizamiento o resbalo, volcadura, atascamiento, etc. del equipo.

d. Abastecimiento de cisterna con agua

- Se procede a llenar la cisterna con 5,000 galones o 18,792 litros de agua por viaje o aplicación.



Figura 15 Carguío de agua para aplicación del supresor (DASAUT + agua)



Fuente: Empresa COMPANY H & V.

e. Aplicación en vía no pavimentada nivel afirmado

- Se aplicó el riego en el área definida (en promedio 3 litros de agua diariamente por m² o en promedio 0.5 litros de agua por aplicación por m²).
- Durante el periodo de estudio, comprendido entre el mes de junio y la 1^o quincena de julio, se tienen 45 días, de los cuales se tiene que: en 7 días se realizaron 7 aplicaciones o viajes, en 19 días se realizaron 6 viajes, en 18 días se realizaron 5 viajes y en 1 día se realizaron 4 viajes.

4.1.2.6. Plan de riego para la aplicación del supresor agua

En el periodo comprendido entre junio y la 1^o quincena de julio del año 2021, el plan de riego fue:



Tabla 25

Plan de riego del supresor agua

Tramo de Riego con DASAUT km 101+000 - km 106+000							
Riego			Brecha	Riego			Brecha
Fecha	Programado	Ejecutado		Fecha	Programado	Ejecutado	
01-jun	6	7	1	01-jul	6	6	0
02-jun	6	7	1	02-jul	6	6	0
03-jun	6	5	-1	03-jul	6	6	0
04-jun	6	4	-2	04-jul	6	6	0
05-jun	6	5	-1	05-jul	6	6	0
06-jun	6	5	-1	06-jul	6	5	-1
07-jun	6	5	-1	07-jul	6	5	-1
08-jun	6	5	-1	08-jul	6	6	0
09-jun	6	5	-1	09-jul	6	6	0
10-jun	6	5	-1	10-jul	6	6	0
11-jun	6	5	-1	11-jul	6	6	0
12-jun	6	5	-1	12-jul	6	6	0
13-jun	6	5	-1	13-jul	6	6	0
14-jun	6	5	-1	14-jul	6	6	0
15-jun	6	5	-1	15-jul	6	6	0
16-jun	6	5	-1				
17-jun	6	7	1				
18-jun	6	6	0				
19-jun	6	7	1				
20-jun	6	7	1				
21-jun	6	7	1				
22-jun	6	6	0				
23-jun	6	6	0				
24-jun	6	6	0				
25-jun	6	7	1				
26-jun	6	5	-1				
27-jun	6	6	0				
28-jun	6	6	0				
29-jun	6	5	-1				
30-jun	6	5	-1				

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que el plan de riego no se cumplió, ya que, existe diferencia entre los riegos programadas y los ejecutados.



4.1.2.7. *Aplicación del supresor (Agua)*

Tabla 26

Cuadro de aplicaciones (Agua) en el mes de junio del año 2021

Fecha	Numero viajes							Total Viajes	Galones	Horas maquina
	1° Viaje	2° Viaje	3° Viaje	4° Viaje	5° Viaje	6° Viaje	7° V.			
01/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7	35,000	7.7
02/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7	35,000	8.4
03/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	7.8
04/06	1.0	1.0	1.0	1.0				4	20,000	5.4
05/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	7.3
06/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.4
07/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.3
08/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.0
09/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.9
10/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	7.2
11/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	7.0
12/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.9
13/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	7.0
14/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	7.0
15/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.3
16/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.4
17/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7	35,000	6.5
18/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.4
19/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7	35,000	6.7
20/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7	35,000	6.4
21/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7	35,000	7.2
22/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.7
23/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	7.0
24/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.4
25/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7	35,000	6.2
26/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.9
27/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.8
28/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.7
29/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	7.0
30/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.5

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Tabla 27

Cuadro de aplicaciones (Agua) en la 1° quincena de julio del año 2021

Fecha	Numero viajes							Total Viajes	Galones	Horas maquina
	1° Viaje	2° Viaje	3° Viaje	4° Viaje	5° Viaje	6° Viaje	7° V.			
01/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.5
02/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.1
03/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.7
04/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.8
05/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.1
06/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.0
07/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			5	25,000	6.7
08/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.9
09/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	7.2
10/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	7.0
11/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	5.9
12/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.0
13/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.4
14/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.3
15/06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		6	30,000	6.7

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

4.1.2.8. Ratio de riego por metro cuadrado

El ratio de riego por metro cuadrado es:

$$18,927 \text{ litros de agua por riego} / 36,000 \text{m}^2 = 0.5258 \text{ litros por m}^2 \text{ o } 0.1389 \text{ gal/m}^2$$

En ese entender un galón del supresor agua alcanza para 7.2 m^2 , considerando la tercera dosificación. Cabe mencionar que la diferencia en el consumo de agua se logra por la frecuencia con la que se debe regar, requiriendo una mayor frecuencia con el supresor agua.

4.1.2.9. Costo de aplicación del supresor agua

En los costos de aplicación del supresor agua, los costos de mano de obra, gastos generales, costos de equipos de apoyo y costo de la cisterna son iguales a los de la aplicación del supresor (DASAUT + agua), sin embargo, no se considera el costo del supresor DASAUT.



Tabla 28

Costo total por hora máquina en la aplicación del supresor agua

Descripción	Costo por hora máquina
Costo de mano de obra	S/ 13
Gastos generales	S/ 6
Equipos de apoyo	S/ 15
Cisterna	S/ 139
Costo total por hora máquina	S/ 172

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

El costo total por hora máquina en la aplicación del supresor agua es de S/ 172, esto incluye el costo de mano de obra, gastos generales, equipos de apoyo y la cisterna de riego.

A continuación, considerando el costo total por hora máquina en la aplicación del supresor agua de S/ 172 y las horas empleadas en el riego, se presentan los costos de aplicación del supresor agua.

Tabla 29 *Costo de aplicación del supresor agua en el mes junio y la 1° quincena de julio del año 2021*

Mes 1 (junio)						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor agua	Costo del Supresor agua	Costo total	
Efectivas	203	S/ 172	S/ 35,065	S/ -	S/ 35,065	Asumido
Mes 2 (1° quincena de julio)						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor agua	Costo del Supresor agua	Costo total	
Efectivas	97	S/ 172	S/ 16,774	S/ -	S/ 16,774	Asumido
Junio-1° quincena de julio						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor agua	Costo del Supresor DASAUT	Costo total	
Efectivas	301	S/ 172	S/ 51,839	S/ -	S/ 51,839	Asumido

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

El costo de aplicación del supresor agua en el mes junio y la 1° quincena de julio del año 2021 asumido (pagado) es de S/ 51,839, este costo resulta considerando que las horas mínimas por las que se paga la operación son 180 horas al mes, sin embargo, si observamos las



horas efectivas, en el mes de junio y la 1° quincena de julio se cubrieron y sobrepasaron las horas mínimas, teniendo 203 y 97 horas de operación respectivamente, por lo que se debe pagar las horas de más.

A fin de comparar los costos de aplicación con el tramo de aplicación del supresor (DASAUT + agua), se consideran adicionalmente los costos de aplicación de los 45 días correspondientes a la 2° quincena de julio y el mes de agosto.

Tabla 30

Costo de aplicación del supresor agua entre junio y agosto del año 2021

junio-1° quincena de julio						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor agua	Costo del Supresor agua	Costo total	
Efectivas	301	S/ 172	S/ 51,839	S/ -	S/ 51,839	Asumido
2° quincena de julio						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor agua	Costo del Supresor agua	Costo total	
Efectivas	88	S/ 172	S/ 15,119	S/ -	S/ 15,119	Asumido
agosto						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor agua	Costo del Supresor agua	Costo total	
Efectivas	245	S/ 172	S/ 42,271	S/ -	S/ 42,271	Asumido
junio - agosto						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor agua	Costo del Supresor agua	Costo total	
Efectivas	634	S/ 172	S/ 109,229	S/ -	S/ 109,229	Asumido

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

El costo de aplicación del supresor agua en el periodo de junio-agosto asumido (pagado) es de S/ 109,229.



4.1.3. Comparación del ratio de riego por metro cuadrado y el costo de aplicación del supresor DASAUT+ agua y el supresor agua

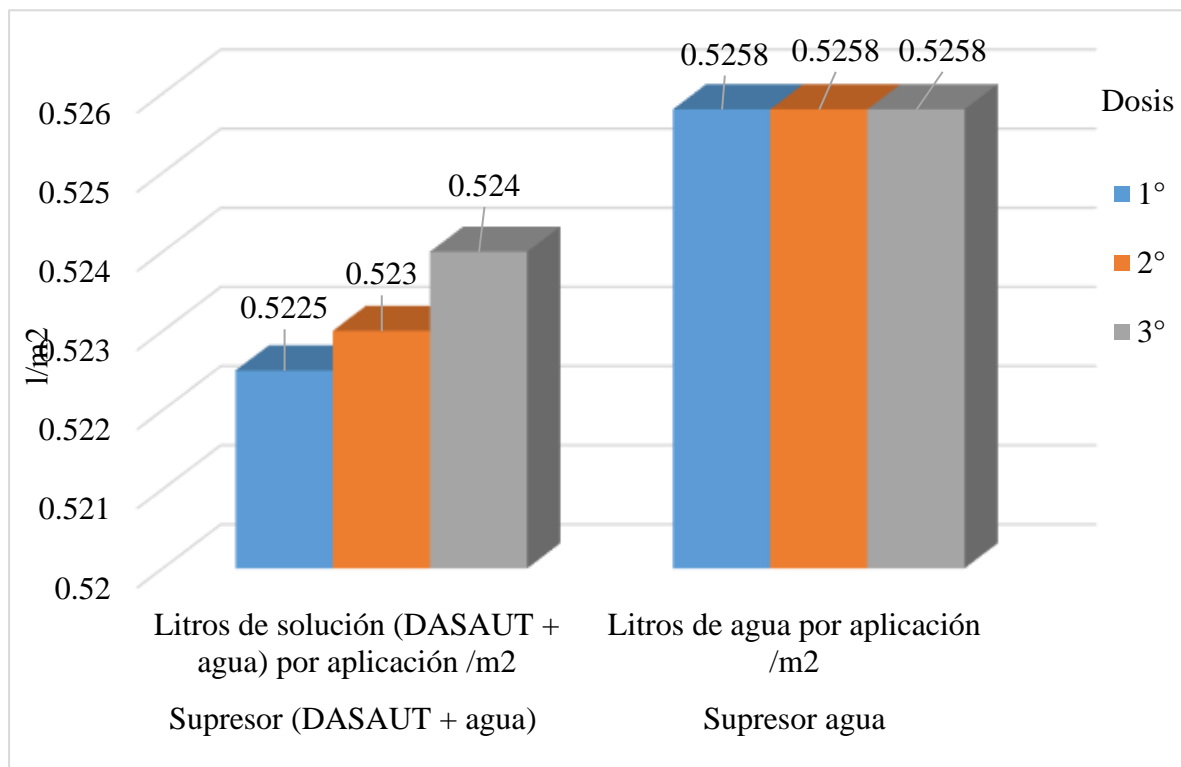
Tabla 31

Comparación del ratio de riego por metro cuadrado en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua

	Supresor (DASAUT + agua)	Supresor agua
Dosis	Galones de Solución (DASAUT + agua) por aplicación /m²	Galones de agua por aplicación /m²
1°	0.1380 gal/m ²	0.1389 gal/m ²
2°	0.1382 gal/m ²	0.1389 gal/m ²
3°	0.1384 gal/m ²	0.1389 gal/m ²

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Figura 16 *Comparación del ratio de riego por metro cuadrado en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua*



Fuente: Elaboración propia

Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que el ratio de riego por metro cuadrado con el supresor agua es mayor al ratio del supresor (DASAUT + agua), la figura muestra que el ratio del



supresor (DASAUT + agua) varía según las dosis y alcanza un ratio máximo en la tercera dosis, donde el ratio de riego por metro cuadrado con el supresor agua es mayor al ratio del supresor (DASAUT + agua) en un 0.6% respecto al ratio de riego por metro cuadrado en la tercera dosis.

