

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**



**IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO EN  
LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA  
CARRETERA NO PAVIMENTADA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MEDIO AMBIENTE**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN  
MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TESISTA: MORALES BETETA SHEYLA MAYUMI**

**ASESOR: DR. CORNEJO Y MALDONADO ANTONIO SALUSTIO**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la vida y ayudarme llegar a este momento clave en mi desarrollo profesional.

A mis progenitores, Bequer y Melia por ser pilares fundamentales para el logro de mis objetivos; a mis hermanos Mirella y Miyagi quienes con su preocupación y recomendaciones me dieron fuerzas para salir adelante.

A mi compañero de vida Michel, quien con su amor, paciencia y apoyo supo guiarme y acompañarme hasta alcanzar de la mejor manera mis metas.

A mi hija Sheccid, el tesoro más hermoso que Dios pudo darme, el ser humano más importante de mi vida, quien con su presencia me dio las fuerzas y motivos suficientes para luchar y salir adelante.

## AGRADECIMIENTO

La presente tesis ha sido posible gracias al apoyo y la confianza que me han brindado la Municipalidad de Pillco Marca, Población de Marabamba y la Empresa Sheccid Ingenieros por facilitarme el apoyo económico, mano de obra para la realización y el procesamiento de datos de la aplicación de estabilizantes de suelos en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba.

Asimismo, un agradecimiento al Dr. Antonio Salustio Cornejo y Maldonado quien con paciencia enrumbo mi investigación, aportando ideas y conocimientos, con el firme propósito de obtener resultados ambientales de alto nivel, asimismo a la memoria del PhD. Ing. Reynaga Martínez Marcelino Wilman, quien en vida me apoyó, orientó y abrió las puertas para continuar esta línea de investigación.

Agradezco a los catedráticos del Doctorado Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, por ofrecerme sus conocimientos académicos durante mi estancia en la escuela de posgrado de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Además, un agradecimiento al personal administrativo de la escuela de posgrado de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán por su apoyo durante la realización de mis estudios.

## RESUMEN

En la actualidad, el estado de las vías no pavimentadas se deteriora más que las pavimentadas, porque las partículas finas, adheridas al agregado grueso expuesto al mal tiempo, pierden humedad; y con el impacto físico externo del tráfico de automóviles, resulta en la descomposición de la superficie, por lo que se convierten en polvos particulados y luego aparecen defectos en la superficie como ahuellamiento, baches, ondulaciones, etc. Para preservar estas superficies y evitar que se deterioren rápidamente con el tiempo, se han propuesto dos estabilizadores químicos (Enzima Pz-22x y Polyses) que no afecten el medio ambiente, esto como alternativas de solución. Para ello, es necesario evaluar condiciones geométricas de tráfico vehicular, los tipos de suelos (aporte de material de cantera), las condiciones climáticas con el fin de monitorear las conservaciones e impactos ambientales luego de la aplicación, se compara este producto y el desempeño esperado en el tiempo a través de dos indicadores en la conservación: IRI e ICVNP y nueve indicadores en el impacto ambiental: pruebas de pH, DQO, DBO, COT, Biodegradabilidad, Prueba de Desgaste, ATP y Ascenso Capilar, resultando que; el sector patrón (sin estabilizador), que muestra una fuerte degradación de la superficie y mal estado de la carretera, también cuando se aplica Polyses, la superficie está muy degradada, buena condición de la carretera, con un número efectivo del sistema más alto (0,61) y un tiempo de retroceso más largo (14.97 meses), sin embargo, Con una proyección de hasta 20 años, muestra un efecto ambiental desfavorable en el mantenimiento de la superficie de rodadura, en cambio, cuando se aplica la enzima Pz-22x, el daño superficial es moderado y el estado de la vía es frecuente, con menor coeficiente de eficiencia (0.23), menor tiempo de recurrencia (5.81 meses), pero un impacto ambiental favorable.

**Palabras claves:** Impacto ambiental, estabilizantes de suelo, conservación, superficie de rodadura, carretera no pavimentada.

## ABSTRACT

Currently, the condition of unpaved roads deteriorates more than paved ones, because the fine particles, adhering to the coarse aggregate exposed to bad weather, lose moisture; and with the external physical impact of automobile traffic, it results in the decomposition of the surface, so that they become particulate powders, and then surface defects such as rutting, potholes, ripples, etc. appear. To preserve these surfaces and prevent them from rapidly deteriorating over time, two chemical stabilizers (Enzyme Pz-22x and Polyses) that do not affect the environment have been proposed as alternative solutions. For this, it is necessary to evaluate the geometric conditions of vehicular traffic, the types of soils (contribution of quarry material), the climatic conditions in order to monitor the conservations and environmental impacts after the application, this product is compared and the expected performance over time through two indicators in conservation: IRI and ICVNP and nine indicators in environmental impact: tests for pH, COD, BOD, TOC, Biodegradability, Wear Test, ATP and Capillary Rise, resulting in; the standard sector (without stabilizer), which shows a strong degradation of the surface and poor road condition, also when Polyses is applied, the surface is very degraded, good road condition, with an effective number of the system more high (0.61) and a longer setback time (14.97 months), however, With a projection of up to 20 years, which shows a strong degradation of the surface and poor road condition, also when Polyses is applied, the surface is very degraded, good road condition, with an effective number of the system more high (0.61) and a longer setback time (14.97 months), however, With a projection of up to 20 years, it shows an unfavorable environmental effect on the maintenance of the rolling surface, instead, when the enzyme Pz-22x, the superficial damage is moderate and the state of the pathway is frequent, with a lower efficiency coefficient (0.23), shorter recurrence time (5.81 months), but a favorable environmental impact.

**Keywords:** Environmental impact, soil stabilizers, conservation, rolling surface, unpaved road.

## RESUMO

Atualmente, as estradas não pavimentadas deterioram-se mais rapidamente do que as pavimentadas, devido ao fato de que partículas finas, ao se aglutinarem com agregados graúdos expostos ao meio ambiente, perdem umidade; e com a ação física externa do tráfego de veículos, gera desintegração superficial, tornando-se poeira particulada e posteriormente aparecem falhas superficiais como buracos, ondulações, sulcos, etc. Para preservar essas superfícies e não sofrer deterioração acelerada ao longo do tempo, foi proposta a aplicação de dois estabilizadores químicos (Enzima Pz-22x e Polyses) que não afetem o meio ambiente, como soluções alternativas. Para isso, foi necessário avaliar as condições climáticas, as condições geométricas do tráfego de veículos, o tipo de solo (contribuição do material da pedreira), a fim de monitorar a conservação e o impacto ambiental após a aplicação, esses produtos foram comparados e projetados seu desempenho ao longo do tempo. através de dois indicadores de conservação: IRI e ICVNP e nove indicadores de impacto ambiental: testes de pH, DQO, DBO, TOC, Biodegradabilidade, Teste de Desgaste, ATP e Ascensão Capilar, resultando; o setor padrão (sem estabilizador), apresentou alta deterioração da superfície e mau estado da estrada, da mesma forma ao aplicar Polyses, obteve-se baixa deterioração da superfície, bom estado da estrada, com maior coeficiente de eficiência. Ascensão Capilar, resultando; o setor padrão (sem estabilizador), apresentou alta deterioração da superfície e mau estado da estrada, da mesma forma ao aplicar Polyses, obteve-se baixa deterioração da superfície, bom estado da estrada, com maior coeficiente de eficiência (0,61) e maior tempo de recorrência. ( 14,97 meses), porém, com projeção para o ano 20, apresentou impacto ambiental desfavorável na conservação da superfície de rolamento, ao contrário, ao aplicar a Enzima Pz-22x, obteve-se uma deterioração superficial média, condição regular da estrada, com menor coeficiente de eficiência (0,23), menor tempo de recorrência (5,81 meses), mas com impacto ambiental favorável.

**Palavras-chave:** Impacto ambiental, estabilizadores de solo, conservação, superfície de rolamento, estrada não pavimentada.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
RESUMO .....	vi
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	xvii
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN ....</b>	<b>20</b>
1.1    Fundamentación del problema de investigación .....	20
1.2    Justificación e importancia de la investigación.....	20
1.3    Viabilidad de la investigación .....	22
1.4    Formulación del problema.....	22
1.4.1    Problema general.....	22
1.4.2    Problemas específicos .....	22
1.5    Formulación de objetivos .....	23
1.5.1    Objetivo general.....	23
1.5.2    Objetivos específicos .....	23
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>24</b>
2.1    Antecedentes de investigación .....	24
2.2    Bases teóricas .....	27
2.2.1    Carreteras no pavimentadas .....	27

2.2.2	Deterioro en carreteras no pavimentadas .....	30
2.2.3	Estabilización de suelos .....	36
2.2.4	Evaluación de la eficiencia ambiental y técnica .....	42
2.3	Bases conceptuales .....	52
2.3.1	Impacto ambiental.....	52
2.3.2	Medio ambiente.....	52
2.3.3	Conservación.....	52
2.3.4	Superficie de rodadura .....	52
2.3.5	Suelo.....	53
2.3.6	Evaluación del impacto ambiental .....	53
2.4	Bases filosóficas .....	54
2.5	Bases epistemológicas .....	55
2.6	Bases antropológicas .....	58
CAPÍTULO III.SISTEMA DE HIPÓTESIS.....		59
3.1	Formulación de las hipótesis .....	59
3.1.1	Hipótesis general.....	59
3.1.2	Hipótesis específicas .....	59
3.2	Operacionalización de variables.....	59
3.3	Definición operacional de las variables.....	60
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO .....		62
4.1	Ámbito.....	62
4.2	Tipo y nivel de investigación .....	62
4.3	Población y muestra .....	62
4.3.1	Descripción de la población.....	62
4.3.2	Muestra y método de muestreo .....	63
4.3.3	Criterios de inclusión y exclusión.....	66



4.4	Diseño de investigación.....	66
4.5	Técnicas e instrumentos .....	67
4.5.1	Técnicas.....	67
4.5.2	Instrumentos .....	67
4.6	Técnica para el procesamiento y análisis de datos .....	68
4.7	Aspectos éticos .....	72
CAPÍTULO V. RESULTADOS .....		73
5.1	Análisis descriptivo .....	73
5.1.1	Procesamiento de datos .....	73
5.1.2	Sectorización .....	73
5.1.3	Procedimiento de selección.....	74
5.1.4	Resultados de selección.....	77
5.1.5	Descripción de los sectores .....	77
5.1.6	Estudio de cantera .....	78
5.1.7	Proceso constructivo sin estabilizante de suelo (SECTOR A).....	84
5.1.8	Proceso constructivo con Enzima pz -22x (SECTOR B).....	87
5.1.9	Proceso constructivo con Polyses (SECTOR C).....	90
5.1.10	Frecuencia de Medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	93
5.2	Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis .....	139
5.3	Discusión de resultados .....	145
5.4	Aporte científico de la investigación.....	149
CONCLUSIONES .....		151
SUGERENCIAS .....		152
REFERENCIAS.....		153
ANEXOS.....		156

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección transversal inadecuada .....	31
Figura 2 Drenaje inadecuado .....	31
Figura 3 Ondulaciones .....	32
Figura 4 Baches.....	32
Figura 5 Ahuellamiento.....	33
Figura 6 Pérdida de agregado.....	33
Figura 7 Curva de deterioro de un pavimento.....	35
Figura 8 Esquema del equipo de Merlín .....	44
Figura 9 Cuadro de escala del ICVNP .....	47
Figura 10 Abaco de densidades para baches – Valor Deductible .....	48
Figura 11 Abaco de deducibles (VD) – ICVNP.....	48
Figura 12 Mapa departamental de la Región Huánuco.....	63
Figura 13 Ubicación y disposición de los sectores de prueba.....	64
Figura 14 Sector A de la carretera Huánuco - Marabamba.....	65
Figura 15 Sector B de la carretera Huánuco - Marabamba.....	65
Figura 16 Sector C de la carretera Huánuco - Marabamba.....	66
Figura 17 Esquema de cálculo de los parámetros geométricos.....	71
Figura 18 Perfil longitudinal de la carretera en estudio .....	74
Figura 19 Ubicación de sectores .....	77
Figura 20 Ubicación de cantera.....	78
Figura 21 Curva granulométrica del suelo de la cantera.....	82
Figura 22 Colocación de zaranda en cantera.....	83
Figura 23 Acondicionamiento de material procesado.....	83
Figura 24 Resumen de los resultados de IRI.....	113
Figura 25 Progreso del deterioro por sector de prueba .....	113
Figura 26 Variación del IRI en el primer monitoreo.....	114
Figura 27 Variación del IRI en el segundo monitoreo.....	115
Figura 28 Variación del IRI en el tercer monitoreo .....	115
Figura 29 Variación del IRI en el cuarto monitoreo .....	115
Figura 30 Curva de deterioro para el sector A .....	116

Figura 31 Curva de deterioro para el sector B .....	117
Figura 32 Curva de deterioro para el sector C .....	118
Figura 33 Precipitación del mes de diciembre .....	119
Figura 34 Precipitación del mes de enero .....	119
Figura 35 Precipitación del mes de febrero.....	120
Figura 36 Precipitación del mes de marzo .....	120
Figura 37 Precipitación acumuladas desde el inicio de aplicación .....	121
Figura 38 Precipitaciones acumuladas en el progreso del IRI .....	122
Figura 39 Variaciones del IRI con respecto a las precipitaciones .....	122
Figura 40 Deterioro superficial (baches) – Sector sin estabilizante.....	123
Figura 41 Deterioro superficial (baches) – Sector sin estabilizante.....	123
Figura 42 Deterioro superficial (baches) – Sector con enzima pz-22x.....	124
Figura 43 Deterioro superficial (baches) – Sector con enzima pz-22x.....	124
Figura 44 Deterioro superficial (baches) – Sector con Polyses .....	124
Figura 45 Deterioro superficial (baches) – Sector con Polyses .....	125
Figura 46 Porcentaje de severidad – Sector sin estabilizante .....	125
Figura 47 Porcentaje de severidad – Sector sin estabilizante .....	126
Figura 48 Porcentaje de severidad – Sector con enzimas pz-22x .....	126
Figura 49 Porcentaje de severidad – Sector con enzimas pz-22x .....	126
Figura 50 Porcentaje de severidad – Sector con Polyses .....	127
Figura 51 Porcentaje de severidad – Sector con Polyses .....	127
Figura 52 Sectores que se obtuvo la muestra .....	128
Figura 53 Resultados obtenidos de pH.....	130
Figura 54 Resultados obtenidos de DQO.....	131
Figura 55 Resultados obtenidos de DBO .....	132
Figura 56 Resultados obtenidos de COT .....	133
Figura 57 Resultados obtenidos de Biodegradabilidad.....	134
Figura 58 Resultados obtenidos de prueba de desgaste .....	135
Figura 59 Resultados obtenidos de análisis de tamaño de partícula .....	136
Figura 60 Resultados obtenidos de ascenso capilar .....	137
Figura 61 Resultados obtenidos del Sector con Enzima Pz- 22x.....	138
Figura 62 Resultados obtenidos del Sector con Enzima Pz- 22x.....	139

Figura 63 Distribución de probabilidad de t de Student sector A - sector B .....	142
Figura 64 Distribución de probabilidad de t de Student sector A - sector C .....	145
Figura 65 I. E. P. PILLCO MOZO MARABAMBA .....	180
Figura 66 Municipalidad del C.P – Marabamba .....	180
Figura 67 Ingreso a Marabamba .....	180
Figura 68 Fuente de Agua N°01 .....	181
Figura 69 Fuente de Agua N°02 .....	181
Figura 70 Vista frontal de fuente de agua .....	181
Figura 71 Deterioro en el Sector A .....	182
Figura 72 Deterioro en el Sector B .....	182
Figura 73 Deterioro en el Sector C .....	182
Figura 74 Deterioro Superficial de la carpeta de rodadura .....	183
Figura 75 Deterioro superficial de la Carpeta de Rodadura.....	183
Figura 76 Situación de cunetas .....	183
Figura 77 Deposito de material .....	184
Figura 78 Movilizando Material Seleccionado .....	184
Figura 79 Selección de material (Zarandeo) en cantera.....	184
Figura 80 Acarreo de Material Seleccionado.....	185
Figura 81 Colocación de Señales de Seguridad .....	185
Figura 82 Clausura de la vía para la aplicación de los estabilizantes .....	185
Figura 83 Determinación de contenido de humedad insitu (Medidor Humedad tipo Speedy).....	186
Figura 84 Proceso de combinación del Enzima Pz - 22x.....	186
Figura 85 Transporte del material seleccionado para la aplicación con el estabilizante .....	186
Figura 86 Trazo y replanteo preliminar .....	187
Figura 87 Aplicación de Enzima Pz-22x .....	187
Figura 88 Sistema de tendido de material seleccionado .....	187
Figura 89 Aplicación del Estabilizante de suelo Polyses.....	188
Figura 90 Sistema de compactación.....	188
Figura 91 Acabado final después de la aplicación del estabilizante de suelo .....	188
Figura 92 Primer Monitoreo.....	189

Figura 93 Segundo Monitoreo .....	189
Figura 94 Cuarto Monitoreo.....	189
Figura 95 Colocación de la cisterna para humedecer el sector .....	190
Figura 96 Primero se humedeció el sector y se continuó con el tendido del material acopiado de la cantera .....	190
Figura 97 Tendido del material antes de aplicar el estabilizante de suelo (Polyses).....	190
Figura 98 Aplicación de estabilizante de suelo Polyses.....	191
Figura 99 Mezclado y Homogenizado del materia con el estabilizante de suelo (Polyses).....	191
Figura 100 Sistema de compactado.....	191
Figura 101 Acabado final después de la aplicación del estabilizante de suelo .....	192
Figura 102 Primer Monitoreo.....	192
Figura 103 Cuarto Monitoreo.....	192
Figura 104 Situación actual – Marzo 2022 .....	193
Figura 105 Situación actual – Marzo 2022 .....	193

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de estabilizantes de suelos .....	37
Tabla 2 Requerimientos mínimos para el producto Enzimático .....	39
Tabla 3 Dosificación de enzima para alto tráfico vehicular.....	39
Tabla 4 Requerimientos mínimos para el uso del Polyses.....	41
Tabla 5 Dosificación de Polyses para alto tráfico vehicular .....	41
Tabla 6 Valor de K para los diferentes tipos de defecto .....	47
Tabla 7 Operacionalización de variables .....	60
Tabla 8 Muestreo probabilístico sistemático de la carretera Huánuco .....	63
Tabla 9 Inclinación media y su calificación.....	70
Tabla 10 Curvatura media y su clasificación .....	74
Tabla 11 Criterio para pendiente o inclinación media .....	73
Tabla 12 Criterio para curvatura media .....	73
Tabla 13 Criterio de altitudes.....	74
Tabla 14 Tramos seleccionados .....	75
Tabla 15 Sectorización resultante .....	75
Tabla 16 Sector con mayor pendiente.....	76
Tabla 17 Sector con menor pendiente.....	76
Tabla 18 Sector con mayor curvatura .....	76
Tabla 19 Sector con menor curvatura .....	76
Tabla 20 Usos granulométricos AASHTO M-147.....	79
Tabla 21 Resultados de laboratorio.....	81
Tabla 22 Ubicación de las fuentes de agua .....	84
Tabla 23 Resultado de laboratorio de las fuentes de agua .....	84
Tabla 24 Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H .....	85
Tabla 25 Cálculo del gasto de la cisterna.....	86
Tabla 26 Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H .....	88
Tabla 27 Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H .....	94
Tabla 28 Resultados del primer monitoreo IRI- Sector sin estabilizante.....	96
Tabla 29 Resultados del segundo monitoreo IRI- Sector sin estabilizante.....	96
Tabla 30 Resultados del tercer monitoreo IRI- Sector sin estabilizante .....	97

Tabla 31 Resultados del cuarto monitoreo IRI- Sector sin estabilizante .....	97
Tabla 32 Resultados del primer monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x.....	98
Tabla 33 Resultados del segundo monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x.....	98
Tabla 34 Resultados del tercer monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x .....	99
Tabla 35 Resultados del cuarto monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x .....	99
Tabla 36 Resultados del primer monitoreo IRI- Sector Polyses.....	100
Tabla 37 Resultados del segundo monitoreo IRI- Sector Polyses .....	100
Tabla 38 Resultados del tercer monitoreo IRI- Sector Polyses.....	100
Tabla 39 Resultados del cuarto monitoreo IRI- Sector Polyses.....	101
Tabla 40 Criterios de medición .....	101
Tabla 41 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo.....	102
Tabla 42 Diámetro promedio de baches – Nivel Medio .....	102
Tabla 43 Diámetro promedio de baches – Nivel Alto.....	103
Tabla 44 Tercer monitoreo – Sector A (sin estabilizante) .....	103
Tabla 45 ICVNP – Sector A (sin estabilizante) .....	103
Tabla 46 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo.....	104
Tabla 47 Diámetro promedio de baches – Nivel medio.....	104
Tabla 48 Diámetro promedio de baches – Nivel alto.....	105
Tabla 49 Cuarto monitoreo – Sector A (sin estabilizante).....	105
Tabla 50 ICVNP – Sector A (sin estabilizante) .....	105
Tabla 51 Criterios de medición .....	106
Tabla 52 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo.....	107
Tabla 53 Diámetro promedio de baches – Nivel medio.....	107
Tabla 54 Diámetro promedio de baches – Nivel alto.....	107
Tabla 55 Tercer monitoreo – Sector B (enzima pz-22x).....	108
Tabla 56 ICVNP – Sector B (enzima pz-22x) .....	108
Tabla 57 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo.....	109
Tabla 58 Diámetro promedio de baches – Nivel medio.....	109
Tabla 59 Diámetro promedio de baches – Nivel alto.....	109
Tabla 60 Cuarto monitoreo – Sector B (enzima pz-22x) .....	110
Tabla 61 ICVNP – Sector B (enzima pz-22x) .....	110
Tabla 62 Criterios de medición .....	111

Tabla 63 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo.....	111
Tabla 64 Diámetro promedio de baches – Nivel medio.....	112
Tabla 65 Diámetro promedio de baches – Nivel alto.....	112
Tabla 66 Tercer monitoreo – Sector C (Polyses).....	112
Tabla 67 ICVNP – Sector C (Polyses).....	113
Tabla 68 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo.....	113
Tabla 69 Diámetro promedio de baches – Nivel medio.....	114
Tabla 70 Diámetro promedio de baches – Nivel alto.....	114
Tabla 71 Cuarto monitoreo – Sector C (Polyses).....	114
Tabla 72 ICVNP – Sector C (Polyses).....	115
Tabla 73 Resumen de los resultados del IRI en cada sector de prueba.....	115
Tabla 74 Datos del IRI de acuerdo a los monitoreos realizados .....	117
Tabla 75 Resumen de las variaciones del IRI por cada monitoreo.....	117
Tabla 76 Leyenda de casa sector.....	119
Tabla 77 Datos del IRI en el sector A .....	119
Tabla 78 Datos del IRI en el sector B .....	120
Tabla 79 Datos del IRI en el sector C .....	121
Tabla 80 Precipitaciones acumuladas en el tiempo de medición del IRI.....	124
Tabla 81 Muestras de suelo extraídos .....	131
Tabla 82 Resultados obtenidos de pH.....	132
Tabla 83 Resultados obtenidos de DQO .....	133
Tabla 84 Resultados obtenidos de DBO .....	134
Tabla 85 Resultados obtenidos de COT.....	135
Tabla 86 Resultados obtenidos de Biodegradabilidad .....	136
Tabla 87 Resultados obtenidos de prueba de desgaste.....	137
Tabla 88 Resultados obtenidos de análisis de tamaño de partícula .....	139
Tabla 89 Resultados obtenidos de ascenso capilar .....	140
Tabla 90 Resultados final de los análisis al agua suelo y material particulado .....	140
Tabla 91 Valoración ambiental .....	141
Tabla 92 Prueba de hipótesis sector A - sector B.....	143
Tabla 93 Tabla de t de Student para la prueba sector A - sector B .....	143
Tabla 94 Tabla de t de Student para la prueba sector A - sector B .....	146



## INTRODUCCIÓN

El deterioro en las carreteras no pavimentadas a nivel nacional cuenta con un proceso muy acelerado a diferencia con una vía pavimentada, debido a la baja acción abrasiva y en condiciones secas del neumático, las partículas finas se trituran y se preparan para el desgaste gradual de la superficie de rodadura.

Si bien, se han examinado diferentes opciones, planteando las aplicaciones de estabilizantes orgánicos e inorgánicos como una potencial solución libre de contaminantes para la estabilización de suelos en superficies de rodaduras, que permita mayor seguridad, estabilidad y comodidad para el tránsito vial, teniendo una vinculación directa con los daños irregularidades y superficiales (IRI).

Es importante señalar que, si se continúa utilizando en el departamento de Huánuco, se reclama como una alternativa para perfeccionar las conservaciones de las superficies de las carreteras en caminos no pavimentados, lo que puede causar la depreciación de las minas en las canteras existentes (reduciendo la capacidad y la eficiencia de cantera); esto incrementará su nivel de explotación y empleo.

A medida que ha venido pasando el tiempo la tecnología ha ido avanzando y brindando nuevas opciones como la utilización de estabilizadores de suelo como alternativa de resolución y/o mejoramiento del mantenimiento superficial continuo de vías no pavimentadas, este avance en otros países es mayor que en nuestro país, en especial el departamento de Huánuco, donde su empleo es limitado, por lo que, fue necesario experimentar en el departamento de Huánuco como una opción de resolución de lo mencionado.