Respecto a los costos de aplicación, considerando que después de 45 días de aplicación del supresor (DASAUT + agua), se tiene el beneficio de contar por lo menos con 45 días de control de polvo sin la necesidad de volver a aplicar riegos, el ciclo de duración del supresor (DASAUT + agua) se cumple mínimamente en 90 días.

Por lo que, para realizar una comparación más completa, se consideraran los costos de aplicación de los 90 días.

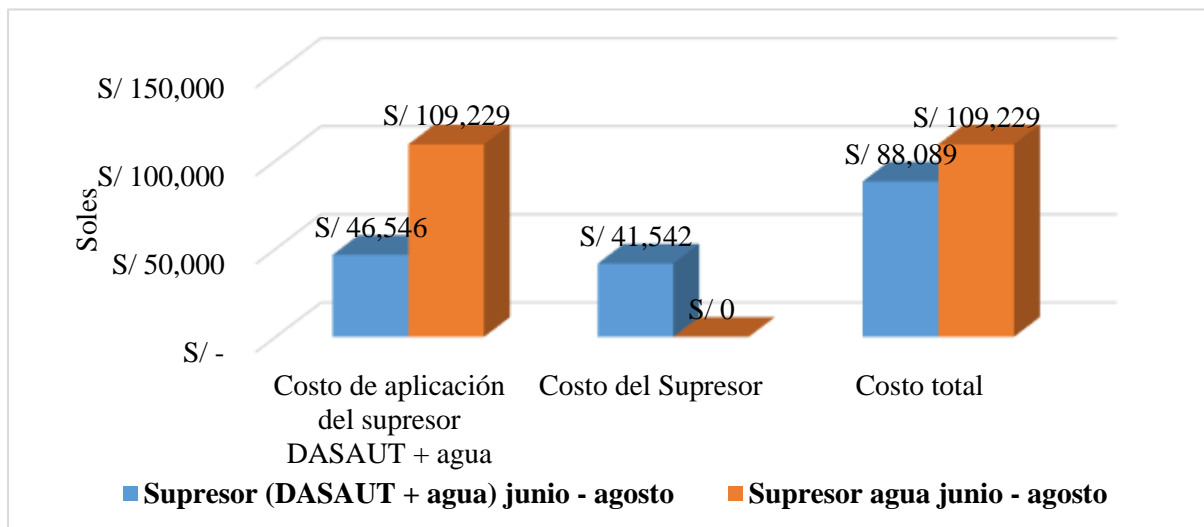
Tabla 32

Comparación en el costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua entre junio y agosto del año 2021

Supresor (DASAUT + agua) junio - agosto						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)	Costo del Supresor DASAUT	Costo total	
Mínimas	270	S/ 172	S/ 46,546	S/ 41,542	S/ 88,089	Asumido
Supresor agua junio - agosto						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor agua	Costo del Supresor	Costo total	
Efectivas	634	S/ 172	S/ 109,229	S/ -	S/ 109,229	Asumido
Diferencia supresor (DASAUT + agua)-(supresor agua)						
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor	Costo del Supresor	Costo total	
Efectivas	-364	S/ -	-S/ 62,683	S/ 41,542	-S/ 21,140	Asumido

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Figura 17 Comparación en el costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua entre junio y agosto del año 2021



Fuente: Elaboración propia

Análisis e interpretación:

Calculando la diferencia entre el supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua, se determinó que la aplicación del supresor (DASAUT + agua) para 90 días en un tramo de 5,000 m, requiere 57% horas menos respecto al riego con solo agua, en cuanto a los costos, la figura muestra que si bien el costo del supresor en la aplicación de DASAUT tiene un valor alto en comparación a la aplicación de solo agua, haciendo un balance, en los costos totales la aplicación del supresor (DASAUT + agua) termina costando S/ 21,140 menos en comparación al riego con solo agua, es decir un 19% menos.

De esta manera, se afirma que la aplicación del supresor DASAUT en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021 tiene resultados positivos respecto al ratio de riego por metro cuadrado, siendo menor en un 0.6%, y respecto al costo de aplicación, con 19% menos costos.

4.1.4. Resultados de la eficacia de la aplicación del supresor DASAUT en el Control de Polvo

Para analizar el control de polvo del supresor DASAUT en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021, se muestran las mediciones de material particulado y el porcentaje de reducción de PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³, mostrando los resultados para el tramo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el tramo de aplicación del supresor agua.



4.1.4.1. Control de polvo del supresor (DASAUT + agua) en la ruta Heavy Haul

Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca

Tabla 33

Mediciones de material particulado en el tramo km 96+000 al km 101+000 de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en PM 10 ug/m³

Fecha	Antes de la aplicación	Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
	PM 10 ug/m ³	PM 10 ug/m ³		
01/06/2021	25.29	8.61	16.68	66.0%
02/06/2021	42.09	17.87	24.23	57.6%
03/06/2021	22.77	10.42	12.35	54.2%
04/06/2021	17.94	9.07	8.88	49.5%
05/06/2021	18.82	6.57	12.25	65.1%
06/06/2021	17.75	8.39	9.36	52.7%
07/06/2021	32.88	9.66	23.23	70.6%
08/06/2021	34.54	13.77	20.78	60.1%
09/06/2021	32.35	10.18	22.17	68.5%
10/06/2021	47.52	14.65	32.87	69.2%
11/06/2021	52.75	18.13	34.62	65.6%
12/06/2021	36.83	6.85	29.98	81.4%
13/06/2021	27.18	7.43	19.76	72.7%
14/06/2021	39.93	8.91	31.03	77.7%
15/06/2021	43.94	8.83	35.11	79.9%
16/06/2021	28.48	6.54	21.93	77.0%
17/06/2021	30.68	8.46	22.23	72.4%
18/06/2021	37.15	9.23	27.92	75.1%
19/06/2021	45.23	8.47	36.77	81.3%
20/06/2021	47.28	10.12	37.17	78.6%
21/06/2021	33.58	13.46	20.13	59.9%
22/06/2021	44.96	12.23	32.73	72.8%
23/06/2021	50.52	10.03	40.49	80.2%
24/06/2021	53.14	17.36	35.78	67.3%
25/06/2021	31.28	11.38	19.89	63.6%
26/06/2021	39.44	15.28	24.16	61.3%
27/06/2021	53.20	15.18	38.02	71.5%
28/06/2021	57.32	14.48	42.83	74.7%
29/06/2021	51.85	17.80	34.05	65.7%
30/06/2021	46.88	19.23	27.65	59.0%
01/07/2021	62.72	21.93	40.79	65.0%
02/07/2021	57.90	26.54	31.36	54.2%
03/07/2021	89.32	25.61	63.71	71.3%
04/07/2021	78.08	19.14	58.93	75.5%
05/07/2021	85.62	18.42	67.20	78.5%
06/07/2021	77.69	23.63	54.06	69.6%
07/07/2021	62.61	23.66	38.95	62.2%
08/07/2021	61.95	19.88	42.07	67.9%
09/07/2021	89.25	23.73	65.52	73.4%
10/07/2021	66.64	29.11	37.53	56.3%
11/07/2021	49.92	32.46	17.46	35.0%
12/07/2021	52.83	20.33	32.50	61.5%
13/07/2021	49.93	14.79	35.13	70.4%
14/07/2021	50.41	19.25	31.16	61.8%
15/07/2021	56.23	24.28	31.96	56.8%

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar las mediciones de material particulado antes de la aplicación del supresor y después de la aplicación del supresor (DASAUT + agua) de un diámetro igual inferior a 10 micras, donde el valor promedio de PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ antes de la aplicación del supresor en el periodo comprendido entre el 1° de junio y el 15 de agosto fue de 47.4 PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y después de la aplicación fue de 15.4 PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 34

Control de polvo en el tramo km 96+000 al km 101+000 de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Antes de la aplicación	Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	47.4	15.4	32.07	67.6%

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que el control de polvo medido como el porcentaje de reducción de reducción de material particulado es un 67.6% en PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Tabla 35

Mediciones de material particulado en el tramo km 96+000 al km 101+000 de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en PM 2.5 ug/m³

Fecha	Antes de la aplicación	Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
	PM 2.5 ug/m ³	PM 2.5 ug/m ³		
01/06/2021	9.06	4.70	4.36	48.1%
02/06/2021	9.78	5.62	4.16	42.5%
03/06/2021	7.68	5.03	2.65	34.5%
04/06/2021	8.21	5.90	2.31	28.1%
05/06/2021	5.24	3.58	1.67	31.8%
06/06/2021	6.38	4.20	2.18	34.2%
07/06/2021	7.14	4.84	2.30	32.2%
08/06/2021	8.70	5.03	3.68	42.2%
09/06/2021	10.90	4.39	6.51	59.7%
10/06/2021	15.05	7.27	7.78	51.7%
11/06/2021	12.97	10.06	2.91	22.4%
12/06/2021	10.21	3.81	6.40	62.7%
13/06/2021	7.44	4.02	3.43	46.0%
14/06/2021	9.61	4.09	5.52	57.4%
15/06/2021	10.32	4.01	6.31	61.1%
16/06/2021	8.32	3.68	4.63	55.7%
17/06/2021	9.07	4.27	4.80	52.9%
18/06/2021	6.20	4.57	1.63	26.3%
19/06/2021	8.80	3.35	5.45	61.9%
20/06/2021	9.01	5.70	3.31	36.7%
21/06/2021	7.94	6.23	1.72	21.6%
22/06/2021	8.75	4.66	4.09	46.8%
23/06/2021	10.99	4.60	6.39	58.2%
24/06/2021	11.43	7.34	4.09	35.8%
25/06/2021	9.76	5.43	4.33	44.3%
26/06/2021	10.70	6.90	3.80	35.5%
27/06/2021	10.70	7.86	2.84	26.6%
28/06/2021	11.61	6.64	4.97	42.8%
29/06/2021	13.68	9.83	3.85	28.2%
30/06/2021	12.13	8.18	3.95	32.6%
01/07/2021	12.83	6.59	6.24	48.6%
02/07/2021	12.96	7.13	5.83	45.0%
03/07/2021	19.67	7.75	11.92	60.6%
04/07/2021	14.03	5.89	8.14	58.0%
05/07/2021	15.53	6.94	8.59	55.3%
06/07/2021	12.23	6.85	5.38	44.0%
07/07/2021	15.79	7.27	8.53	54.0%
08/07/2021	14.33	7.38	6.96	48.5%
09/07/2021	25.38	10.78	14.61	57.6%
10/07/2021	18.20	11.63	6.58	36.1%
11/07/2021	16.78	16.13	0.64	3.8%
12/07/2021	18.63	11.08	7.54	40.5%
13/07/2021	14.98	7.07	7.91	52.8%
14/07/2021	13.53	7.37	6.16	45.5%
15/07/2021	13.64	8.87	4.78	35.0%

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar las mediciones de material particulado antes de la aplicación del supresor y después de la aplicación del supresor (DASAUT + agua) de un diámetro igual inferior a 2.5 micras, donde el valor promedio de PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ antes de la aplicación del supresor en el periodo comprendido entre el 1º de junio y el 15 de agosto fue de 11.7 PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y después de la aplicación fue de 6.5 PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 36