Se ha desarrollado en la presente investigación la evaluación del impacto ambiental (Agua, Suelo y Material Particulado) producido por la aplicación del estabilizante (Enzima PZ-22X y Polyses) con la finalidad de conservar las superficies de rodaduras de las carreteras no pavimentadas Huánuco – Marabamba, por lo que se realizó las siguientes actividades:

- Tratamiento en los suelos, modelado mediante la adición de materiales de cantera antes de aplicar el estabilizador de suelos (Enzima PZ-22X y Polyses)

- Utilizar materiales de cantera que sigan con los requisitos de la normativa MTC aplicable (E-107/ASTM D-422), de acuerdo con los requerimientos mínimos recomendados por el fabricante.
- La apariencia del suelo estabilizado con los compuestos químicos enzimáticos PZ-22X y Polyses se evaluó experimentalmente monitoreando meses después de la aplicación.
- Asimismo, se evaluó el impacto ambiental que se produjo ante el agua, suelo y material particulado de los estabilizantes de suelos Enzima PZ-22X y Polyses, por medio de monitoreos mensuales después de aplicados.

Dentro de los propósitos que presentó la investigación es:

- Se tuvo que, elegir el tramo de prueba para emplear el Enzima PZ-22X y Polyses en 2 tramos diferenciados de prueba, luego para se ha determinado su eficiencia e impacto ambiental comparada el tercer tramo (sector patrón).
- Evaluar el impacto y/o grado de contaminación ante la aplicación del estabilizante de suelo
- Coeficiente de eficiencia ante la aplicación del estabilizante de suelo, etc.

Dentro del contenido de la tesis cuenta con los siguientes capítulos:

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema de indagación, también se planteó los problemas, objetivos, justificación, viabilidad de la indagación y el contenido mismo del estudio.

En el capítulo II, se menciona los aspectos generales del estabilizante de suelo, impacto del medio ambiente, indicadores para medir el impacto ambiental, es decir se desarrolla el marco teórico, indicando las bases teóricas, conceptuales, filosóficas, epistemológicas y antropológicas.

En el capítulo III, se mencionan sistema de hipótesis, definiciones básicas de deterioros superficiales, conservación vial, estabilización química, índice de condición de vía no pavimentada, Índice de rugosidad internacional, pH, DQO, DBO, COT, Biodegradabilidad, Prueba de Desgaste, ATP y Ascenso Capilar.

En el capítulo IV, se explica el marco metodológico, desarrollando la metodología para la aplicación de estabilizantes de suelos, el diseño y esquema de la investigación, la cobertura de investigación (población y muestra), los instrumentos de recolección de datos y las técnicas de recojo y procesamiento de datos.

En el capítulo V, se muestra la evaluación del deterioro superficial, el coeficiente de eficiencia e impacto ambiental de los estabilizantes de suelos aplicados, presentándose el resumen de resultados de los análisis y evaluaciones realizadas en el estudio, así como también contratación de hipótesis y resultados de la investigación, y antes de culminar se mencionan las conclusiones y recomendaciones.

Para cerrar la tesis se presenta las referencias bibliográficas que se ha tenido en consideración en la ejecución del actual estudio el cual adjunta sus anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Fundamentación del problema de investigación**

En Perú y la Región de Huánuco, la continuación del uso del pavimento como solución alternativa para perfeccionar la protección de las superficies de rodadura de las vías no pavimentadas llevará al agotamiento de las canteras existentes (disminución de la producción de electricidad y canteras); esto llevará al agotamiento de las canteras existentes hacen que su desarrollo y uso sean más costosos.

Los impactos económicos de los estabilizadores de suelo Enzima Pz - 22x y Polyses en la protección de superficies rodantes de la vía no pavimentada Huánuco - Marabamba se realizaron mediante una encuesta de maestría, cuyos resultados arrojaron que el sector con Polyses (Inorgánico Estabilizador) se obtuvo un mejor desempeño en cuanto a la degradación de la superficie, con una durabilidad de 14,97 meses en cuanto a la protección de las superficies de rodadura.

Por lo que, si bien es cierto el estabilizante inorgánico es una propuesta para conservar la calzada dado que presenta una mayor durabilidad, a la fecha no se sabe los efectos que está causando en el medio ambiente (suelo, aire y agua) con la aplicación de este estabilizante.

Produciendo la necesidad de realizar una evaluación ambiental a los estabilizantes de suelos (orgánico e inorgánico), para poder identificar los impactos negativos y positivos ocasionados por actividades de mantenimiento de la carretera.

#### **1.2 Justificación e importancia de la investigación**

La infraestructura vial es un medio para lograr un incremento en el desarrollo económico y social de la población, ya que alivia las disparidades entre ciudades aisladas de la capital, más aún cuando la aplicación de estabilizantes de suelos es una alternativa para la operación y mantenimiento que se ha implementado como una estrategia para mejorar el pavimento sin considerar los posibles impactos sobre el suelo, el aire y las aguas superficiales o subterráneas. Esta investigación continua con una línea que cuenta con estudios al estabilizante inorgánico obteniendo como una

propuesta para conservar la calzada ya que presenta mayor durabilidad, Sin embargo, para mantener la superficie de rodadura más duradera, el enfoque de la investigación se basa en la dinámica ambiental y es importante para los productos químicos utilizados.

Muchos procesos de estabilización tienen base empírica (Estabilizadores Orgánicos e Inorgánicos), el hecho de que sean nuevos en el campo es uno de los motivos por las que las indagaciones de los impactos ambientales ahora tienen que hacerse sin saberlo. Cabe señalar que para una normal estabilidad no se deben elaborar monitoreos de las variables biológicas, químicas y físicas que establezcan los estados de la zona de intervención, aun cuando otras investigaciones hayan demostrado poco o ningún impacto ambiental. Esto se evidencia por cambios en la hidrología, composición química, la topografía y el empleo de suelo alrededor del área afectada, junto con otras particularidades que pueden intervenir en la variabilidad de algunos parámetros relacionados con los aditivos químicos utilizados.

De esta forma, se ha desarrollado un estudio que sienta las bases para futuras investigaciones, que también su objetivo es sensibilizar a las personas e indagadores sobre los aspectos ambientales involucrados en las construcciones de infraestructuras viales.

Es importante identificar los impactos ambientales de los estabilizantes de suelos en el mantenimiento a las carreteras no pavimentadas porque permitió continuar o no con el uso, a fin de que:

- Garantizar la comodidad y la seguridad para los usuarios sin contaminación ambiental.
- Permita una propuesta de solución para la operación y mantenimiento de la carretera no pavimentada sin alterar las características ambientales.
- Conserve de los recursos naturales.
- Ahorro en costos de operación y mantenimiento del vehículo.
- Reducir el tiempo de viaje.

### **1.3 Viabilidad de la investigación**

Los estudios de los efectos ambientales de los aditivos y/o estabilizadores utilizados como estabilizadores de vías no pavimentadas puede ser importante, pero depende de varios factores específicos y su ubicación geográfica. Los efectos registrados por los estabilizadores orgánicos e inorgánicos serán evaluados en términos de daño a plantas, vida silvestre, suelo, aguas superficiales, agua potable y otros componentes. Determinando el grado de estabilidad de cada producto de estabilización, sus efectos en humanos, subsuelo, capas superficiales del suelo, plantas y animales, recursos hídricos, erosión del suelo, y más. Con el fin de crear un método integrado de las consecuencias de los productos en el medio; Solo se tienen en cuenta los aspectos siguientes: bioacumulación, efecto del producto sobre plantas o animales, degradabilidad, efecto del producto sobre la salinidad del suelo y efecto del producto sobre la salinidad de los cuerpos de agua.

Por ende, en la actualidad estos estudios son viables técnicamente y sirven como base para la aplicación de nuevas alternativas de solución para conservar la superficie de rodadura de la vía.

### **1.4 Formulación del problema**

#### **1.4.1 Problema general**

¿Cuál es el impacto ambiental de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses en la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas?

#### **1.4.2 Problemas específicos**

1. ¿Cuál es el impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz-22x y Polyses en el suelo, aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas?
2. ¿Cuál es el impacto de los estabilizantes Enzima Pz-22x y Polyses en el agua, aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas?
3. ¿Cuál es el nivel de los posibles impactos ambientales por la generación de contaminantes y material particulado?

## **1.5 Formulación de objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Evaluar el impacto ambiental de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses en la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

1. Determinar el impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz – 22x y Polyses, en el suelo aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas.
2. Determinar el impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz – 22x y Polyses en el agua aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas.
3. Determinar los resultados obtenidos en función de la generación de contaminantes y material particulado para establecer el nivel de los impactos ambientales.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de investigación**

Existen dos estudios realizados en Colombia sobre el uso de estabilizantes de suelo. León (2020) desarrolló el proyecto de investigación Evaluación Ambiental del Efecto por uso del Aditivo Químico para la Estabilización de Suelos para Vías:

La investigación de León (2020), se desarrolló de la siguiente manera: ha realizado caracterizaciones y evaluaciones mecánicas y ecológicas de sistemas expuestos a meteorización acelerada. El suelo de arcilla se ha mejorado con siete productos con diferentes compuestos químicos. Se prepararon especímenes cilíndricos a partir del suelo y se comprimieron en las condiciones obtenidas mediante ensayos de compresión Proctor convencionales. El objetivo general de su estudio fue evaluar el impacto ambiental del empleo de aditivos químicos para las estabilizaciones de suelos en aplicaciones viales a nivel de laboratorio. Los impactos ambientales causados por los aditivos químicos en aplicaciones de infraestructuras viales son menos significativos que los métodos tradicionales de construcción, y estas técnicas son factibles desde una perspectiva y enfoque de durabilidad y sustentabilidades ambientales.

También en Colombia, Jerez et al. (2018) han realizado un estudio detallado del desempeño de los órganos como estabilizadores químicos en suelos y evaluaron propiedades como la capacidad de carga, la densidad y la permeabilidad.

En Portugal, Correia & Rasteiro (2016), se emplearon nanotubos de carbono de pared múltiple para las estabilizaciones químicas del suelo portugués y se examinó su empleabilidad en cuanto a la calidad de las dispersiones de las suspensiones y las propiedades mecánicas del reciente compuesto. Por ello, usaron dos tensioactivos con pesos moleculares y cargas diferentes.

En India, Kushwaha et al. (2018) investigaron la utilización de enzimas para estabilizar suelos de tipo vial. Su investigación consistió en lo siguiente: Estudiaron el efecto de estabilizar vastos suelos con bajas propiedades de geingeniería con la



enzima Eko Soil (ES) y encontraron un empleo para las construcciones de terraplenes de carreteras. Por último, se concluyó que estabilizar el suelo expansivo con ES reduciría su plasticidad y aumentaría su elasticidad, mejorando así el rendimiento del suelo.

En el Perú, Vallejos (2016) se realizó el estudio sobre la Evaluación de los Impactos Ambientales del Proyecto de tipo vial denominado “Carretera Satipo a Mazamari y Desvió de Pangoa a Puerto Ocopa”:

Este estudio consistió en una descripción detallada del procedimiento de EIA, incluidas las características y limitaciones clave. Así, presentó diversas herramientas metodológicas que podrían aplicarse para identificar y evaluar impactos y explicó sus mayores efectos según la etapa de evaluación. También muestra los factores ambientales identificados dentro del alcance del proyecto. A esto le sigue un procedimiento de evaluación cualitativa que se basa en la evaluación de los factores ambientales del método elegido. Para explicar mejor el impacto, se dividió la carretera en tres tramos de acuerdo al impacto hidrológico, se determinó el impacto en la etapa de construcción y se analizó todo el eje en la etapa de operación. El propósito general de su estudio es determinar la magnitud del impacto ambiental del proyecto vial "Carretera Satipo-Mazamari-Desvía Pangoa-Puerto Ocopa" y concluir que el impacto fue identificado mediante la aplicación de EIA utilizando un método de evaluación cualitativa. 166 fue calificado como un todo. Representa la interacción entre el medio ambiente y las actividades del proyecto. De igual forma, los impactos ocurridos durante la fase de construcción se mostraron mayores que los ocurridos durante la fase de operación (Vallejos, 2016).

En Pimentel, Bonifacio & Sánchez (2015) llevaron a cabo una investigación sobre la “Estabilizaciones Químicas de Carretera no Pavimentada aplicando Cloruro de Calcio, Cemento y Cloruros de Magnesio en Lambayeque”. En su investigación realizaron lo siguiente:

Evaluaron tres aditivos en la aplicación de la carretera no pavimentada, llegando a la conclusión que, Aplicación de cemento donde se puede mejorar

el CBR de la cantera inspeccionada alcanzando el valor fijado por la normativa aumentando la proporción de cemento en la muestra inspeccionada del 8% al 9%.

En Huancayo, De La Cruz & Salcedo (2016) Se utilizaron aditivos EcoRoad 2000 en el pavimento de Palian-Huancayo-Junín para estudiar la estabilización del suelo cohesivo, este estudio se elaboró de la manera siguiente:

El objetivo general de esa indagación fue evaluar los efectos aditivos Eco Road 2000 en las propiedades del suelo pegajoso del Anexo de Palian Huancayo Junín y concluir que la adición del aditivo Eco Road 2000 al suelo natural generó cambios significativos. Se realizan aditivos en partes físicas y mecánicas para acelerar el procedimiento de contracción y expansión para conseguir un suelo más firme (De la Cruz & Salcedo, 2016).

En Huánuco, Espinoza (2010) hizo una propuesta de uso de estabilizadores para perfeccionar las características mecánicas y físicas del suelo (Terrazyme y Zimplex pz-22x, relación: 1 Lt por 33 m<sup>3</sup> de suelo y 1 Lt por 30 m<sup>3</sup> de suelo), en cimentación de matriz limosa. Su propuesta consistió en lo siguiente:

El propósito general de este estudio fue utilizar estabilizadores de suelo (terrazyme y zimplex pz-22x, estabilizadores de suelo de 1 Lt y 1 Lt para 30 m<sup>3</sup> por 33 m<sup>3</sup> de suelo, maquinaria física de suelo en caminos rurales con subsuelo limoso y franco. Se demostró para perfeccionar las características del suelo. El estabilizador de suelo propuesto también redujo los índices de plasticidad del suelo. También se logró aumentar la capacidad portante (CBR) del suelo (Espinoza, 2010).

Apolinario & Delgado (2019), investigaron lo concerniente a estabilizar suelos de predominancia arcillosa, con valores bajos para soporte de (CBR), a fin de mejorar las subrasantes. Su estudio enfatizó lo siguiente:

Experimentaron aditivos químicos con el nombre comercial PROES y cemento para perfeccionar los valores de soporte relativo de los suelos arcillosos como una opción al empleo tradicional de materiales prestados. La dosis utilizada fue

de 0,27 Lt/m<sup>3</sup> de PROES y 50 kg/m<sup>3</sup> de cemento tipo Portland. A esta dosis, el adyuvante inicial con CBR = 4,84% alcanzó CBR = 54%, lo que indica la excelente eficacia de la mezcla con cemento. Además, se realizó una examinación de costos donde hubo un ahorro significativo del 30% en comparación con el empleo de la validación.

## **2.2.Bases teóricas**

Estudios en ingeniería Vial han venido demostrando la existencia de una relación entre el deterioro superficial de carpetas de rodadura y pérdidas económicas es decir, para que exista un mejoramiento y rehabilitación de una carretera no pavimentada en un determinado sector, ambos deberían de producirse y existir, es decir, el mejoramiento y rehabilitación, cuantifica y evalúa las consecuencias de daño y potenciales pérdidas económicas provocadas por un deterioro superficial en la carpeta de rodadura, considerando que principalmente los componentes que actúan en el daño de las carreteras es el factor climático, la altitud y la precipitación, además del tráfico (Conesa, 1997).

La tecnología de estabilización química es una solución de pavimento alternativa que puede mejorar las propiedades técnicas del piso para un desempeño mecánico adecuado.

Finalmente, los impactos ambientales de un estudio son las diferencias entre las situaciones ambientales que han cambiado como consecuencia de la implementación del proyecto y la situación ambiental futura que se hubiera desarrollado si el proyecto no se hubiera implementado (Conesa, 1997).

### **2.2.1 Carreteras no pavimentadas**

MTC [Ministerio de Transporte y Comunicaciones] (2018) se refiere a caminos no pavimentados con superficies de grava o adoquines, suelo estable o terreno natural, así como bajos volúmenes de tráfico; considerar las autopistas como vías de dominio público y de empleo público, diseñadas y construidas esencialmente para las circulaciones de vehículos terrestres. Las carreteras se distinguen de las carreteras ya que las primeras están fundamentalmente diseñadas para el tráfico vehicular. El diseño de una vía y su correspondiente superficie de rodadura que satisfaga necesidades

económicas y sociales razonables; es decir, estas dos definiciones se interrelacionan para determinar las particularidades físicas y técnicas que debe poseer la vía expresa propuesta para lograr que el resultado deseado sea óptimo, en beneficio de la comunidad que necesita los servicios, que muchas veces se encuentran muy cerca de entre sí. y proximidad. recursos nacionales limitados. Estos caminos no pavimentados se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) La carretera de tierra está hecha de suelo natural, mejorado en un grado seleccionado por vibración.
- b) Carretera gravosa consistente en un revestimiento superficial de material de piedra natural sin tratar, seleccionado a mano o por método de vibración, dimensiones máximas de 75 mm.
- c) Carretera afirmada consistente en un revestimiento superficial de materiales de cantera, medidos naturalmente o por medios mecánicos (vibración), en dosis determinadas, formado por una mezcla adecuada de tres tamaños o tipos de materiales: arena, piedra, fino o arcilla, hasta 25 mm de tamaño. Estos pueden ser: afirmados por grava natural o vibrante, o afirmados por grava homogénea mediante el triturado.
- d) Las carreteras con superficie de rodadura se tratan con materiales industriales:
  - Afirmados con superficie trabajada para el control de polvo, con materiales tales como: productos asfálticos (imprimaciones reforzadas o distintos tipos de sello asfáltico), cal, cloruros, cemento, aditivos o distintos estabilizadores químicos.
  - Los suelos naturales se estabilizan con lo siguiente: cemento, cloruro, geosintéticos, emulsión asfáltica, cal y ciertos aditivos que perfeccionan las características de los suelos (MTC, 2013).

Estas carreteras no pavimentadas tienen las siguientes características:

Las esenciales propiedades físicas que se deben conservar en el pavimento para asegurar condiciones beneficiosas para el movimiento de vehículos son la regularidad de la superficie y la capacidad portante. La capacidad de carga hace referencia a las resistencias estructurales de una carretera para soportar las

cargas de los vehículos que transitan por ella con frecuencia. Para ello, es importante emplear materiales granulares que sean duros, resistentes al desgaste, duraderos, libres de partículas planas, blandas o disgregadas y libres de materia orgánica, arcilla aglomerante o sustancias tóxicas, entre otras. Estas características están determinadas por las especificaciones.

La regularidad de la superficie hace mención a la condición física del área en la que se conducen los vehículos en términos de rugosidad, deformación, textura, superficie y limpieza. Con respecto, cabe señalar que fallas tales como ondulaciones, baches, grietas, surcos, piedras sueltas u obstrucciones en las plataformas, entre otros, dañan significativamente la resistencia, comodidad, y capital del usuario. Esta nota de la monotonía está determinada por el Índice de Rugosidad Internacional- IRI. Las consideraciones mencionadas conducen a la ventaja de que los materiales granulares se seleccionen y compacten adecuadamente para proporcionar las condiciones necesarias de comodidad y fluidez.

Entre los elementos principales que incluyen las carreteras son:

**Plataforma:** Básicamente, consiste en superficies rodantes, que son franjas utilizadas para el paso de vehículos. La plataforma tiene parcialmente el ancho suficiente para la superficie de la calzada y el arcén adyacente a la misma, y además de actuar como franja de seguridad, puede considerarse una "berma" que facilita el estacionamiento del vehículo. Operación por el conductor.

**Sistema de drenaje:** Recoge y dirige el agua, y configura el sistema de manera eficiente y rápida para que no estorbe. De lo contrario, se puede producir un deterioro prematuro de la carretera debido a que el pavimento se arrastra a medida que el agua de lluvia fluye por las plataformas y las pendientes se vuelven inestables. Alcantarillas, puentes, pontones, badenes, daños en las paredes. Erosiona el terreno natural y los terraplenes, causando daños más generalizados.

**Derecho de vía:** Consiste en terrenos laterales adyacentes a la vía y plataforma del tranvía, incluyendo obras complementarias, obras auxiliares, taludes de terraplenes, servicios y cortes. El desarrollo de esta zona ayuda a la seguridad de las personas y a las estabildades de las vías. El mantenimiento suele ser una tarea

rutinaria, pero a veces requiere una atención regular. La obra de arte consiste en puentes, pantalanos, badenes y paredes o muros.

Señalización de los elementos de seguridad de la vía: Las señales de tránsito se adhieren en la vía a fin de prevenir posibles accidentes, disminuyendo los peligros, a través de dispositivos de señalización que advierten, prohíben o detallan la vía o las ubicaciones a pasar (MTC,2006).

### **2.2.2 Deterioro en carreteras no pavimentadas**

El mecanismo de deterioro de las vías no pavimentadas es un proceso acelerado y progresivo, a diferencia del de las vías pavimentadas. Cuando se mezcla con agua, el polvo fino une las partes gruesas y se tritura en estado seco bajo la acción de pulido (acción de tráfico) del neumático.

Estos finos triturados aparecen como partículas suspendidas en el aire (polvo), y debido a su pérdida constante, el agregado grueso se desprende antes de ser expuesto al tránsito, por lo que las superficies de rodadura empiezan a desgastar, picaduras, baches, y da como resultado la formación de ondulaciones.

Estas dificultades superficiales y estructurales son el resultado de la exposición al tráfico y las condiciones climáticas (exposición a la lluvia, el hielo y el rocío).

El deterioro ocurre en múltiples etapas, desde una degradación lenta discreta hasta una degradación significativa que se manifiesta como una degradación total del camino, lo que requiere un rediseño o reparación del camino.

Las imperfecciones más frecuentes encontrados en caminos sin pavimentar fueron cubiertos en detalle por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, quien publicó una investigación titulada "Mantenimiento de caminos sin pavimentar (Informe especial 87 al 15)" en 1987, y se actualizó en el Informe 92 al 96.

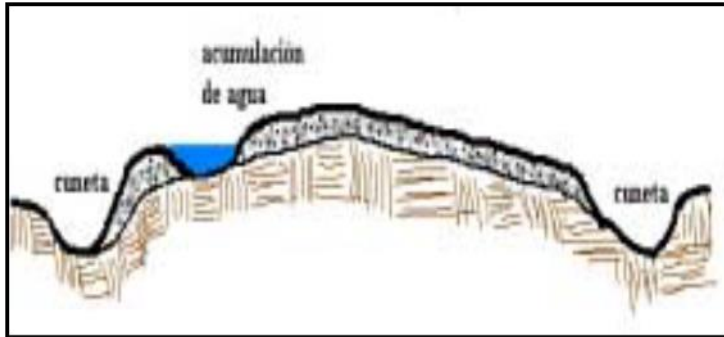
Este estudio se centró en evaluar la extensión y gravedad de los defectos e identificar siete escenarios o dificultades representados por:

#### **2.2.2.1 Secciones transversales inadecuadas**

Deformación de la superficie de la calzada que impide la salida del agua de lluvia y obstruye el tráfico. Están relacionados con diferentes hundimientos de

calzadas, movimiento de materiales de pavimento por acción del agua de lluvia, falta de canales de drenaje, etc.

*Figura 1 Sección transversal inadecuada*



*Fuente: Catálogo de Centroamérica de daños causados al pavimento vial*

### **2.2.2.2 Drenajes inadecuados**

Se particulariza por la acumulación de agua superficial sobre la cimentación debido a la ausencia de mantenimiento estructural, no necesariamente por drenaje superficial inadecuado.

*Figura 2 Drenajes inadecuados*

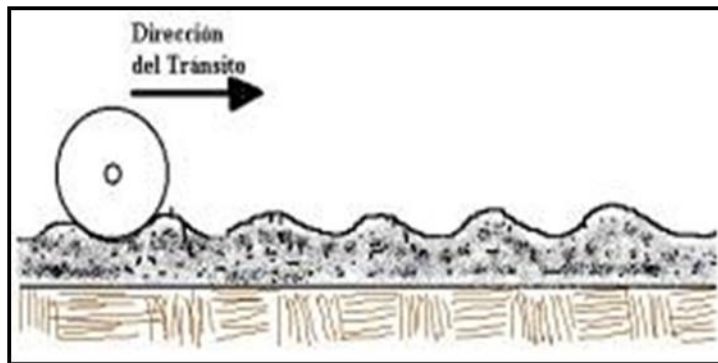


*Fuente: Catálogo de Centroamérica de daños causados al pavimento vial*

### **2.2.2.3 Corrugaciones**

Una serie de ondulaciones de montañas y valles perpendiculares a la dirección del tráfico están muy próximas a lo largo de la superficie a intervalos aproximadamente regulares, por lo general menos de un metro.