Control de polvo en el tramo km 96+000 al km 101+000 de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Antes de la aplicación	Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	11.7	6.5	5.15	44.0%

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que el control de polvo medido como el porcentaje de reducción de reducción de material particulado es un 44% en PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



4.1.4.2. Control de polvo del supresor agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR)

de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca

Tabla 37

Mediciones de material particulado en el tramo km 101+000 al km 106+000 de aplicación del supresor agua en PM 10 ug/m³

Fecha	Antes de la aplicación	Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
	PM 10 ug/m ³	PM 10 ug/m ³		
01/06/2021	56.23	24.28	31.96	56.8%
02/06/2021	58.99	20.12	38.88	65.9%
03/06/2021	61.78	22.03	39.76	64.4%
04/06/2021	49.84	18.22	31.63	63.5%
05/06/2021	44.55	25.85	18.70	42.0%
06/06/2021	15.53	16.50	-0.97	-6.3%
07/06/2021	62.61	18.72	43.89	70.1%
08/06/2021	61.53	20.31	41.23	67.0%
09/06/2021	63.22	19.39	43.83	69.3%
10/06/2021	37.46	33.44	4.02	10.7%
11/06/2021	54.22	33.04	21.18	39.1%
12/06/2021	35.83	30.98	4.85	13.5%
13/06/2021	40.04	27.76	12.28	30.7%
14/06/2021	54.58	28.36	26.22	48.0%
15/06/2021	27.88	21.67	6.21	22.3%
16/06/2021	24.98	19.68	5.30	21.2%
17/06/2021	30.34	27.88	2.47	8.1%
18/06/2021	63.83	20.33	43.50	68.1%
19/06/2021	18.15	22.78	-4.63	-25.5%
20/06/2021	43.13	27.07	16.06	37.2%
21/06/2021	62.50	32.18	30.32	48.5%
22/06/2021	57.32	21.14	36.18	63.1%
23/06/2021	67.98	23.89	44.09	64.9%
24/06/2021	71.83	27.09	44.73	62.3%
25/06/2021	67.31	28.99	38.32	56.9%
26/06/2021	85.59	34.50	51.09	59.7%
27/06/2021	75.37	33.03	42.33	56.2%
28/06/2021	77.78	38.55	39.23	50.4%
29/06/2021	76.75	34.56	42.19	55.0%
30/06/2021	89.13	40.48	48.64	54.6%
01/07/2021	65.82	40.38	25.43	38.6%
02/07/2021	63.19	32.72	30.48	48.2%
03/07/2021	61.08	35.53	25.55	41.8%
04/07/2021	67.53	46.19	21.34	31.6%
05/07/2021	86.31	60.47	25.84	29.9%
06/07/2021	82.23	60.39	21.84	26.6%
07/07/2021	144.10	42.31	101.79	70.6%
08/07/2021	107.59	33.43	74.17	68.9%
09/07/2021	73.80	34.77	39.03	52.9%
10/07/2021	79.78	27.70	52.08	65.3%
11/07/2021	63.68	30.98	32.70	51.3%
12/07/2021	54.30	34.34	19.96	36.8%
13/07/2021	87.18	33.83	53.35	61.2%
14/07/2021	37.49	37.00	0.49	1.3%
15/07/2021	54.73	32.50	22.23	40.6%

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar las mediciones de material particulado antes de la aplicación del supresor y después de la aplicación del supresor agua de un diámetro igual inferior a 10 micras, donde el valor promedio de PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ antes de la aplicación del supresor en el periodo comprendido entre el 1° de junio y el 15 de agosto fue de 61.4 PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y después de la aplicación fue de 30.6 PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 38

Control de polvo en el tramo km 101+000 al km 106+000 de aplicación del supresor agua en PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Antes de la aplicación	Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	61.4	30.6	30.88	50.3%

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que el control de polvo medido como el porcentaje de reducción de reducción de material particulado es un 50.3% en PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Tabla 39

Mediciones de material particulado en el tramo km 101+000 al km 106+000 de aplicación del supresor agua en PM 2.5 ug/m³

Fecha	Antes de la aplicación	Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
	PM 2.5 ug/m ³	PM 2.5 ug/m ³		
01/06/2021	13.64	8.87	4.78	35.0%
02/06/2021	13.83	6.93	6.89	49.8%
03/06/2021	14.43	7.40	7.03	48.7%
04/06/2021	13.85	10.52	3.33	24.1%
05/06/2021	16.97	10.02	6.95	41.0%
06/06/2021	13.56	12.99	0.57	4.2%
07/06/2021	11.38	7.48	3.90	34.3%
08/06/2021	12.99	8.36	4.63	35.7%
09/06/2021	11.85	5.46	6.39	53.9%
10/06/2021	7.30	10.73	-3.43	-46.9%
11/06/2021	10.99	12.48	-1.49	-13.6%
12/06/2021	14.32	15.13	-0.82	-5.7%
13/06/2021	16.51	11.60	4.91	29.7%
14/06/2021	17.55	10.51	7.04	40.1%
15/06/2021	8.88	8.24	0.64	7.2%
16/06/2021	7.23	6.97	0.26	3.6%
17/06/2021	8.70	6.43	2.28	26.1%
18/06/2021	11.35	4.58	6.78	59.7%
19/06/2021	6.25	5.73	0.52	8.4%
20/06/2021	9.68	9.00	0.68	7.1%
21/06/2021	12.88	11.21	1.68	13.0%
22/06/2021	11.53	6.73	4.79	41.6%
23/06/2021	11.38	7.38	4.00	35.2%
24/06/2021	14.13	9.75	4.38	31.0%
25/06/2021	12.95	10.79	2.16	16.7%
26/06/2021	20.90	13.46	7.44	35.6%
27/06/2021	22.53	16.76	5.78	25.6%
28/06/2021	21.39	25.06	-3.67	-17.1%
29/06/2021	18.71	16.29	2.42	12.9%
30/06/2021	29.03	21.11	7.93	27.3%
01/07/2021	19.57	21.58	-2.02	-10.3%
02/07/2021	17.43	14.96	2.48	14.2%
03/07/2021	20.54	13.73	6.81	33.1%
04/07/2021	17.88	12.76	5.13	28.7%
05/07/2021	21.28	19.11	2.17	10.2%
06/07/2021	18.52	32.25	-13.73	-74.2%
07/07/2021	18.93	11.83	7.09	37.5%
08/07/2021	27.02	18.13	8.88	32.9%
09/07/2021	22.23	19.77	2.47	11.1%
10/07/2021	20.17	13.37	6.80	33.7%
11/07/2021	16.23	13.93	2.30	14.2%
12/07/2021	13.63	18.33	-4.70	-34.5%
13/07/2021	24.83	18.98	5.84	23.5%
14/07/2021	10.65	13.09	-2.44	-22.9%
15/07/2021	11.99	9.38	2.61	21.7%

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar las mediciones de material particulado antes de la aplicación del supresor y después de la aplicación del supresor agua de un diámetro igual inferior a 2.5 micras, donde el valor promedio de PM 2.5 ug/m³ antes de la aplicación del supresor en el periodo comprendido entre el 1° de junio y el 15 de agosto fue de 15.5 PM 2.5 ug/m³ y después de la aplicación fue de 12.6 PM 2.5 ug/m³.

Tabla 40

Control de polvo en el tramo km 101+000 al km 106+000 de aplicación del supresor agua en PM 2.5 ug/m³

	Antes de la aplicación	Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
PM 2.5 ug/m ³	15.5	12.6	2.85	18.4%

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que el control de polvo medido como el porcentaje de reducción de reducción de material particulado es un 18.4% en PM 2.5 ug/m³.

4.1.5. Resultados de la eficacia de la aplicación del supresor DASAUT en el consumo de agua

Para evaluar el consumo de agua del supresor DASAUT en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021, se muestran las mediciones de consumo de agua, mostrando los resultados para el tramo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el tramo de aplicación del supresor agua.



4.1.5.1. Consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) en la ruta Heavy

Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca

Tabla 41

Resumen del consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) en el mes de junio y la 1º quincena de julio del año 2021.

Fecha	Litros de agua/riego	Nº de riegos	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
Junio	18,927	90	56,781	15,000	1,703,435	450,000
1º quincena de julio	18,927	45	56,781	15,000	851,717	225,000
Total	18,927	135	56,781	15,000	2,555,152	675,000

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que en el mes de junio, se aplicaron 18,927 litros de agua por cada riego, se tuvieron 90 riegos, empleando 56,781 litros de agua por día o 15,000 galones de agua por día, teniendo 1,703,435 litros de agua en el mes o 450,000 galones de agua en el mes.

En la 1º quincena de julio, se aplicaron 18,927 litros de agua por cada riego, se tuvieron 45 riegos, empleando 56,781 litros de agua por día o 15,000 galones de agua por día, consumiendo 851,717 litros de agua en este periodo o 225,000 galones de agua.

4.1.5.2. Consumo de agua del supresor agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR)

de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca

Tabla 42

Resumen del consumo de agua del supresor agua en el mes de junio y la 1º quincena de julio del año 2021

Fecha	Litros de agua/riego	Nº de riegos	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
Junio	18,927	169	106,622	28,167 prom.	3,198,671	845,000
1º quincena de julio	18,927	88	113,331	29,333 prom.	1,665,580	440,000
Total	18,927	257	109,977	28,750 prom.	4,864,252	1285,000

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que en el mes de junio, se aplicaron 18,927 litros de agua por cada riego, se tuvieron 169 riegos, empleando en promedio 106,622 litros de agua por día o 28,750 galones de agua por día, teniendo 3,198,671 litros de agua en el mes o 845,000 galones de agua en el mes.

En la 1° quincena de julio, se aplicaron 18,927 litros de agua por cada riego, se tuvieron 88 riegos, empleando en promedio 113,331 litros de agua por día o 29,333 galones de agua por día, consumiendo 1,665,580 litros de agua en este periodo o 440,000 galones de agua.

4.2. Contraste de hipótesis

4.2.1. Contraste de la primera hipótesis específica

Se planteó como primera hipótesis específica que: La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el Control de Polvo en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.

Tabla 43

Control de polvo en el tramo km 96+000 al km 101+000 de aplicación del supresor (DASAUT + agua) en PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³

	Antes de la aplicación	Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
PM 10 ug/m ³	47.4	15.4	32.07	67.6%
PM 2.5 ug/m ³	11.7	6.5	5.15	44.0%

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que el control de polvo del supresor (DASAUT + agua) en PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³ logra una reducción importante de material particulado, por ende, se acepta la hipótesis específica propuesta.



4.2.2. Contraste de la segunda hipótesis específica

Se planteó como segunda hipótesis específica que: La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.

Para esto compararemos el consumo de agua del supresor (DASAUT+ agua) y el supresor agua.

Tabla 44

Resumen del consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua en el periodo junio- agosto del año 2021.