*Figura 3 Ondulaciones*



*Fuente: Catálogo de Centroamérica de daños causados al pavimento vial*

#### **2.2.2.4 Baches**

Es una cavidad en forma de concha en la superficie de la carretera, con un diámetro promedio de menos de 1 m. el origen de este deterioro es muy diversa. Ocurren debido a la condición muy avanzada de otros deterioros. B. Olas, surcos, etc. Además, debido a la combinación del tráfico, el clima y las particularidades de los vehículos, estos son elementos que intervienen en la ocurrencia de estos daños. Lo mencionado suele ocurrir durante la temporada de lluvias, cuando la deformación de la superficie permite la concentración del agua.

*Figura 4 Baches*



*Fuente: Catálogo de Centroamérica de daños causados al pavimento vial*

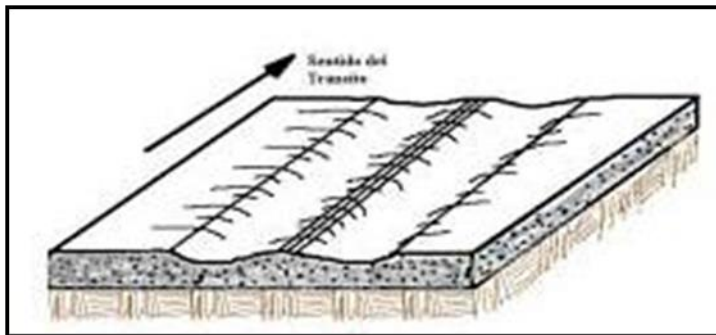
#### **2.2.2.5 Ahuellamiento**

Se trata de una deformación vertical continua a lo largo de una línea de alcantarillado de tráfico al menos 6 metros de longitud. En situaciones extremas, la sección transversal de la carretera tiene forma de W.



Estos son los neumáticos del vehículo y su frecuencia. Las características de los materiales superficiales y las condiciones climáticas son componentes que provocan este daño. Tales como, y materiales no adhesivos (arena) y materiales arcillosos en clima húmedo.

Figura 5 Ahuellamiento



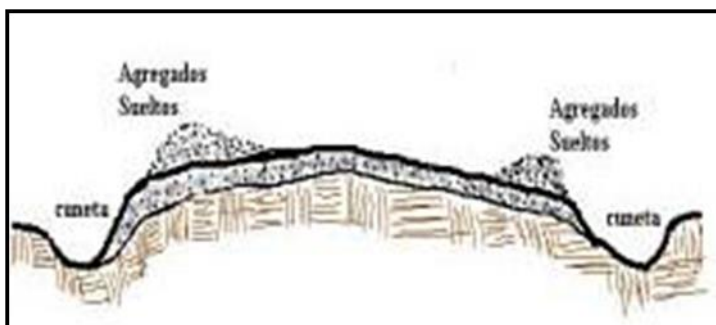
Fuente: Catálogo de Centroamérica de daños causados al pavimento vial

#### 2.2.2.6 Pérdida de agregado

Coronado (2000) se refiere a la pérdida total de la siguiente manera:

Separe el agregado de la superficie y déjelo suelto para formar un cordón a lo largo del camino. Esto se produce principalmente por la acción del tráfico en la superficie, donde no hay plástico fino y sí áridos con partículas mayores de 5 cm. Si las partículas no son angulares, el daño ocurrirá más rápido. El tráfico empuja el agregado grueso verticalmente hacia el borde de la calle o surco.

Figura 6 Pérdida de agregado



Fuente: Catálogo de Centroamérica de daños causados al pavimento vial

Se identificaron siete características para determinar las condiciones de las vías pavimentadas: forma de corona, superficie de rodadura, deformación de la superficie, imperfecciones específicas, drenaje, degradación ambiental y señalización.

#### **2.2.2.7 Conservación vial**

Menéndez (2003) define a la conservación de la vía como:

Todo el trabajo requerido para mantener y mantener las buenas condiciones de tránsito en la carretera y sus componentes y complementos, que sea compatible con las propiedades geométricas, las capas de desgaste durante la construcción o las condiciones finales, se realizará después de posibles mejoras. Se necesita tiempo para recibir. El mantenimiento de la carretera es importante ya que esto hace posible:

- Garantizar una comodidad y seguridad razonables para los usuarios.
- Ahorro de costo de operación y mantenimiento del vehículo.
- Reducir el tiempo de viaje.
- Mantener la inversión en la etapa de remodelación o construcción.

#### **2.2.2.8 Ciclo de vida de un camino**

- Como ya se mencionó, el deterioro de las carreteras se debe básicamente a los efectos del agua y el tráfico. Estos afectan el proceso de transitabilidad y desgaste. Por esta razón, los mantenimientos preventivos deben realizarse de forma continua durante un largo período de tiempo para extender su vida útil, reducir la inversión en mantenimiento de rutina y evitar conversiones.

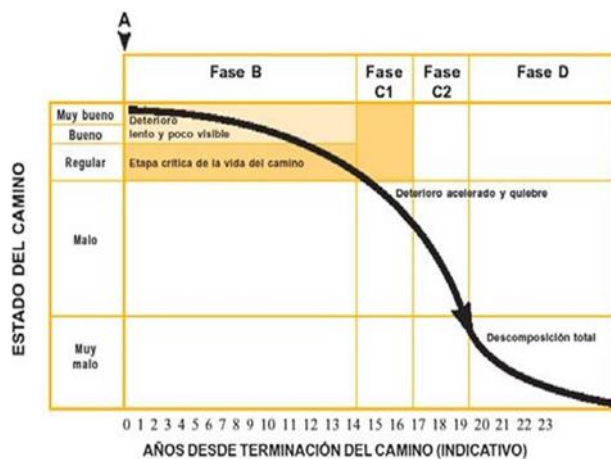
El ciclo de degradación vial está conformado por cuatro fases (Menéndez, 2003).

- **Fase 1:** Construcción: En esta fase, el camino está en buenas condiciones para el agrado del conductor.
- **Fase 2:** Desgaste lento y discreto: Después de un tiempo, la carretera estará desgastada y el desgaste de la superficie de rodadura será claramente visible. En esta etapa, el camino está en buenas condiciones.
- **Fase 3:** Aceleración del desgaste: Aquí, el camino muestra un mayor desgaste en las superficies rodantes y otros elementos del camino. La aceleración del

deterioro es evidente y la resistencia de los vehículos al tráfico es cada vez menor. El daño comienza localmente y se extiende con el tiempo hasta que afecta la carretera. Tiene una duración corta y es el comienzo de un deterioro acelerado de la superficie.

- **Fase 4:** Desmontaje completo: Esta fase aumenta el costo de operación del vehículo y provoca problemas de circulación. La capacidad de carga en carretera se reduce y los neumáticos, ejes, amortiguadores y chasis del vehículo se ven afectados negativamente.

Figura 7 Curva de deterioro del pavimento



Fuente. Mantenimiento rutinario de los caminos con microempresas

### 2.2.2.9 Mantenimiento vial

Las características funcionales de las carreteras tienen un impacto significativo en las condiciones de seguridad y confort, las cuales tienen un impacto económico en los costos de mantenimiento y operación.

Los baches de la carretera están directamente relacionados con el costo de funcionamiento del vehículo y, por lo tanto, afectan el uso de combustible, el desgaste de los neumáticos y la velocidad. Estas alteraciones no solo ocasionan el desgaste del vehículo, sino que también modifican el estado de tensión y deformación de la estructura vial.

Esta capacidad se cuantifica realizando métodos bien regulados como: B.: Extracción de núcleo, prueba de calidad de roca, prueba de desgaste, etc. El confort

del usuario está relativamente cuantificado según su percepción y está directamente relacionado con las irregularidades de la superficie.

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) fue permitido por el Banco Mundial en 1986 como un estándar para medir la rugosidad del pavimento, que se obtuvo de la asociación con un dispositivo de medición de rugosidad.

El IRI puede entenderse como un código de construcción o condición del pavimento, está conducido al mantenimiento y tiene funciones económicas (IRI vs costo del usuario), sociales (opinión del usuario) y técnicas (gestión vial, costo de mantenimiento vs costo unitario). Martínez, 2018).

### **2.2.3 Estabilización de suelos**

Fratelli (2018), Según la normatividad peruana, los grupos de estabilización tienen una definición general que señala lo siguiente:

Mejora de las características mecánicas y/o físicas del suelo mediante procesos mecánicos y/o fisicoquímicos. La estabilización es el proceso por el cual el suelo natural se somete a operaciones o tratamientos específicos para reparar defectos o cambiar propiedades físicas o mecánicas para expandir o mejorar el suelo. Los efectos y las condiciones climáticas más duras brindan estabilidad en todas las condiciones climáticas y de operación. “Qué es lo que hace en sí mismo es integrar recientes propiedades o materiales para resistir fuerzas externas”.

#### **2.2.3.1 Tipos de estabilización**

Las clasificaciones propuestas por Winterkorn (s.f.) son:

- Estabilización mecánica significa el tratamiento y compresión del suelo para su compresión.
- La estabilización física involucra el uso de materiales granulares para encontrar una distribución de tamaño de partícula adecuada.
- La estabilización química incluye cambios en las propiedades del suelo usando ligantes asfálticos, agentes humectantes o agentes cementantes para conseguir una estabilidad suficiente (Márquez, 2018).

### 2.2.3.2 Clasificación de estabilizantes químicos

Tabla 1 Tipos de estabilizantes de suelos

TIPOS DE MATERIALES	
Ligantes de asfalto	Emulsión asfáltica
	Asfaltos espumados
Ceméntales	Cementos
	Cales
	Ceniza
Compuesto químico no tradicionales	Estabilizantes (orgánico y sintético)
	Sales (cloruro de calcio, sodio y magnesio)

Fuente. Estabilizaciones de suelos para pavimentos, extraído de <https://bit.ly/3k1Fm25>

### 2.2.3.3 Criterios de selección

Para los estabilizadores de suelo existentes (convencionales y no convencionales), no se encontraron criterios para seleccionarlos. Por esta razón, debe analizarse no solo en el laboratorio sino también en el campo debido a la exposición a cargas de tráfico reales, drenaje y factores ambientales externos.

Para los estabilizadores de suelo, se deben analizar dos propiedades básicas del suelo.

- Índice de plasticidad.
- Porcentaje que atraviesa la malla 200.

### 2.2.3.4 Enzima pz-22x

Las enzimas son sustancias derivadas de plantas y animales (moléculas de proteína grandes) aceleración de reacciones químicas (catalizador químico). Son células vivas biodegradables que apresuran las reacciones químicas sin modificarlas. Funcionan uniendo moléculas de sustrato (como partículas de alimentos y moléculas de azúcar) a sitios moleculares específicos y, por lo tanto, se requieren para unir y remodelar enlaces químicos adecuados mediante fuerzas electrostáticas de átomos cercanos. La energía se reduce considerablemente.

a) Importancia

Choque (2012) menciona que:

Productos a base de enzimas que se emplea para estabilizar suelos arcillosos. La enzima PZ22X actúa como catalizador porque su estructura molecular contiene fracciones activas que apresuran el procedimiento de agregación de la arcilla. De esta manera, PZ22X mejora significativamente el proceso de humectación con agua, brinda un efecto cohesivo en materiales finos y reduce la porosidad. La acción de unión de este procedimiento crea una fuerte actividad de unión, que por último forma una capa duradera y tolerante.

Los suelos tratados con PZ22X, que contienen una cantidad suficiente de finos agregados, se agregan de forma que la acción de la enzima reduce parte de la porosidad entre las partículas, por lo que prácticamente no se ven afectados por los cambios de humedad. Para evitar que el agua penetre. Durante lluvias continuas, los caminos tratados con PZ22X sufrirán el primer centímetro por lixiviación del producto.

b) Especificaciones del producto

- Productos comerciales en nuestra zona: Zymplex PZ22x
- Fabricante: Worldwide Enzymes Inc.
- Información del fabricante: El efecto catalítico de la enzima aumenta el procedimiento de humectación del agua. Esto también provoca un efecto cohesivo en el material plástico arcilloso, reduciendo la porosidad. Esto comprime las partículas del suelo más densamente.

c) Componentes del producto

El producto contiene Agua y Proteínas altamente purificadas derivadas de fuentes vegetales, por lo que el fabricante recomienda conservar por debajo de los 48.9 Grados C°, cabe indicar que, el congelamiento no lo daña.

d) Requisitos mínimos

Los estabilizadores de suelo requieren parámetros que el suelo y el agua empleados en el proceso de construcción deben cumplir.

*Tabla 2 Requerimientos mínimos del producto Enzimático*

REQUERIMIENTOS
% de finos que superan el 18%
IP (entre 4 y 10%)
PH del agua (5.5 a 8)

*Fuente.* Consorcio Royal SAC

El fabricante del producto químicos aconseja que utilicen las siguientes dosis:

*Tabla 3 Dosificación de enzima para alto tráfico vehicular*

PRODUCTO QUÍMICO	DOSIFICACIÓN
Enzimático	1Lt/30m3

*Fuente.* Consorcio Royal SAC

### 2.2.3.5 Polyses

El producto está destinado a la impermeabilización y estabilización natural de suelos como elementos estructurales.

Su uso ayuda al uso de pisos con propiedades que no cumplen con los estándares permitidos para el tránsito vial, y existe un certificado ambiental que garantiza que no existe peligro para el medio ambiente, el personal y los equipos involucrados en la obra.

a) Componentes del producto

En su aspecto general, POLYSES es un aditivo a base de polímeros, sales inorgánicas y tensioactivos que provoca una triple reacción en el suelo a tratar.

Promueve el intercambio de iones entre las partículas del suelo y evita que absorban agua.

Debido al intercambio iónico anterior, las partículas del suelo se atraen entre sí, creando enlaces químicos muy fuertes y una mayor consolidación del suelo. Esto permite una mejor reordenación de este, lo que se refleja en la mayor densidad del material y el menor espacio en la estructura del suelo.

- La carga estática que el aditivo le da al piso cambia la tensión superficial de los gránulos presentes, cambia el ángulo de absorción de las gotas y facilita el drenaje del agua que ingresa a la estructura.
- Como resultado, los estabilizadores de suelo POLYSES reducen la capacidad de las partículas del suelo para adsorber agua debido a las fluctuaciones en la tensión superficial de los elementos del suelo que lo componen, comprimiendo más la estructura, reduciendo la presencia de aire y aumentando el drenaje. Estabilizar.
- Corrige las partículas sucias por intercambio iónico.
- Permite una mejor reorganización estructural.
- Cambia la tensión superficial para mejorar el drenaje

b) Ventajas

- Mínimo laboreo mecánico, utilizando el suelo de la zona.
- Reduce el tiempo de trabajo consecuentemente reduce costos.
- No hay necesidad de utilizar maquinarias viales sofisticados, es suficiente con maquinarias convencionales.

b) Mejoras obtenidas

- Reduce el Hinchamiento
- Reduce la permeabilidad
- Reduce el índice de plasticidad
- Aumenta el valor de soporte del suelo en extremas condiciones de humedad.

c) Principales aplicaciones

- Se puede aplicar en Compactaciones de caminos naturales
- Subbases de carpeta asfáltica



- Compactar e impermeabilizar banquetas
- Tratar el suelo granular, y evitar el lavado de los finos
- Impermeabilizar subrasantes

d) Requerimientos mínimos

Los estabilizantes de suelos requieren los parámetros que deben efectuar el suelo y el agua utilizados en los procesos constructivos.

*Tabla 4 Requerimientos mínimos para el uso del Polyses*

REQUERIMIENTOS
%finos mayores al 18%
IP (entre 4 y 10%)
PH agua (entre 5.5 a 8)

*Fuente.* Polydem S.A.

e) Dosificación recomendada

El fabricante recomienda usar lo siguiente:

*Tabla 5 Dosificación de Polyses para alto tráfico vehicular*

PRODUCTOS QUÍMICOS	DOSIFICACIONES
Polyses	1 kg/10m <sup>2</sup>

*Fuente.* Polydem S.A.

No todos los tipos de suelo crean directamente estabilidad. El suelo arenoso es un suelo débil y adecuado para el uso de POLYSES, debe contener al menos un 20-30% de arcilla. Por esta razón, el análisis del suelo estabilizador es muy importante. Este análisis determina las características físicas del suelo que se está tratando. Los estabilizadores e impermeabilizantes POLYSES son las formas más baratas y rápidas de mejorar las propiedades del suelo.

#### **2.2.4 Evaluación de la eficiencia ambiental y técnica**

Basándose en dos parámetros o indicadores de rendimiento para evaluar la eficiencia técnica, las aplicaciones de estabilizadores de suelos se pueden comparar con el sector estándar sin tratar.

Esos parámetros se describen a continuación:

- Índice de condición de vía sin pavimentar
- Índice de Rugosidad Internacional

Determinación de la estabilidad de cada producto estabilizado, su impacto sobre el hombre, subsuelo, capas superficiales del suelo, erosión del suelo, flora y fauna, fuentes de agua, etc.

Para determinar exhaustivamente el impacto ambiental de los productos. Solo se consideran los siguientes aspectos:

- Degradabilidad
- Acumulación in vivo
- Impacto de los productos en plantas o animales
- Impacto de los productos en la sal del cuerpo de agua
- Impacto de los productos en la sal del suelo

En función del análisis realizado en relación con cada aspecto considerado, se asigna el número ordinal de cada aspecto considerado, teniendo en cuenta los impactos ambientales alto (3), medio (2) y bajo (1). Luego, los impactos ambientales de cada producto se establecen en función de la periodicidad de las calificaciones determinadas a cada aspecto y las calificaciones de impacto más altas asignadas a los productos para los que no se dispone de información sobre el aspecto ambiental particular que se está considerando.

#### 2.2.4.1 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Indicador estadístico de la rugosidad del pavimento y evidencia las diferencias entre el perfil transversal teórica y el perfil transversal real en el momento de la medición (Pradena et al., 2018).

El perfil real es el perfil de una carretera de reciente construcción con  $IRI > 0$  (estado cero), y en el estado de conducción, este valor aumenta con el paso del tráfico. Esto representa una gran irregularidad (Badilla, 2009).

Esto se determina mediante cálculos matemáticos realizados sobre la altura de la línea de perfil vertical obtenida por cualquier técnica o instrumento.

Una de las ventajas de IRI son modelos matemáticos cuyos resultados son independientes de los métodos y herramientas utilizados para medir el perfil. El equipo o tecnología y la frecuencia de muestreo deben ser confiables.

La precisión de los instrumentos es una temática de debate generalizado sobre las mediciones de rugosidad. La longitud mínima del sitio de prueba es de 300 metros y se puede calcular con cualquier longitud de camino. Se ha promediado la vinculación entre las modificaciones en la rugosidad de la carretera y su longitud (Badilla, 2018).

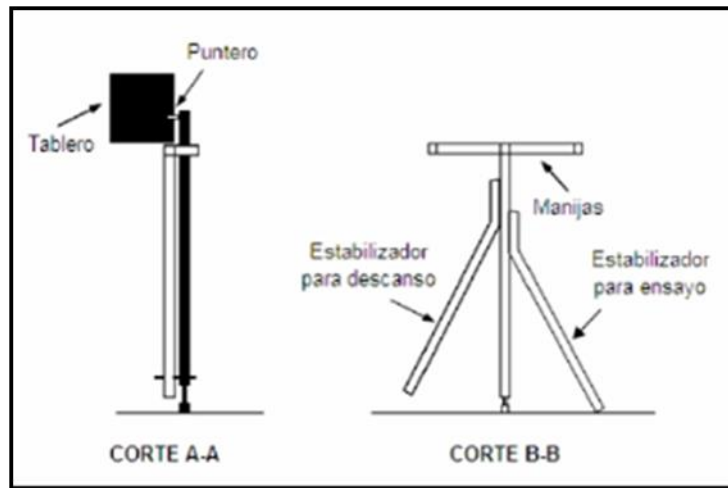
##### a) Equipo rugosidad de Merlín

Desarrollado por el Laboratorio de Investigación del Transporte Británico (TRRL), el Merlin Gear consta de un marco de metal de 1,8 m. Con una rueda de bicicleta en la parte delantera, un pie de apoyo en la parte trasera y un soporte intermedio que permanece en la carretera ayuda a medir la diferencia entre las líneas ficticias que luego conectan la rueda de la bicicleta con el soporte. El procedimiento de medición se realiza en una muestra de 300 metros de largo que se muestra a continuación.

El principio y el final de la calle están marcados. Para la seguridad del personal, se miden conos de seguridad desde la calzada y se colocan en cada carril. El instrumento debe estar siempre en la carretera y apoyado en tres puntos fijos e inmutables: ruedas, soporte fijo trasero y estabilizador de retención. La posición del puntero en el dispositivo marca una medida de 1 a 50. Las mediciones son continuas

y se recomienda circular a 2 km/h. El dispositivo se estaciona en el puesto de inicio, espera a que el indicador se estabilice, luego lee conforme con la escala del tablero inscrita por el asistente y sigue el carril exterior a lo largo de un carril de la carretera.

*Figura 8 Esquema del equipo de Merlín*



*Fuente.* (Camineros, 1993)

El operador toma la manija del equipo y avanza hasta que la rueda da una vuelta. Marque la llanta para que el operador pueda ver la rotación completa de la llanta para que se adhiera a un intervalo de 2 metros para cada medición.

Este procedimiento se repite 150 veces y se mide de la misma forma en otras pistas. La medición de rugosidad utiliza una tabla de escalas que consta de 50 escalas que se utilizan para medir 150 datos.

La marca 25 debe coincidir con la posición media del puntero cuando coincide con la cadena del medio. Si el valor medido es mayor o igual a 5, la rugosidad es baja. Por el contrario, si el cursor se aleja varias veces de la posición central (variaciones grandes), puede ver intuitivamente que el perfil tiene muchas curvas e irregularidades.

Se ejecutan ecuaciones de correlación y TRRL desarrolla correlaciones a través de simulaciones asistidas por computadora de varios perfiles de terreno en la sección de prueba realizada para la prueba IRRE (International Road Roughness Experiment) con el apoyo del Banco Mundial de Brasil 1982. Abajo. En esta

prueba se puede obtener una relación entre la rugosidad en unidades MERLIN y la rugosidad en unidades IRI. Este proceso involucra la simulación mediante las operaciones de MERLIN en cada segmento donde la rugosidad está disponible en unidades IRI y en BI (Bump Integrator) por lo que se puede vincular a esta base de datos por regresión lineal como se muestra en la ecuación siguiente:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D \quad (1)$$

Donde:

IRI: Índice de Rugosidad Internacional, m/km

D: Rugosidad en unidades MERLIN, mm

Esta ecuación de correlación proporcionada por TRRL se basa en mediciones de rugosidad de 27 secciones de prueba (8 en pavimento de asfalto, 5 en tratamiento de superficie, 7 en superficie de grava, 7 en superficie sin pavimentar). Los resultados de rugosidad en la escala IRI varían entre 2,44 y 15,91 m/km y en la unidad MERLIN entre 41,5 y 332,4 mm.

Estos resultados indican valores altos de IRI. Por lo tanto, la base de datos analizada es para aceras con alta deformación y muestra una falta de mediciones para aceras nuevas o recién construidas. Por lo tanto, la correlación desarrollada por TRRL para el equipo MERLIN para examinar la rugosidad del pavimento severamente degradado, se elaboró para calcular los costos operativos de los vehículos en países subdesarrollados. Una de las principales limitaciones de esta ecuación es que solo se puede emplear a pavimentos con una rugosidad mínima de 2,4 m/km. El modelo matemático no toma en cuenta un rango de rugosidad inferior a 2,4, por lo que no es posible caracterizar aceras ligeramente deformadas o de nueva construcción.

En los últimos 10 años, el ingeniero peruano Pablo del Águila ha podido experimentar con el pavimento Merlín durante 4 años con diversas evaluaciones de rugosidad, y el primer pavimento evaluado por la fórmula de correlación TRRL es la especificación técnica establecida del nuevo pavimento asfáltico. reunir. Un plan especial para la rehabilitación de la Infraestructura de Transporte (PERT) del MTC

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones) de nuestro país determina que el IRI particular de este tramo no debería pasar de los 2 m/km.

Se concluye que IRI presenta dos ecuaciones de correlación.

Ecuación I.

Desarrollado por TRRL (para valores  $D$  mayores a 0.050 m) Cuando  $2.4 < IRI < 15.9$ , entonces:  $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

Ecuación II.

Desarrollado por el Ingeniero Pablo del Águila.

Cuando  $IRI < 2.4$ , entonces (para valores  $D$  menores a 0.050 m):  $IRI = 0.0485 D$  (Del Aguila, 2018).

#### b) Índice de Condición de Vía No Pavimentada

El índice de condición del camino de terracería es un índice numérico fundado en una escala de 0 (cero) a 100 (100). Muestra el buen estado de la carretera y sus estados de funcionamiento.

Las clasificaciones asociadas a esta escala se muestran en la Figura 2.2. Esto se establece midiendo los defectos de la superficie de la carretera. Este método ha demostrado ser eficiente en pruebas de campo para establecer las necesidades de mantenimientos de las infraestructuras rurales no pavimentada y enfocarse en las alternativas más adecuadas durante la vida del proyecto orden de gestión económica. Las medidas de error se emplean para calcular el índice de condición todoterreno (ICVNP) y dependen de los valores inferidos.

El valor del deducible es un número del 0 al 100. Donde 0 significa que el obstáculo no afecta la condición del camino y 100 significa que el camino está completamente afectado por el obstáculo (Choque, 2012).