Supresor (DASAUT + agua)						
Fecha	Litros de agua/riego	Nº de riegos	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
Junio	18,927	90	56,781	15,000	1,703,435	450,000
1º quincena de julio	18,927	45	56,781	15,000	851,717	225,000
2º quincena de julio	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Total	18,927	135	56,781	15,000	2,555,152	675,000
Supresor agua						
Fecha	Litros de agua/riego	Nº de riegos	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
Junio	18,927	169	106,622 prom.	28,167 prom.	3,198,671	845,000
1º quincena de julio	18,927	88	113,331 prom.	29,333 prom.	1,665,580	440,000
2º quincena de julio	18,927	72	85,172 prom.	22,500 prom.	1,362,748	360,000
Agosto	18,927	147	92,498 prom.	24,500 prom.	2,782,276	735,000
Total	18,927	476	99,406 prom.	26,125 prom.	9,009,276	2,380,000

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Análisis e interpretación:

En la tabla se puede apreciar que después de la aplicación del supresor (DASAUT + agua), se tienen 45 días durante los cuales el supresor sigue haciendo efecto, y en este periodo

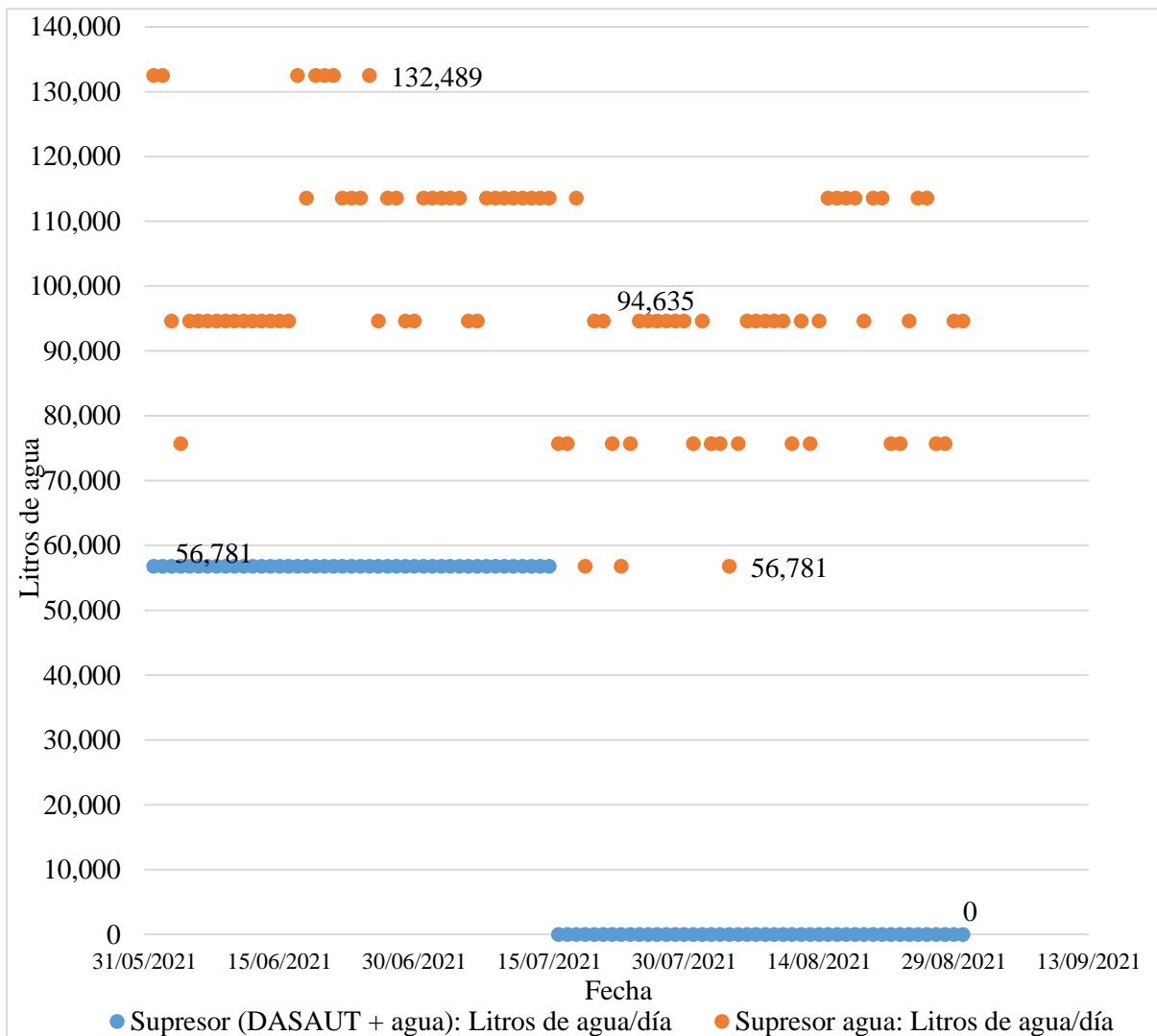


no es necesario aplicar riegos, reduciendo de esta manera el consumo de agua, por ende, se acepta la hipótesis específica propuesta.

Asimismo, después de la aplicación del supresor agua en la 2° quincena de julio y el mes de agosto si fue necesario aplicar nuevamente riegos de agua, aplicando 1,362,748 litros y 2,782,276 litros respectivamente.

Para comparar el consumo de agua en litros de agua/mes consumidos en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua en el periodo junio- agosto del año 2021, se tiene:

Figura 18 Comparación de los litros de agua/día consumidos en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua en el periodo junio- agosto del año 2021.





Análisis e interpretación:

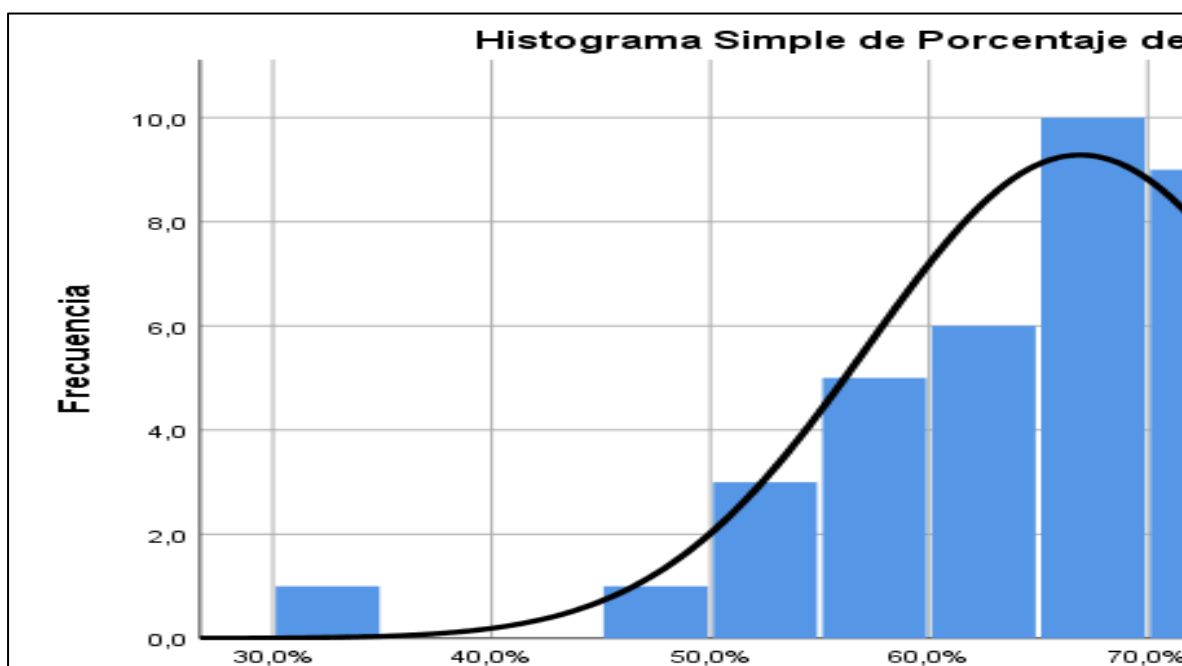
Se puede apreciar que el consumo de agua medido en litros de agua/día con la aplicación del supresor (DASAUT + agua) es constante hasta la 1° quincena de julio (56,781 litros de agua/día), luego por el efecto del DASAUT se vuelve 0 hasta agosto, en cambio el consumo de agua con la aplicación del supresor agua, es superior en casi todas las aplicaciones, con un mínimo de 56,781 litros de agua/día y un máximo de 132,489 litros de agua/día. por ende, se acepta la hipótesis específica propuesta.

4.2.3. Contraste de la hipótesis general

Para determinar si la aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el control de polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021, se comparan las mediciones de control de polvo y consumo de agua para el tramo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) y el tramo de aplicación del supresor agua.

Para ver si los datos se aproximan a una distribución normal, se realizaron los histogramas.

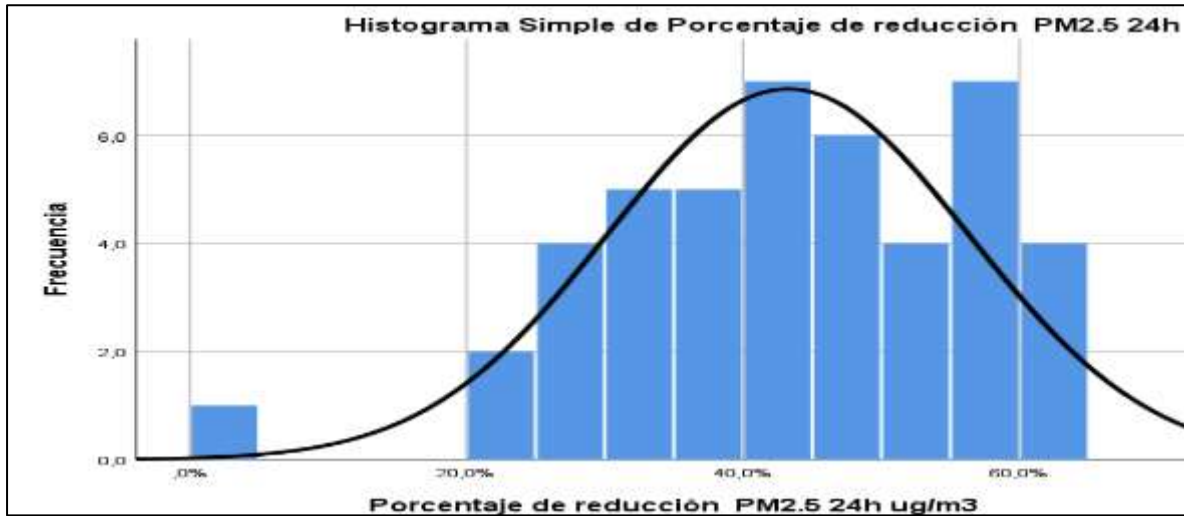
Figura 19 Histograma del porcentaje de reducción PM 10 ug/m³



Fuente: Elaboración propia

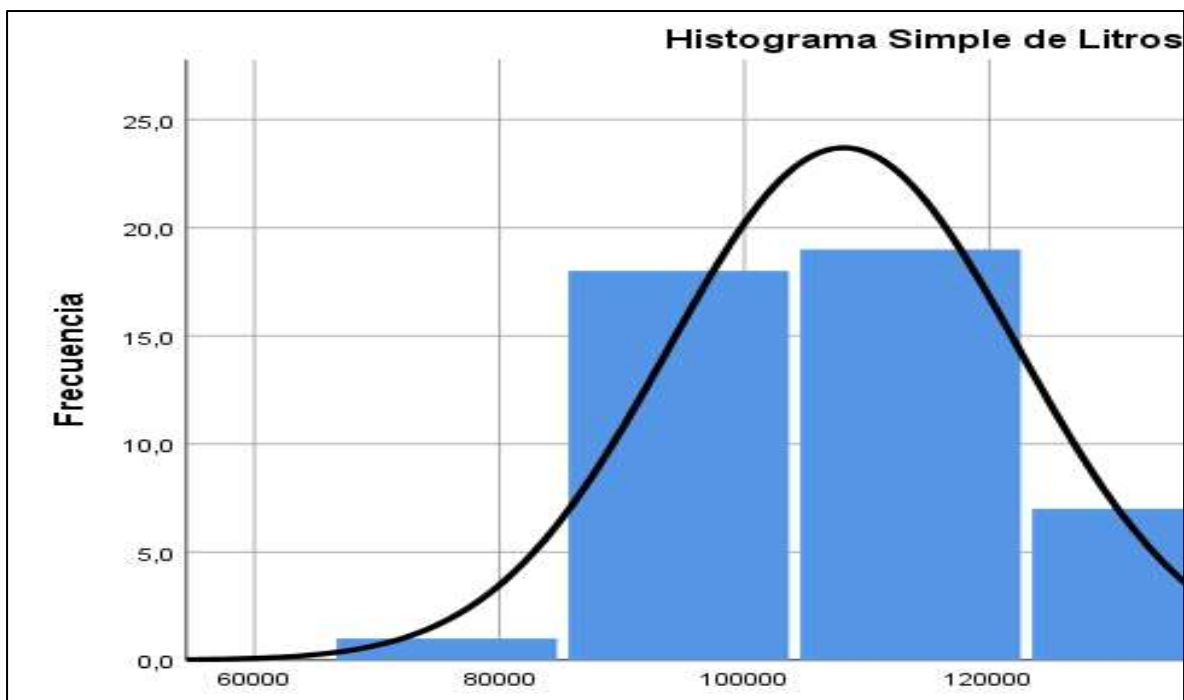


Figura 20 *Histograma del porcentaje de reducción PM 2.5 ug/m3*



Fuente: Elaboración propia

Figura 21 *Histograma del consumo de agua litros de agua/dia*



Fuente: Elaboración propia

Análisis e interpretación:

Las figuras muestran que los datos se aproximan a una distribución normal, ya que, se asemejan a la campana de Gauss.