Para calcular este índice, haga lo siguiente:

- Calcular las densidades para cada clase de defectos. Ejemplos: drenaje inadecuado, crestas, sección transversal incorrecta, hoyos, surcos, pérdida de agregados.
- Densidad = número de defectos x Kx100 / unidad de área simple.
- Las curvas de deducción se utilizan para encontrar valores deducibles para cada tipo de error y severidad.
- Encontrar valores deducibles (DV) y valores q.
- DV es la adición de todos los valores deducibles y 'q' es el número de valores deducibles individuales superiores a 5.

En este estudio solo se consideraron los defectos de baches (Choque, 2012).

Figura 9 Cuadro de escala del ICVNP



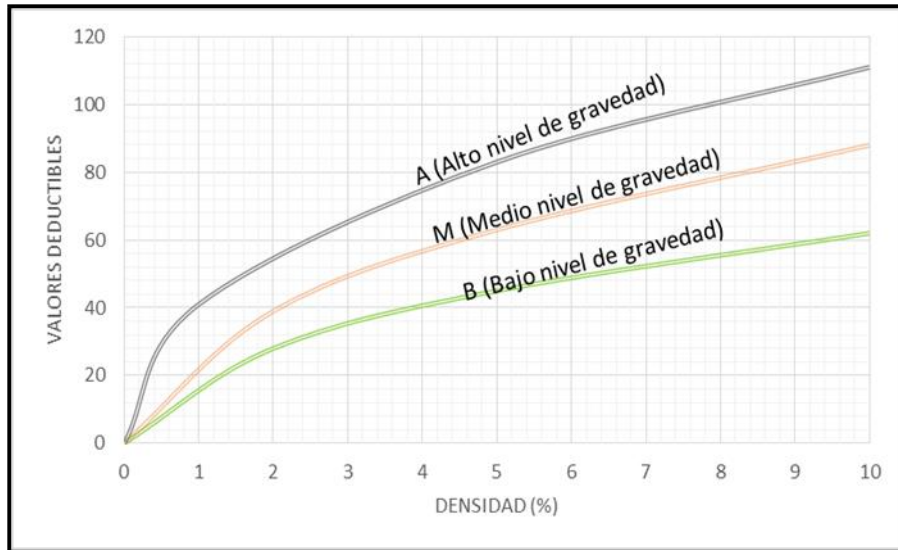
Fuente. Pickler et al.

Tabla 6 Valor de K para los diferentes tipos de defecto

TABLA 15 B VALORES PARA K	
Tipos de deterioro	Valor de K
81 - Sección Transversal Impropia	3.281
82 - Drenaje Inadecuado	3.281

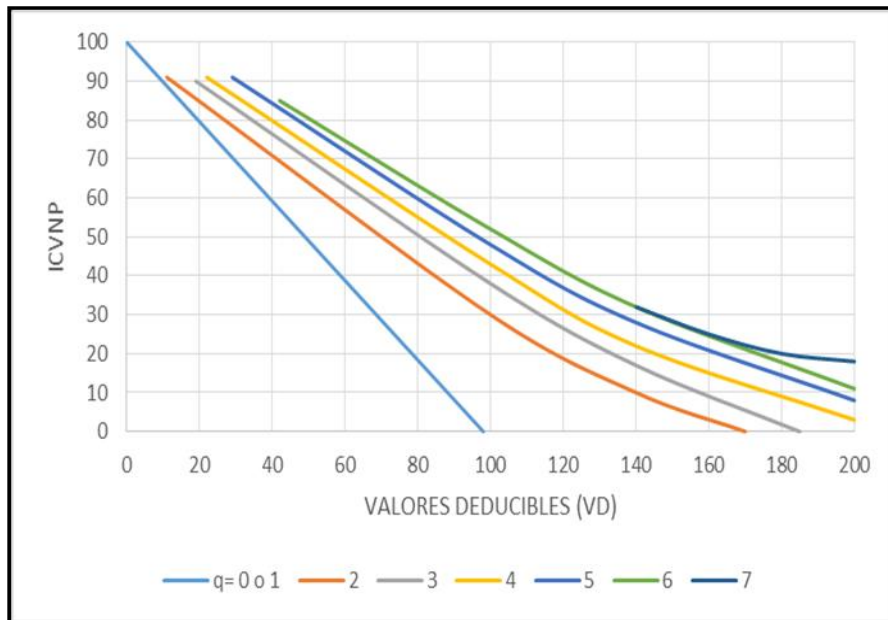
Fuente. Pickler et al.

Figura 10 Abaco de densidades para baches – Valor Deducible



Fuente. Pickler et al.

Figura 11 Abaco de deducibles (VD) – ICVNP



Fuente. Pickler et al.

### 2.2.4.2 Lixiviación

Coulson & Richardson (1984) dicen que la lixiviación es la extracción de componentes solubles de un sólido utilizando un solvente y se llama extracción sólido-líquido o lixiviación. Este procedimiento se puede utilizar para producir valiosos materiales sólidos concentrados o para eliminar los materiales solubles que lo



contaminan de los sólidos insolubles, como los pigmentos. El método empleado para las extracciones está determinado por el porcentaje de componentes solubles presentes en el sólido, el tipo de sólido, el tamaño de partícula y su distribución en el sólido.

#### **2.2.4.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Vigiak (2019) se define como las cantidades de oxígeno que emplea un organismo para usar materia orgánica oxidable en un instante dado. La DBO es un indicador de contaminación orgánica en zonas de agua dulce y está asociada con la contaminación microbiana. Las altas concentraciones de DBO disminuyen las disponibilidades de oxígeno, lo que afecta negativamente a los hábitats acuáticos y la biodiversidad, y reduce el empleo del agua. Las altas cargas de DBO en los sistemas de agua dulce se originan fundamentalmente de fuentes antropogénicas, como, los desechos industriales, el desbordamiento combinado de aguas residuales y los desechos domésticos y de animales. Durante el transporte por las redes fluviales, las concentraciones de DBO disminuyen debido a la descomposición microbiana (autolimpieza del río) y dilución antes de entrar al mar.

La DBO se calcula dando una idea de las concentraciones de materias orgánicas degradables y midiendo la reducción de las concentraciones de oxígeno disuelto después de incubar la muestra durante un tiempo determinado. Las mediciones deben realizarse en la oscuridad para evitar la producción de oxígeno por fotosíntesis y para mantener el pH en 7,5. Las aguas residuales urbanas generalmente tienen un valor de DBO<sub>5</sub> entre 100 y 400 mg O<sub>2</sub>/L (Peral & Doménech, 2006).

#### **2.2.4.4 Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es un parámetro analítico de polución que calcula la materia orgánica presente en muestras líquidas por oxidación química. El valor de DQO es la medida de las cantidades de oxígeno usado por la fracción de materia orgánica en una muestra que puede ser oxidada por agentes químicos oxidante fuerte. Más precisamente, representan los contenidos orgánicos totales de la muestra, que puede ser oxidado por dicromato en una solución ácida.

La prueba es más rápida que la DBO y no depende de muchas variables que se pueden encontrar en las pruebas biológicas. Todos los compuestos orgánicos,

con algunas excepciones, pueden oxidarse a dióxido de carbono y agua a través de agentes oxidantes fuertes en condiciones ácidas (Vigiak et al., 2019).

#### **2.2.4.5 Carbono orgánico total**

El carbono orgánico total (COT) es el carbono que forma parte de la materia orgánica en agua superficial. En la actualidad, hay diversas sustancias artificiales y naturales que ayudan a aumentar las concentraciones de TOC en el medio; sin embargo, estas sustancias pueden ser degradadas por microorganismos durante el consumo de oxígeno.

En el laboratorio, las cantidades de carbono orgánico total en una evidencia de agua se puede medir directamente calculando las cantidades de CO<sub>2</sub> liberado luego de los tratamientos con un oxidante químico.

#### **2.2.4.6 Biodegradabilidad**

Es la biodegradabilidad de una sustancia, procedimiento natural en el cual una sustancia cambia por acciones biológicas y generalmente pierde sus propiedades originales y a nivel químico, las moléculas que la componen se convierten en un oxidante más simple, estable y quizás el más poderoso. Para el carbón, el oxidante más poderoso es el Co<sub>2</sub> y la forma más baja es el metano (CH<sub>4</sub>), el agua (H<sub>2</sub>O), los minerales y la biomasa. La determinación de la biodegradabilidad presenta los factores ambientales que promueven descomposiciones biológicas en condiciones aeróbicas y anaeróbicas (Rineanu, 2016).

La vinculación DBO/DQO se usa comúnmente para estimar la biodegradabilidad de las aguas residuales; por lo tanto, para una relación DBO/DQO superior a 0,4, el agua puede considerarse biodegradable (orgánica), mientras que el agua con una relación DBO/DQO inferior a 0,2 (inorgánica) es esencialmente no biodegradable (Peral & Doménech, 2006).

Hay muchos procesos diferentes de tratamiento de agua, y se realizan según los contaminantes en el agua y su presupuesto. Existen dos tipos básicos de tratamiento de aguas residuales; procesos fisicoquímicos y biológicos. La biorremediación se fundamenta en las capacidades de los microorganismos para convertir y transformar las materias orgánicas, tanto suspendida como disuelta, en

nuevos tejidos y diversos gases. Dado que el tejido es más denso que el agua, se puede quitar con facilidad a través filtración; Por ello, sólo cuando se eliminan de la solución los microorganismos implicados en la conversión y eliminación de la materia orgánica se puede considerar completo el tratamiento (Quiroga & López, 2008). Por otra parte, los procedimientos químicos, empleados fundamentalmente en los tratamientos de aguas, así como ciertos procedimientos físicos, complementan el tratamiento secundario y terciario del agua residual, conteniendo la separación de nitrógeno y fósforo. Los procedimientos químicos de purificación de agua en la actualidad son empleados son la precipitación química, el intercambio iónico, la purificación por oxidación, la neutralización (control de pH), la coagulación química y la oxidación mejorada, estabilización, determinación de lodos y aguas residuales (Galvin, 2012). Debido a los costos relativamente bajos, muchas industrias aún eligen el tratamiento de aguas residuales basado en procesos biológicos para lograr ganancias razonables. No obstante, los procesos biológicos no siempre son altamente eficientes, por lo que es necesario combinar procesos biológicos y químicos para tratar adecuadamente las aguas residuales. La combinación de tratamiento biológico y químico es de particular transcendencia en las prácticas de la ingeniería química sanitaria, fundamentalmente desde un punto de vista económico para aumentar la tratabilidad de las aguas residuales resistentes al calor (Rodríguez et al., 2008).

#### **2.2.4.7 Degradabilidad**

La degradabilidad es la capacidad de un material para degradarse bajo ciertas condiciones ambientales, biodegradabilidad relacionada con la actividad microbiana (Gutiérrez, 2010).

#### **2.2.4.8 Bioacumulación**

El término bioacumulación se refiere a un incremento en las concentraciones de sustancias en un organismo vivo debido a la exposición al aire, agua o alimentos contaminados, debido al lento metabolismo y excreción (Gutiérrez, 2010).

## **2.3 Bases conceptuales**

### **2.3.1 Impacto ambiental**

Zaror (2002), hace mención a los impactos ambientales como una transformación en el medio, originado indirecta o directamente por acciones o actividades humanas (obra minera) en áreas establecidas. Este investigador fundamenta que las influencias ambientales pueden ser positivas o negativas, en otras palabras, beneficiosas o indeseables. En este estudio se trabajarán los impactos ambientales en su sentido negativo, debido que son efectos que se deben minimizar en el proyecto.

### **2.3.2 Medio ambiente**

Zaror (2002), señala que el medio es un sistema global que consiste en elementos artificiales y naturales de naturaleza química, física biológica, sociocultural y sus interacciones, modificados constantemente por influencias humanas o naturales y gobernados por condiciones ambientales. La existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.

### **2.3.3 Conservación**

Infovias (2021) afirma que la conservación de las autopistas comprende una serie de actividades de ingeniería encaminadas al mantenimiento continuo y sostenible del buen estado de la infraestructura vial, con el fin de garantizar un óptimo servicio al público. En este sentido, es importante mencionar que para lograr un efecto de conservación es necesario realizar actividades periódicas de mantenimiento y también de restauración en caso de ser necesario.

### **2.3.4 Superficie de rodadura**

Construcción (s.f.) tener en cuenta que es la parte superior de la acera la que soporta directamente la carga del tráfico. En particular, debe soportar fuerzas tangenciales. Esta es el área mediante la cual fluye el tráfico. Debe tener ciertas particularidades: debe ser uniforme, sin ondulaciones ni dobleces, tanto en horizontal como en vertical. Debe presentar una estructura que dificulte el deslizamiento del automóvil; siempre relativa a la velocidad específica esperada de un

tramo de vía, dentro del tramo de vía correspondiente. Debe ser resistente al agua para impedir que el agua se filtre en las capas base de las aceras y entradas de vehículos.