Asimismo, al tratarse de datos cuantitativos con dos categorías, es decir entre dos supresores: Agua y (DASAUT + agua), se empleó la prueba T para comparar la media de reducción de polvo y consumo de agua entre ambos supresores.

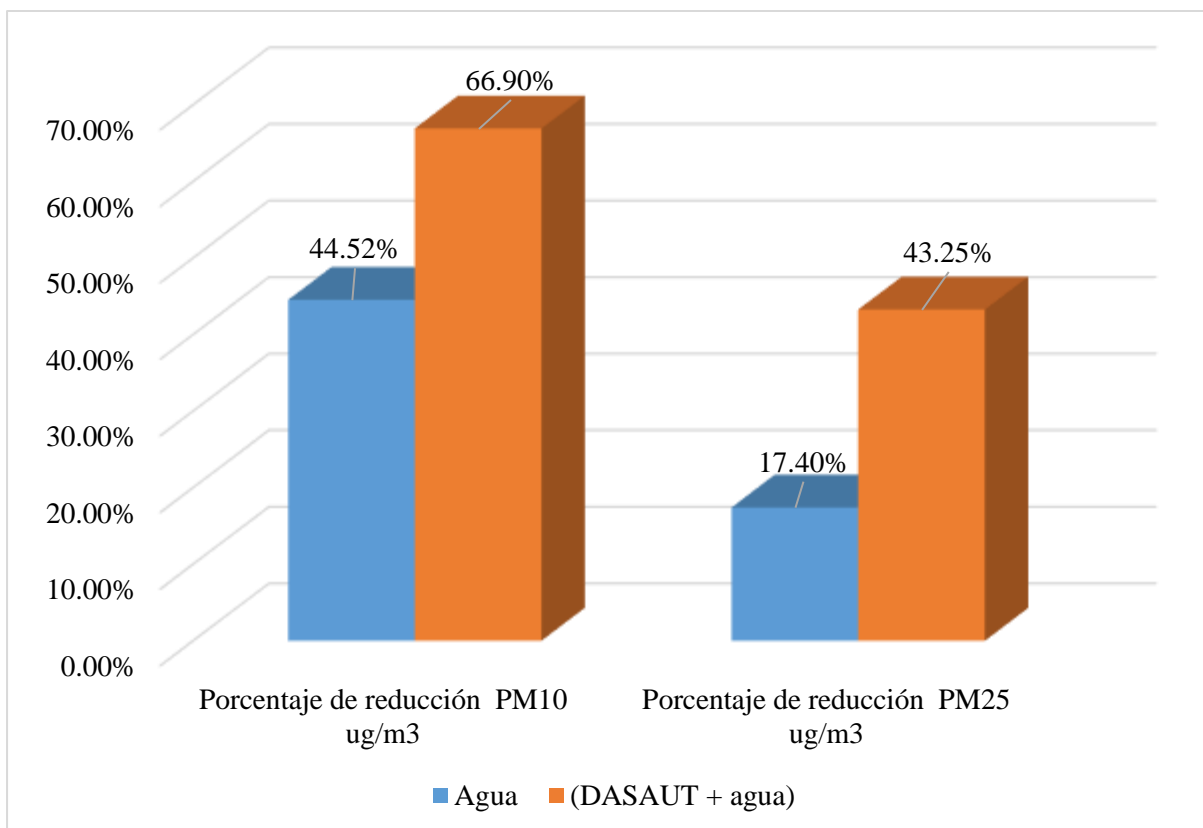
Tabla 45

Estadísticas de la prueba T para el control de polvo en el tramo del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua en PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³

	Tipo de Supresor	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Porcentaje de reducción PM 10 ug/m ³	Agua	45	44.522%	22.6594%	3.3779%
	(DASAUT + agua)	45	66.904%	9.6689%	1.4414%
Porcentaje de reducción PM 2.5 ug/m ³	Agua	45	17.401%	26.7358%	3.9855%
	(DASAUT + agua)	45	43.247%	13.0877%	1.9510%

Fuente: Elaboración propia en base a la información de la empresa COMPANY H & V.

Figura 22 Comparación en el porcentaje de reducción de PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³ del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua entre junio y la 1^o quincena de julio del año 2021



Fuente: Elaboración propia en base a la información de la empresa COMPANY H & V.



Tabla 46

Prueba T para muestras independientes del control de polvo en el tramo del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua en PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Porcentaje de reducción PM 10 ug/m ³	Se asumen varianzas iguales	22.597	.000	-6.09	88	.000	-22.381%	3.6725%
	No se asumen varianzas iguales			-6.09	59.509	.000	-22.381%	3.6725%
Porcentaje de reducción PM 2.5 ug/m ³	Se asumen varianzas iguales	11.054	.001	-5.83	88	.000	-25.847%	4.4374%
	No se asumen varianzas iguales			-5.83	63.942	.000	-25.847%	4.4374%

Fuente: Elaboración propia en base a la información de la empresa COMPANY H & V.

Donde:

Prueba estadística: Prueba T para muestras independientes

Regla de decisión: Si $p \text{ valor} = \text{Sig. (bilateral)} \leq 0.05$ no se acepta H_0

H₀: La media del porcentaje de reducción de PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³ es igual en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y en la aplicación del supresor agua.

H_a: La media del porcentaje de reducción de PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³ no es igual en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y en la aplicación del supresor agua

Análisis e interpretación:

Los resultados muestran que no se rechaza la hipótesis alterna, por lo que, existe una diferencia significativa entre el control de polvo con la aplicación de supresor (DASAUT + agua) y con la aplicación del supresor agua, ya que la significación es Sig. (bilateral) = 0,000 y por tanto menor de 0,05.



Asimismo, observando los resultados de las estadísticas de la prueba T y la figura, podemos indicar que el porcentaje de reducción de PM 10 ug/m³ es mayor con la aplicación del supresor (DASAUT + agua), en un 50.27%. El porcentaje de reducción de PM 2.5 ug/m³ es mayor con la aplicación del supresor (DASAUT + agua) en un 148.53%.

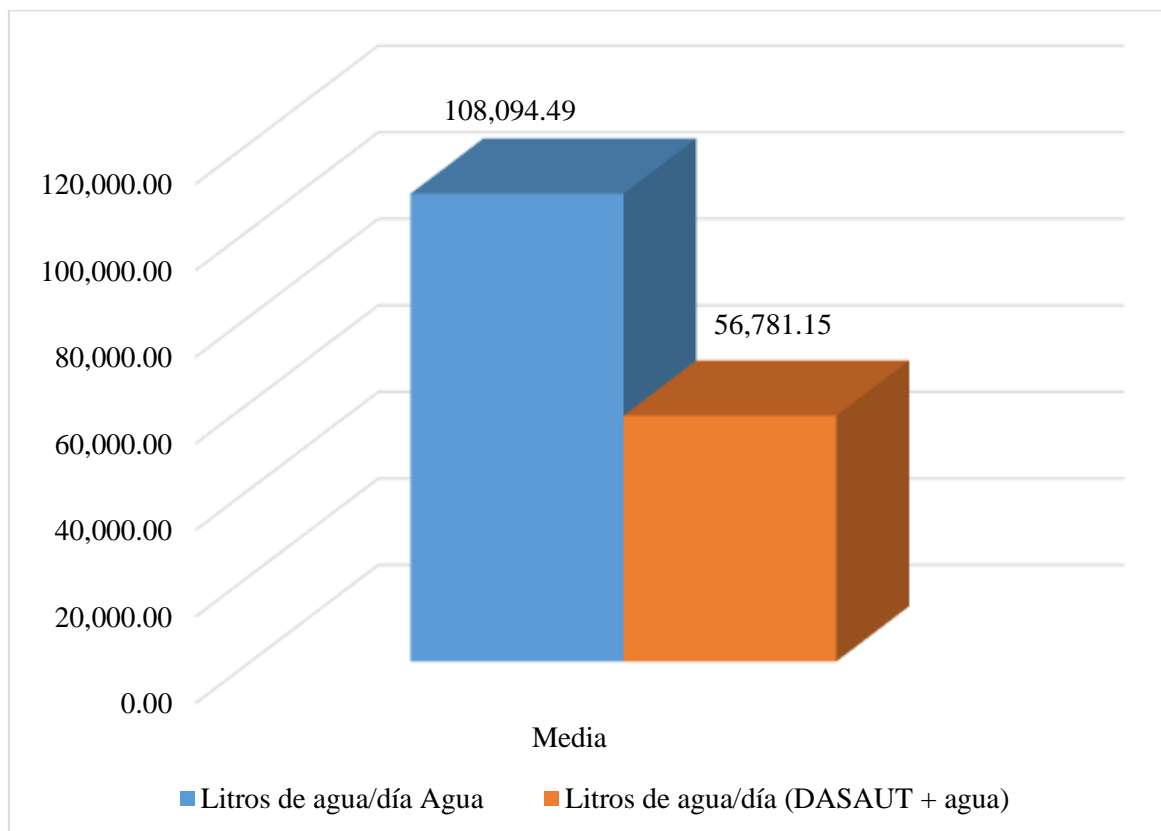
Tabla 47

Estadísticas de la prueba T para el consumo de agua en el tramo del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua

	Tipo de Supresor	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Litros de agua/día	Agua	45	108,094.49	14,336.380	2,137.141
	(DASAUT + agua)	45	56,781.15	.000	.000

Fuente: Elaboración propia en base a la información de la empresa COMPANY H & V.

Figura 23 *Comparación en el consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua entre junio y la 1º quincena de julio del año 2021.*



Fuente: Elaboración propia en base a la información de la empresa COMPANY H & V.



Tabla 48

Prueba T para muestras independientes para el consumo de agua en el tramo del supresor (DASAUT + agua) y el supresor agua

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Litros de agua/día	Se asumen varianzas iguales	126.181	.000	24.01	88	.000	51313.34	2137.141
	No se asumen varianzas iguales			24.01	44.000	.000	51313.34	2137.141

Fuente: Elaboración propia en base a la información de la empresa COMPANY H & V.

Donde:

Prueba estadística: Prueba T para muestras independientes

Regla de decisión: Si $p \text{ valor} = \text{Sig. (bilateral)} \leq 0.05$ no se acepta H_0

H_0 : La media del consumo de agua es igual en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y en la aplicación del supresor agua.

H_a : La media del consumo de agua no es igual en la aplicación del supresor (DASAUT + agua) y en la aplicación del supresor agua

Análisis e interpretación:

Los resultados muestran que no se rechaza la hipótesis alterna, por lo que, existe una diferencia significativa entre el consumo de agua con la aplicación de supresor (DASAUT + agua) y con la aplicación del supresor agua, ya que, la significación es $\text{Sig. (bilateral)} = 0,000$ y por tanto menor de 0,05.

Asimismo, observando los resultados de las estadísticas de la prueba T, podemos indicar que el consumo de agua es menor con la aplicación del supresor (DASAUT + agua), en un 47.5%.



En base a los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis general propuesta, aceptando que:

La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el control de polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Hallazgos más relevantes

Los principales hallazgos de la investigación fueron:

Se determinó que el ratio de riego por metro cuadrado con el supresor agua supera al ratio del supresor (DASAUT + agua) en un 0.6%. Respecto a los costos de aplicación, considerando que después de 45 días de aplicación del supresor (DASAUT + agua), se tiene el beneficio de contar por lo menos con 45 días de control de polvo sin la necesidad de volver a aplicar riegos, el ciclo de duración del supresor (DASAUT + agua) se cumple mínimamente en 90 días. Se determinó que la aplicación del supresor (DASAUT + agua) para 90 días, requiere 364 horas menos, es decir un 57% de horas menos respecto al riego con solo agua, en cuanto a los costos, la aplicación del supresor (DASAUT + agua), cuesta S/ 21,140 menos en comparación al riego con solo agua, es decir un 19% menos.

En el primer objetivo específico, se encontró que en la aplicación del supresor (DASAUT + agua), el control de PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³ logra una reducción importante de material particulado, con un 67.6% y 44.0% respectivamente. En la aplicación del supresor agua, el control de PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³ logra una reducción de 50.3% y 18.4% respectivamente.

En el segundo objetivo específico, se halló que en el periodo junio-1^o quincena de julio, la aplicación del supresor (DASAUT + agua), requirió de 2,555,152 litros de agua, la aplicación del supresor agua, requirió de 4,864,252 litros de agua, con una diferencia del 90% más respecto del supresor (DASAUT + agua).

En el objetivo general, se determinó que la aplicación del supresor (DASAUT + agua) tiene mayor control de polvo, 50.27% más reducción de PM 10 ug/m³ respecto al supresor agua y menor consumo de agua, ahorrando un 47.5% respecto al supresor agua.

5.2. Contrastación con la teoría existente

Realizando una comparación con la investigación de Guivar y Zelada (2018), dicha investigación tuvo como objetivo realizar un estudio comparativo usando los



supresores de polvo DASAUT, DL10 plus y KNOCKOUT DUSTPLY para la mitigación de material particulado, respecto a la metodología, la investigación fue de tipo aplicada, de diseño experimental, coincidiendo con el presente estudio en el tipo aplicado.

Respecto a los resultados, Guivar y Zelada (2018) encontraron que la aplicación de DASAUT en vías Yanacocha ha tenido muy buenos resultados con respecto a la reducción de material particulado, reduciendo un 88,9%. Estos resultados se asemejan a los hallados en la investigación, teniendo que, en ambos estudios, la reducción fue mayor al 40%.

Otro estudio similar es el de Morales (2020), el cual tuvo como objetivo reducir el consumo de agua usada en riego de vías para mantenimiento y mitigar el polvo generado por el tránsito de equipos en vías de Mina Cuajone, comparando la eficiencia del aditivo con la aplicación de solo agua, asemejándose a la presente investigación, sin embargo, uso otro aditivo, difiriendo en los métodos aplicados.

Respecto a los resultados, Morales (2020) determinó que el agua tiene menor eficacia respecto al uso del aditivo, debido a que se evapora rápidamente, estos resultados se asemejan a la investigación, ya que se determinó que el DASAUT tiene mayor eficiencia que el agua, tanto en el control de polvo, en el consumo de agua y en los costos de aplicación.

De manera similar, Durán y Peña (2018) refieren que al emplear estos supresores se optimiza el uso de las aguas hasta en un 90%, el cual podría ser perfectamente reutilizado en otro proceso o simplemente reflejarse en un ahorro monetario, aseverando la eficacia en el uso de aditivos.

Sin embargo, como indican Brauer et al. (2019), es importante revisar las condiciones y características de los caminos al momento de aplicar los aditivos, ya que, en ocasiones especiales, como la época de nevadas, no es factible aplicar algunos aditivos por la inseguridad que genera al tornar muy resbalosos los caminos.

5.3. Implicancias prácticas

Respecto a las implicancias prácticas, se debe considerar que el estudio se realizó en un área rural, en vías mineras y con la aplicación de dosis diferentes del producto, por



lo que al momento de realizar generalizaciones, se deben tomar en cuenta estas características.

También es importante considerar que los costos estimados corresponden a prorrateos y ajustes de los costos generales brindados por la empresa COMPANY H & V., ya que, algunos costos como el pago de supervisor de campo, vigilantes, entre otros, se realizan para abarcar tramos grandes y ayudar en varias cisternas, no específicamente por cada cisterna.

5.4. Limitaciones

Respecto a las limitaciones, se tiene que:

La aplicación del aditivo DASAUT en la en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, es un proceso reciente y sin experiencia anterior en la zona, tiene poco tiempo de implementación, por ende, la recolección de información respecto a materiales, costos, procedimientos y otros tuvo que preverse con anterioridad, pidiendo permiso a la empresa.

Las mediciones de PM 10 ug/m³ y PM 2.5 ug/m³ son realizadas por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA, por lo que tuvo que solicitarse acceso a los datos, y la empresa COMPANY H & V. no es responsable de estas mediciones.



CONCLUSIONES

Primera: La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el control de polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021, ya que, tiene mayor control de polvo, con un 50.27% más de reducción de PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación con la aplicación de solo agua, además tiene menor consumo de agua, ahorrando un 47.5% de litros de agua/día respecto al supresor agua.

Segunda: La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el Control de Polvo en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021, ya que, el nivel de polvo en el tramo de aplicación del supresor (DASAUT + agua) antes de la aplicación del supresor era en promedio 47.4 PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, después de la aplicación fue de 15.4 PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en las PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el nivel de antes de la aplicación del supresor era en promedio 11.7 PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, después de la aplicación fue de 6.5 PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, logrando una reducción importante de material particulado, con un 67.6% en PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 44.0% en PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tercera: La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021, ya que, se reduce el volumen de agua requerido, al tener 45 días de beneficio de control de polvo sin la aplicación de riegos. Además, el consumo de agua en el tramo sin el supresor DASAUT en el periodo junio- agosto del año 2021 fue de 2,380,000 galones de agua y el consumo en el tramo del supresor (DASAUT + agua) en el mismo periodo fue de 675,000 galones, teniendo una reducción del 72%.



RECOMENDACIONES

Primera: A la población, trabajadores implicados en la actividad minera y las autoridades, exigir la continuidad de acciones como el control de polvo para las zonas afectadas por este, a fin de evitar las consecuencias negativas de la exposición al polvo y hacer respetar sus derechos, exigiendo la responsabilidad social de la empresa con la comunidad.

Segundo: A los directivos y representantes de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, y a los directivos de la empresa COMPANY H & V., buscar convenios o establecer procesos para tener un control y registro de la cantidad de material particulado, para de esa manera, tener mejor información para la eficacia en el control de polvo del supresor DASAUT.

Tercero: A los directivos y representantes de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, y a los directivos de la empresa COMPANY H & V., diseñar estrategias conjuntas con la población que promuevan un mayor cuidado del agua y el cuidado de las zonas de abastecimiento de agua.



Referencias Bibliográficas

- Agencia Andina de Noticias. (28 de abril de 2019). *Aporte de proveedores del sector minero al PBI de Perú puede duplicarse*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-aporte-proveedores-del-sector-minero-al-pbi-peru-puede-duplicarse-843217.aspx#:~:text=Refiri%C3%B3%20que%20en%20el%202019,producci%C3%B3n%20de%20la%20econom%C3%ADa%20nacional>.
- Arranz, J., Guzmán, F., Fide, L., Prazeres, C., Arceo, F., Martorell, N., . . . Gómez, M. (2020). *Glosario técnico en Materia de Gestión de Pasivos Ambientales Mineros*. Grupo de Expertos en Pasivos Ambientales Mineros (GEPAM).
- Brauer, D., Giubergia, A., & Gil-Costa, V. (2019). Evaluación de productos para el control de polvo ambiental en caminos mineros. *Minería y Geología*, 35(2), 165-182. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/mg/v35n2/1993-8012-mg-35-02-165.pdf>
- Compañía Minera Escondida Limitada. (2015). *Prueba de frenado informe pruebas rapidas realizadas con el supresor de polvo DASAUT*. Antofagasta. Obtenido de http://www.pathrosrep.com/pdf/dasaut_0.pdf
- Diario Gestión. (20 de agosto de 2020). *Minería puede ser el salvavidas para economía peruana en recesión*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/mineria-puede-ser-el-salvavidas-para-economia-peruana-en-recesion-noticia/?ref=gesr>
- Durán, M., & Peña, D. (2018). *Métodos de supresión de polvo para evitar el gasto excesivo del recurso hídrico en la minería*. Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña del Mar - José Miguel Carrera, Valparaíso. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/40032/3560901063516UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guivar, P., & Zelada, R. (2018). *Estudio comparativo de supresores de polvo dasaut, DL10 plus y knockout dustply para la mitigación de material particulado en vías Yanacocha 2018*. tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13955>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. México: McGraw- Hill.
- INDUSTRIAL VETSI INTERNACIONAL S.A. (2019). *Protocolo de impacto para mina Las Bambas*. Lima.
- INDUSTRIAL VETSI INTERNACIONAL S.A. (2020). *DASAUT*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *PBI Producto bruto interno trimestral por grandes actividades económicas*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/5_actecon_kte_19.xlsx



- Lewinsohn, J., & Salgado, R. (2017). *La eficiencia en el uso del agua y la energía en los procesos mineros: casos de buenas prácticas en Chile y el Perú*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)- Naciones Unidas, Santiago. Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/43282/S1701066_es.pdf
- Mendiburu, R. (2020). Desafíos para el control de polvo en caminos mineros. *Revista Nueva Minería & Energía*. Obtenido de <https://www.nuevamineria.com/revista/desafios-para-el-control-de-polvo-en-caminos-mineros/>
- Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Guía Ambiental de Manejo de Agua en Operaciones Minero-Metalúrgicas*. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/manejoagua.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf
- Morales, S. (2020). *Reducción del consumo de agua en el mantenimiento de vías y mitigación de polvo, mediante la aplicación de Bischofita y el aditivo H14 en Mina Cuajone*. tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2021). *Gobernanza del agua en el Perú*. doi:<https://doi.org/10.1787/f826f55f-es>
- Organización VENTIUS. (2016). *Polvo en minería - Sistemas control de polvo*. Obtenido de <http://www.ventius.cl/docs/Ventius%20Polvo%20en%20Mineria%202016.pdf>
- Red EsAgua. (2019). *Uso sostenible del agua en la minería*. Cetaqua, Centro Tecnológico del Agua, y Water Footprint Network y DNV GL. Obtenido de http://www.esagua.es/wp-content/uploads/2019/12/Uso-sostenible-del-agua-en-la-miner%C3%ADa_Informe-red-EsAgua.pdf
- Rodríguez, A., & Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*(82), Revista Escuela de Administración de Negocios.
- Solleiro-Rebolledo, E., & Chávez-Vergara, B. (2020). *Manual de evaluación de suelos*. México. Obtenido de <https://www.smcsmx.org/files/concurso/2020/Manual3CMES2020.pdf>
- Tapia, D. (2017). Control de polvo en minería: A la vanguardia en procesos y tecnología. *Nueva Minería y Energía*. Obtenido de <http://www.nuevamineria.com/revista/control-de-polvo-en-mineria-a-la-vanguardia-en-procesos-y-tecnologia/>
- Toro, A., García de los Ríos-Cobo, J., Fadón, O., Cabrera, R., & Acebes, P. (2020). *Impactos ambientales en minería metálica*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Mineria/Articulos/265811-Impactos-ambientales-en-mineria-metalica.html>



Vélez, S. (abril de 2001). *Apuntes de metodología de la investigación, un resumen de las principales ideas para el desarrollo de proyectos de investigación*. Medellín. Obtenido de http://guerrero.upn.mx/chilpancingo/images/stories/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION.pdf



Anexos



Anexo 1: Instrumentos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL TRAMO DE APLICACIÓN DEL SUPRESOR DASAUT+ AGUA

Ficha N°: _____

La presente ficha tiene como finalidad la recolección de datos para la investigación titulada **“EFICACIA DEL SUPRESOR DASAUT EN EL CONTROL DE POLVO Y CONSUMO DE AGUA EN LA RUTA HEAVY HAUL ROAD DE LA MINERA LAS BAMBAS – TRAMO CCAPACMARCA, 2021”**.

Fecha: _____ **Hora:** _____

Apellidos y nombres del responsable del llenado de ficha: _____

Instrucciones: Complete los espacios en blanco con la información solicitada.

A. Eficacia del Supresor de polvo DASAUT

Tramo de aplicación DASAUT+ agua

Tramo de aplicación DASAUT+ agua					
Tramo	km inicial	km final	Longitud	Ancho promedio de riego	Área
—	—	—	—	—	—

Fuente: _____

Cuadro de aplicaciones del supresor (DASAUT + agua)

Fecha	Dosis	Horario			Cantidad de viajes	Galones DASAUT	Galones agua	Horas maquina	Galones solución (DASAUT + agua)
		9:00 a.m.	12:00 m.	3:00 p.m.					
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	



Dosis	Tasa de aplicación			Observación
	1°	2°	3°	
Tiempo	___ días	___ días	___ días	
ml/m ²	___ ml/m ²	___ ml/m ²	___ ml/m ²	
Galones* Aplicación	_____	_____	_____	_____

Fuente: _____

1°. Ratio de riego por metro cuadrado

Dosis	Litros			Galones		
	Agua/m ²	DASAUT	Solución (DASAUT + agua)	Agua/m ²	DASAUT	Solución (DASAUT + agua)
1°	_____	_____	_____	_____	_____	_____
2°	_____	_____	_____	_____	_____	_____
3°	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Fuente: _____

Dosis	Litros de Solución (DASAUT + agua) por aplicación /m ²	Galones de Solución (DASAUT + agua) por aplicación /m ²
1°	_____ l/m ²	_____ gal/m ²
2°	_____ l/m ³	_____ gal/m ³
3°	_____ l/m ⁴	_____ gal/m ⁴

Fuente: _____

2°. Mezcla de agua / supresor

Dosis	Mezcla de agua (l)/ supresor por aplicación por m ²	Mezcla de agua (gal)/ supresor por aplicación por m ²
1°	___ l de agua/___ l de DASAUT	___ gal de agua/___ gal de DASAUT
2°	___ l de agua/___ l de DASAUT	___ gal de agua/___ gal de DASAUT
3°	___ l de agua/___ l de DASAUT	___ gal de agua/___ gal de DASAUT

Fuente: _____

Observaciones: _____



3°. Costo de aplicación

a) Costo de mano de obra de aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Planilla	%	Ingeniero de Campo	Asistente de Oficina	Vigilantes	Conductores
Remuneraciones		S/____	S/____	S/____	S/____
Remuneración Básica		S/____	S/____	S/____	S/____
Asignación Familiar		S/____	S/____	S/____	S/____
Provisiones		S/____	S/____	S/____	S/____
Vacaciones	8.33%	S/____	S/____	S/____	S/____
Gratificación	16.67%	S/____	S/____	S/____	S/____
CTS	9.72%	S/____	S/____	S/____	S/____
Contribuciones Sociales		S/____	S/____	S/____	S/____
ESSALUD	9.00%	S/____	S/____	S/____	S/____
Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo -Salud (%)	1.10%	S/____	S/____	S/____	S/____
Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo -Pensiones (%)	1.60%	S/____	S/____	S/____	S/____
Seguro Vida Ley	0.53%	S/____	S/____	S/____	S/____
Contribuciones Soc.		S/____	S/____	S/____	S/____
Provisiones					
Vacaciones	0.75%	S/____	S/____	S/____	S/____
Gratificación	1.50%	S/____	S/____	S/____	S/____
Sub-Total Planilla de Personal		S/____	S/____	S/____	S/____
Total Unitario		S/____	S/____	S/____	S/____
Cantidad incluye relevos		_____	_____	_____	_____
Permanente		_____	_____	_____	_____
Gastos administrativos	2.50%	S/____	S/____	S/____	S/____
2.5%					
Utilidad 8%	8.00%	S/____	S/____	S/____	S/____
Total por mes		S/____	S/____	S/____	S/____
Costo mano obra por cisterna (hora maquina)		S/____	S/____	S/____	S/____
Costo mano obra por cisterna (hora maquina) total		S/____			



b) Gastos generales de aplicación del supresor (DASAUT + agua)

Gastos generales por persona	Unidad	Ingeniero de campo	Asistente de oficina	Vigilantes	Conductores	Operador - cisterna agua
Alimentación	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Hospedaje	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Transporte	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Lavandería	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Epps	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Exámenes médicos, inducciones	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Prueba COVID-19	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Total por mes		S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Costo por cisterna hora máquina		S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Gasto general por hora máquina		S/_____				

c) Costos de equipos de apoyo - supresor (DASAUT + agua)

Descripción	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Importe mensual
Minivan (14 Pasajeros)	Mes	S/_____	_____	S/_____
Cisterna de combustible	Mes	S/_____	_____	S/_____
Total				S/_____
Costo por hora				S/_____

d) Costos de cisterna en la aplicación -supresor (DASAUT + agua)

Descripción	Unidad	Total
Alquiler de Equipo	Mes	S/_____
Costo planilla (operador de cisterna)	Mes	S/_____
Combustible	Mes	S/_____
Mantenimiento y desgaste de equipo	Mes	S/_____
Total		S/_____
Costo por hora		S/_____

e) Costo total por hora máquina (DASAUT + agua)

Descripción	Costo por hora máquina
Costo de mano de obra	S/_____
Gastos generales	S/_____
Equipos de apoyo	S/_____



Cisterna	S/_____
Costo total por hora máquina	S/_____

f) Costo del supresor DASAUT

	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Mes _____	gal	_____	S/_____	S/_____

a) Resumen del costo del supresor DASAUT

Mes _____						Observación
		Costo de				_____
	Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor (DASAUT + agua)	Costo del Supresor DASAUT	Costo total	_____
Mínimas	_____	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____	_____
Efectivas	_____	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____	_____

Fuente: _____

Observaciones: _____

A.1) Control de Polvo

Fecha	Antes de la aplicación		Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
	PM 10 ug/m ³		PM 10 ug/m ³		
	_____	_____	_____		
___/___	_____	_____	_____	_____	_____%
___/___	_____	_____	_____	_____	_____%
___/___	_____	_____	_____	_____	_____%
___/___	_____	_____	_____	_____	_____%
___/___	_____	_____	_____	_____	_____%
___/___	_____	_____	_____	_____	_____%
___/___	_____	_____	_____	_____	_____%
___/___	_____	_____	_____	_____	_____%
___/___	_____	_____	_____	_____	_____%



A.2) Consumo de agua

Consumo de agua del supresor (DASAUT + agua)

Fecha	Dosis	Litros de agua/riego	N° de riegos/día	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							
/							



Resumen del consumo de agua

Fecha	Litros de agua/riego	Nº de riegos	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
Mes: _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Mes: _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Total	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Fuente: _____

Observaciones: _____



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL TRAMO DE APLICACIÓN DEL SUPRESOR AGUA

Ficha N°: _____

La presente ficha tiene como finalidad la recolección de datos para la investigación titulada **“EFICACIA DEL SUPRESOR DASAUT EN EL CONTROL DE POLVO Y CONSUMO DE AGUA EN LA RUTA HEAVY HAUL ROAD DE LA MINERA LAS BAMBAS – TRAMO CCAPACMARCA, 2021”**.

Fecha: _____ Hora: _____

Apellidos y nombres del responsable del llenado de ficha: _____

Instrucciones: Complete los espacios en blanco con la información solicitada.

B. Supresor de polvo agua

Tramo de aplicación DASAUT+ agua

Tramo de aplicación supresor agua					
Tramo	km inicial	km final	Longitud	Ancho promedio de riego	Área
—	—	—	—	—	—

Fuente: _____

Cuadro de aplicaciones del supresor agua

Fecha	Numero viajes							Total Viajes	Galones	Litros	Horas maquina
	1° Viaje	2° Viaje	3° Viaje	4° Viaje	5° Viaje	6° Viaje	7° V.				
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	



___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___

Fecha	Numero viajes							Total Viajes	Galones	Litros	Horas maquina
	1° Viaje	2° Viaje	3° Viaje	4° Viaje	5° Viaje	6° Viaje	7° V.				
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___
___/___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___	___



/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										
/										

Fuente: _____

Observaciones: _____

	Tasa de aplicación	Observación
Dosis	1°	
Tiempo	___ días	
ml/m2	___ ml/m2	
Galones* Aplicación	_____	_____

Fuente: _____



1°. Ratio de riego por metro cuadrado

	Litros	Galones
Dosis	Agua/m ²	Agua/m ²
1°	_____	_____

Dosis	Litros agua por aplicación /m ²	Galones agua por aplicación /m ²
1°	_____l/m ²	_____gal/m ²

Fuente: _____

Observaciones: _____

2°. Costo de aplicación

a) Costo de mano de obra de aplicación del supresor agua

Planilla	%	Ingeniero de Campo	Asistente de Oficina	Vigilantes	Conductores
Remuneraciones		S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Remuneración Básica		S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Asignación Familiar	93	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Provisiones		S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Vacaciones	8.33%	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Gratificación	16.67%	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
CTS	9.72%	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Contribuciones Sociales		S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
ESSALUD	9.00%	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo -Salud (%)	1.10%	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo -Pensiones	1.60%	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Seguro Vida Ley	0.53%	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Contribuciones Soc. Prov.		S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Vacaciones	0.75%	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Gratificación	1.50%	S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Sub-Total Planilla de Personal		S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Total Unitario		S/_____	S/_____	S/_____	S/_____
Cantidad incluye relevos		_____	_____	_____	_____



Permanente	_____	_____	_____	_____
Gastos administrativos	2.50%	S/_____	S/_____	S/_____ S/_____
Utilidad 8%	8.00%	S/_____	S/_____	S/_____ S/_____
Total por mes		S/____	S/____	S/____ S/____
Costo mano obra por cisterna (hora maquina)		S/____	S/____	S/____ S/____
Costo mano obra por cisterna (hora maquina) total		S/____		

b) Gastos generales de aplicación del supresor agua

Gastos generales por persona	Unidad	Ingeniero de campo	Asistente de oficina	Vigilantes	Conductores	Operador - cisterna agua
Alimentación	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Hospedaje	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Transporte	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Lavandería	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Epps	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Exámenes médicos, inducciones	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Prueba COVID-19	Mes	S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Total por mes		S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Costo por cisterna hora máquina		S/_____	S/____	S/_____	S/_____	S/_____
Gasto general por hora máquina		S/_____				

c) Costos de equipos de apoyo - supresor agua

Descripción	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Importe mensual
Minivan (14 Pasajeros)	Mes	S/_____	_____	S/_____
Cisterna de combustible	Mes	S/_____	_____	S/_____
Total				S/_____
Costo por hora				S/_____

d) Costos de cisterna en la aplicación -supresor agua

Descripción	Unidad	Total
Alquiler de Equipo	Mes	S/_____
Costo planilla (operador de cisterna)	Mes	S/_____
Combustible	Mes	S/_____



Mantenimiento y desgaste de equipo	Mes	S/_____
Total		S/_____
Costo por hora		S/_____

e) Costo total por hora máquina supresor agua

Descripción	Costo por hora máquina
Costo de mano de obra	S/_____
Gastos generales	S/_____
Equipos de apoyo	S/_____
Cisterna	S/_____
Costo total por hora máquina	S/_____

b) Resumen del costo del supresor agua

Mes _____						Observación
Horas	Costo por hora	Costo de aplicación del supresor agua	Costo del Supresor agua	Costo total		
Mínimas	_____ S/_____	S/_____	S/_____	S/_____	_____	_____
Efectivas	_____ S/_____	S/_____	S/_____	S/_____	_____	_____

Fuente: _____

Observaciones: _____

A.1) Control de Polvo

Fecha	Antes de la aplicación		Después de la aplicación	Diferencia	% de reducción
	PM 10 ug/m ³		PM 10 ug/m ³		
	_____	_____	_____		
___/___	_____	_____	_____	_____	_____ %
___/___	_____	_____	_____	_____	_____ %
___/___	_____	_____	_____	_____	_____ %
___/___	_____	_____	_____	_____	_____ %
___/___	_____	_____	_____	_____	_____ %
___/___	_____	_____	_____	_____	_____ %
___/___	_____	_____	_____	_____	_____ %
___/___	_____	_____	_____	_____	_____ %



—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %
—/—	—	—	—	— %

Fuente: _____

Observaciones: _____



A.2) Consumo de agua

Consumo de agua del supresor agua

Fecha	Dosis	Litros de agua/riego	N° de riegos/día	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							

Resumen del consumo de agua

Fecha	Litros de agua/riego	N° de riegos	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
Mes:_____						
Mes:_____						
Total						
Fuente: _____						
Observaciones: _____						



Anexo 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	Eficacia del Supresor de polvo DASAUT	Control de Polvo	- PM 10 ug/m ³ antes de la aplicación - PM 10 ug/m ³ después de la aplicación - PM 2.5 ug/m ³ antes de la aplicación - PM 2.5 ug/m ³ después de la aplicación	Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Cuasi –experimental transversal
¿Cuál es la eficacia del supresor DASAUT en el control de polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021?	Determinar la eficacia del supresor DASAUT en el control de polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.	La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el control de polvo y consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.				
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA		Consumo de agua	- Área - Litros/riego - N° de riegos/día - Litros/día - Litros/al mes	Enfoque: Mixto Población y muestra: La población y muestra estuvieron conformadas por los tramos (08 de Agosto km 96+000 a km 101+000) con aplicación de DASAUT y el tramo (101+000 a km 106+000) con aplicación de agua.
1. ¿Cuál es la eficacia de la aplicación del supresor DASAUT en el Control de Polvo en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021?	1. Determinar la eficacia de la aplicación del supresor DASAUT en el Control de Polvo en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.	1. La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el Control de Polvo en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.				
2. ¿Cuál es la eficacia de la aplicación del supresor DASAUT en el Control de Polvo en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021?	2. Determinar es la eficacia de la aplicación del supresor DASAUT en el consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.	2. La aplicación del supresor DASAUT tiene una eficacia significativa en el consumo de agua en la ruta Heavy Haul Road (HHR) de la minera Las Bambas – Tramo Ccapacmarca, 2021.				



Anexo 3: Tablas de resultados

Tabla 49

Consumo de agua de la Unidad Minera las Bambas (m³) enero y agosto del 2021, parte 1

MES	Renovación Autorización de Uso de Aguas 8 de agosto (Quebrada Cotaña) KM 99+080	Renovación Autorización de uso de agua en Coyabamba KM 112+860	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada KM 113+150 (Coyabamba)	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Herhuayco KM 124+300
Enero	265,000	110,000	135,000	1,735,000
Febrero	720,000	-	-	2,130,000
Marzo	680,000	-	125,000	1,925,000
Abril	670,000	-	-	2,190,000
Mayo	685,000	-	-	2,335,000
Junio	910,000	-	-	2,315,000
Julio	1,725,000	90,000	140,000	1,960,000
Agosto	2,495,000	260,000	230,000	2,155,000
Total general	8,150,000	460,000	630,000	16,745,000

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Tabla 50

Consumo de agua de la Unidad Minera las Bambas (m³) enero y agosto del 2021, parte 2

MES	Renovación Autorización de Uso de Aguas Rio Yanqui KM 134+020	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Pinco KM 99+720	Renovación Autorización de Uso de Aguas en Tincoc	Autorización de uso de agua Quebrada Maramayo KM 66+530
Enero	85,000	2,270,000	550,000	255,000
Febrero	-	1,425,000	-	1,135,000
Marzo	-	1,600,000	160,000	415,000
Abril	-	1,865,000	-	230,000
Mayo	-	1,895,000	-	-
Junio	-	1,450,000	-	-
Julio	-	975,000	485,000	-
Agosto	-	470,000	680,000	-
Total general	85,000	11,950,000	1,875,000	2,035,000

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Tabla 51

Consumo de agua de la Unidad Minera las Bambas (m³) enero y agosto del 2021, parte 3

MES	Renovación Autorización Uso de Agua Fuente Rio Sayhua – KM 84+300	Renovación Autorización de Uso de Aguas Quebrada Qochayoc (Qebrada Qochacc Huayco) KM 91-760	Renovación Autorización de Uso de Aguas en Miscabamba II	TOTAL
Enero	255,000	800,000	-	6,460,000
Febrero	1,485,000	780,000	-	7,675,000
Marzo	1,050,000	760,000	70,000	6,785,000
Abril	2,280,000	960,000	-	8,195,000
Mayo	3,900,000	1,030,000	-	9,845,000
Junio	3,595,000	915,000	-	9,185,000
Julio	3,340,000	-	-	8,715,000
Agosto	2,430,000	1,230,000	-	9,950,000
Total general	18,335,000	6,475,000	70,000	66,810,000

Tabla 52

Consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) en el mes junio del año 2021

Fecha	Dosis	Litros de agua/riego	Nº de riegos/día	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes		
01/06	1°	18,927	3	56,781	15,000	1,703,435	450,000		
02/06	dosis	18,927	3	56,781	15,000				
03/06		18,927	3	56,781	15,000				
04/06		18,927	3	56,781	15,000				
05/06		18,927	3	56,781	15,000				
06/06		2°	18,927	3	56,781			15,000	
07/06	18,927		3	56,781	15,000				
08/06	18,927		3	56,781	15,000				
09/06	18,927		3	56,781	15,000				
10/06	18,927		3	56,781	15,000				
11/06	18,927		3	56,781	15,000				
12/06	18,927		3	56,781	15,000				
13/06	18,927		3	56,781	15,000				
14/06	18,927		3	56,781	15,000				
15/06	18,927		3	56,781	15,000				
16/06	3°		18,927	3	56,781			15,000	
17/06			dosis	18,927	3			56,781	15,000
18/06				18,927	3			56,781	15,000
19/06				18,927	3			56,781	15,000
20/06				18,927	3			56,781	15,000
21/06		18,927		3	56,781			15,000	
22/06		18,927		3	56,781			15,000	
23/06		18,927		3	56,781			15,000	
24/06		18,927		3	56,781			15,000	
25/06		18,927		3	56,781			15,000	
26/06		18,927		3	56,781			15,000	
27/06		18,927		3	56,781			15,000	
28/06		18,927		3	56,781			15,000	
29/06		18,927		3	56,781			15,000	
30/06		18,927		3	56,781			15,000	

Fuente: Empresa COMPANY H & V.



Tabla 53

Consumo de agua del supresor (DASAUT + agua) en la 1° quincena de julio del año 2021

Fecha	Dosis	Litros de agua/riego	N° de riegos/día	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
01/07	3°	18,927	3	56,781	15,000	851,717	225,000
02/07	dosis	18,927	3	56,781	15,000		
03/07		18,927	3	56,781	15,000		
04/07		18,927	3	56,781	15,000		
05/07		18,927	3	56,781	15,000		
06/07		18,927	3	56,781	15,000		
07/07		18,927	3	56,781	15,000		
08/07		18,927	3	56,781	15,000		
09/07		18,927	3	56,781	15,000		
10/07		18,927	3	56,781	15,000		
11/07		18,927	3	56,781	15,000		
12/07		18,927	3	56,781	15,000		
13/07		18,927	3	56,781	15,000		
14/07		18,927	3	56,781	15,000		
15/07		18,927	3	56,781	15,000		

Fuente: Empresa COMPANY H & V.

Tabla 54

Consumo de agua del supresor agua en el mes junio del año 2021

Fecha	Litros de agua/riego	N° de riegos/día	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
01/06	18,927	7	132,489	35,000	3,198,671	845,000
02/06	18,927	7	132,489	35,000		
03/06	18,927	5	94,635	25,000		
04/06	18,927	4	75,708	20,000		
05/06	18,927	5	94,635	25,000		
06/06	18,927	5	94,635	25,000		
07/06	18,927	5	94,635	25,000		
08/06	18,927	5	94,635	25,000		
09/06	18,927	5	94,635	25,000		
10/06	18,927	5	94,635	25,000		
11/06	18,927	5	94,635	25,000		
12/06	18,927	5	94,635	25,000		
13/06	18,927	5	94,635	25,000		
14/06	18,927	5	94,635	25,000		
15/06	18,927	5	94,635	25,000		
16/06	18,927	5	94,635	25,000		
17/06	18,927	7	132,489	35,000		
18/06	18,927	6	113,562	30,000		
19/06	18,927	7	132,489	35,000		
20/06	18,927	7	132,489	35,000		
21/06	18,927	7	132,489	35,000		
22/06	18,927	6	113,562	30,000		
23/06	18,927	6	113,562	30,000		
24/06	18,927	6	113,562	30,000		
25/06	18,927	7	132,489	35,000		
26/06	18,927	5	94,635	25,000		
27/06	18,927	6	113,562	30,000		
28/06	18,927	6	113,562	30,000		
29/06	18,927	5	94,635	25,000		
30/06	18,927	5	94,635	25,000		



Tabla 55

Consumo de agua del supresor agua en la 1° quincena de julio del año 2021

Fecha	Litros de agua/riego	N° de riegos/día	Litros de agua/día	Galones de agua/día	Litros de agua/mes	Galones de agua/mes
01/07	18,927	6	113,562	30,000	1,665,580	440,000
02/07	18,927	6	113,562	30,000		
03/07	18,927	6	113,562	30,000		
04/07	18,927	6	113,562	30,000		
05/07	18,927	6	113,562	30,000		
06/07	18,927	5	94,635	25,000		
07/07	18,927	5	94,635	25,000		
08/07	18,927	6	113,562	30,000		
09/07	18,927	6	113,562	30,000		
10/07	18,927	6	113,562	30,000		
11/07	18,927	6	113,562	30,000		
12/07	18,927	6	113,562	30,000		
13/07	18,927	6	113,562	30,000		
14/07	18,927	6	113,562	30,000		
15/07	18,927	6	113,562	30,000		

Fuente: Empresa COMPANY H & V.