### **2.3.5 Suelo**

A menudo se menciona que el suelo es una colección de partículas inorgánicas y orgánicas, que no está bajo el control de ninguna organización. Pero en realidad, es una colección organizada definida y las propiedades cambian de forma "vectorial". En sentido vertical, sus propiedades suelen cambiar mucho más rápido que en sentido horizontal (Juárez & Rodríguez, 1975).

### **2.3.6 Evaluación del impacto ambiental**

El Impacto Ambiental se puede definir como una transformación en el medio ambiente que resulta indirecta o directamente de un estudio o actividad en un área en particular. Es decir, los impactos ambientales son los cambios del entorno debido a la influencia humana o natural (Espinosa, 2007).

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso administrativo de control ambiental de proyectos fundamentado en la realización de indagaciones técnicas o de impactos ambientales y operaciones con la participación de las comunidades y actores socioeconómicos, que culmina con una declaratoria o decisión del regulador ambiental. Estudiar los impactos ambientales del proyecto. La EIA se ha cambiado en una de las esenciales herramientas preventivas de la gestión ambiental; para que la comunidad disfrute de calidad ambiental (Orea & Villarino, 2013).

El sector de la construcción es reconocido como una de las fuentes más importantes de contaminación ambiental en el mundo, debido que tiene enormes efectos negativos sobre el medio ambiente, ya sea directa o indirectamente. La apertura de carreteras, como toda obra de infraestructura y actividad humana, genera impactos negativos en el medio ambiente, identificarlos y evaluarlos es importante para diseñar estrategias para evitar, minimizar y compensar este impacto. [15]. Ciertos factores que dañan el medio ambiente durante la elaboración de proyectos de infraestructura vial incluyen aquellos asociados a la generación de residuos fuertemente contaminantes (Agudelo et al., 2012). ; Conesa, 1997).

## 2.4 Bases filosóficas

Este proyecto de investigación considera el fundamento filosófico del desarrollo sostenible y medio ambiente.

"Se le solicita a la humanidad que identifique las necesidades de transformaciones de los estilos de vida, las producciones y los consumos para batallar este calentamiento, o al menos es provocado y amplificado por el hombre. Es una problemática global con grandes consecuencias económicas, ambientales, sociales de dispersión y políticas y es uno de los grandes retos contemporáneos que atraviesa la humanidad" (Papa Francisco, 2017).

"Los peores efectos podrían afectar a los países en desarrollo en los siguientes años. Una gran cantidad de individuos pobres habitan en áreas particularmente dañadas por el calentamiento global y protegen sus vidas. Depende en gran medida de la región y del servicio ecosistémico como la la pesca, agricultura y los recursos forestales" (Papa Francisco, 2017).

"Desafortunadamente, muchos esfuerzos por encontrar una solución concreta a las crisis ambientales fracasan no solo por el retroceso de quienes están en el poder, sino por la ausencia de interés de otros. Entre los creyentes. Comportamientos que incluso impiden el camino hacia la resolución van desde el no reconocimiento de la problemática, resignación cómoda, la indiferencia o confianza ciega en la resolución técnica Se necesita nueva solidaridad universal Todos somos Gracias a nuestra cultura, experiencia, iniciativa y capacidad, podemos trabajar juntos en nombre de Dios para cuidar de la creación" (Papa Francisco, 2017).

"Quien desarrolla la tecnología como complemento y mediador de la naturaleza ha construido una zona tecnológica adaptada a él antes que la biosfera. Uno de sus impactos más graves es el carácter irreversible de ese impacto. Hoy en día, el término "ecocidio" acuñado por Galtung es ampliamente aceptado para describir el estado de grave degradación de los ecosistemas y sus graves consecuencias. Este antecedente ha dado lugar a la fuerte creencia de que la tecnología por sí sola, organizada y desarrollada, no es suficiente para resolver los problemas que plantea su mero uso" (Sosa, 1990).

Los problemas ambientales no se pueden resolver con tecnologías cada vez más superiores. Este problema se resuelve cambiando la forma de pensar de la gente, y la ley es lo primero que se requiere para darle una forma determinada a esta nueva idea. La ley debe regular la intervención humana en el medio ambiente, fundamentalmente con el fin primordial de preservar los ecosistemas y con especial atención a los derechos de las generaciones futuras (Bordalí, 1995).

Como parte de eso, el discurso sobre el buen vivir tiene un potencial promisorio en la medida en que se lo considere como un diálogo con diversas miradas modernas en busca de un futuro sostenible, no como un eco nostálgico de un pasado lejano. En este sentido, brinda nuevos caminos a las necesarias reformas civilizatorias, suspende y al mismo tiempo continúa contribuyendo al desarrollo sostenible. Como una cosmología gigante ajena a la modernidad occidental, Smack Kausei es apenas comprensible en su verdadero sentido como componente del campo discursivo global del desarrollo o desarrollo sostenible (Vanhulst & Beling, 2013).

## **2.5 Bases epistemológicas**

El entorno como objeto tiene su propia base cognitiva según el positivismo, que deconstruye, corrige y objetiva todos los elementos del entorno, incluidas las propias personas. Los análisis que surgen de esta perspectiva se enfocan en la cuantificación, medición y contabilidad de un aspecto particular de un problema ambiental. Las medidas resultantes son herramientas bien conocidas, a menudo llamadas «soluciones de final de tubo». Por ejemplo, podemos citar medidas tomadas en economía, donde notamos la objetividad en el hecho de atribuir precios a los “recursos naturales” para su introducción en las reglas del mercado, desde el punto de vista neoclásico (Schmidheiny, 1992).

El medio ambiente como sistema encuentra su base cognitiva en la teoría de sistemas (Lilienfeld, 1984), que señala que las cosas no hay y no pueden analizarse individualmente, sino que forman parte de diferentes sistemas y, por lo tanto, deben tratarse externamente. Solo protege tus cosas. Refleja fundamentalmente su interconexión, pero podemos mencionar de positivismo de manera diferente (Eschenhagen, 2010).

Ambiente como objeto, que se fundamenta en una epistemología positivista, ambiente como sistema, que se fundamenta en una epistemología sistémica (no compleja adaptativa), y ambiente está relacionado a la crítica a esa visión predominante, que se fundamente en la complejidad y el saber ambiental (Eschenhagen, 2008).

La fundamentación epistemológica es un elemento que forma parte de la práctica científica para construir una forma de conocer el propósito de un estudio. Debido a que estos elementos no tienen la misma funcionalidad ni son del mismo tipo, se agrupan en las cinco clases o aspectos generales que componen la característica actual: los aspectos lógicos (lógica de identidad, lógica de diferencia, lógica dialectal), Separación Aspecto, Aspecto Metafísico, Aspecto Metodológico, Aspecto Tradicional (Gómez & Ríos Osorio, 2014)

En los viejos tiempos, las cosas y las personas se transportaban principalmente a pie o con una carga pesada, y había un amplio camino. “Civilizaciones clásicas como la de Oriente Medio y China, así como los imperios inca y maya, han dejado algunos testimonios históricos muy interesantes de la red vial. Algunos han logrado avances asombrosos” (Juárez & Rico, s.f.).

En el año 500 a. C. Darío el Grande ordenó la construcción de la primera red de carreteras, incluida la carretera real persa, además se utilizó durante el Imperio Romano. El Imperio Romano era bueno en las construcciones de carreteras. El incremento sostenible de la red de Vías Romanas, hasta 90.000 kilómetros construidos, se elaboró según un plan lógico. Por regla general, todas las carreteras importantes fueron construidas por y para el ejército, por lo que varias de ellas cruzaban territorio romano y conducían a territorio enemigo al otro lado de la frontera. Pero finalmente la gente pudo usarlos. El camino antiguo más famoso y probablemente el primero fue el 312 a.c. La Vía Apia, el camino que conecta Roma y Capua.

En la Edad Media, el transporte es muy primitivo y las carreteras son inestables. Las estructuras medievales ha sido un legado de las calzadas romanas, que ha recibido más atención desde el siglo XII. La movilidad mejorará después de 1000, cuando mejore la seguridad de los canales de comunicación. Durante estos viajes,



los ladrones pueden asaltar a los visitantes y tener que pagar muchas tarifas al cruzar áreas de buena reputación, por lo que las rutas realizables eran muy limitadas. Dado que los viajeros utilizaban animales para viajar, no recorría más de 60 kilómetros por día, por lo que tardaba unos 20 días en cruzar Francia, por ejemplo. El agua era más rápida, pero estos medios de comunicación eran más utilizados por las mercancías.

En el siglo XVI aparecieron grandes carretas con capacidades desde un segundo hasta cuatro toneladas y eran tirados por caballos o bueyes — que podían formar tripulaciones de hasta seis animales. En el siglo XVII, las construcciones y el equipamiento de las carreteras británicas dependían del gobierno local, un marco que provocaba distorsiones; Para remediarlo, los primeros caminos templados se establecieron en 1706 con la finalización de los costos de alimento de la vía (en 1844 algún disturbio provocó la salida de la orden saliente). En los albores del siglo XX, los caminos para carretas y carros estaban marcados por curvas cerradas, pendientes pronunciadas y superficies que liberaban polvo de los vehículos, y los peatones y automovilistas podían ponerse inmediatamente. En la década de 1930, en Alemania, se iniciaría la programación de un moderno programa terrestre compatible con la matriculación de vehículos denominado Autobahn, que se convertiría en el primer modelo de coche de la historia.

La conquista inca originó legítima sorpresa entre los españoles, quienes la encontraron en pleno funcionamiento. De los más de 7.000 kilómetros de residuos en la selva andina, unos 5.000 están cubiertos por Qhapaq Ñan<sup>6</sup>. Todos los posibles puntos de enfoque de la red de mendicidad para obtener una lista por área de intercepción. Esta excavadora toma la arboleda principal como la selva andina. Un dilema tecnológico llevó a la decisión de ser peatonal, ya que la entrada debía activar el tránsito de individuos, caravanas y séquitos, a menudo acompañadas por llamas que conduce a los pasajeros por caminos seguros y debidamente señalizados. La selva se corta verticalmente, sin desniveles gracias a las escaleras, sin valles gracias a los puentes, y permite "pasar" en los puntos de ingreso donde los macizos imponen soluciones a modo de túneles.

Debido a que los caminos sueltos equipados para adaptar carreteras que giran y nunca caminan es un dilema muy costoso para los países andinos incluido Perú, y se les informa que les gusta que el terreno del puente sea plano y preferiblemente horizontal; estos aspectos se han convertido en un factor que retrasa e impide la expansión de la política vial en nuestro país. Por eso la base de la transmisión mecánica del dinero, producto de la gran revolución industrial que invadió la innovación en el siglo XIX, llevó a la política de golpes terrenales basadas en el uso del automóvil. Esta es la nota en Perú (Lumbreras, s.f.).

## **2.6 Bases antropológicas**

La práctica experimental de la antropología no es esencialmente diferente de la de otras ciencias. Consiste en recrear fenómenos naturales previamente observados bajo condiciones controladas para estudiar sus causas y consecuencias. Considerar al ser humano como inmerso en un entorno biofísico-social y cultural dificulta establecer patrones de diferenciación debido a la gran cantidad de factores que intervienen y al potencial de su interacción (Oyhenart & Rossi, 2016).

Ante las crisis antropológicas, los métodos científicos resultan inadecuados y, como se explicó anteriormente, parece necesario que surjan nuevos paradigmas en la ciencia, ampliar los métodos o abolir sus limitaciones. La verdadera innovación es cómoda, más allá de los límites y más allá de los objetos: Espíritus (Vargas & Lecanda, 2014).

## **CAPÍTULO III**

### **SISTEMA DE HIPÓTESIS**

#### **3.1 Formulación de las hipótesis**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

“Los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses actúan favorablemente en la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas y que las mismas no causan impactos ambientales negativos con su aplicación”.

##### **3.1.2 Hipótesis específicas**

- a) “El impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz – 22x y Polyses, no generan contaminación en el suelo durante su aplicación en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas”.
- b) “El impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz – 22x y Polyses, no generan contaminación en el agua durante su aplicación en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas”.
- c) “Los resultados obtenidos en función de la generación de contaminantes y material particulado son favorables para establecer el nivel de los posibles impactos ambientales”.

#### **3.2 Operacionalización de variables**

Tabla 7 Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
<b><u>INDEPENDIENTE</u></b>  Los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses	Cantidad	Dosificación del estabilizante de suelo Enzima Pz-22xx 1lt/30 m <sup>3</sup>
		Dosificación del estabilizante de suelo Polyses 1kg/ m <sup>3</sup>
		Proporción de Suelo por intervenir m <sup>3</sup>
		Proporción de agua a utilizar m <sup>3</sup>
<b><u>DEPENDIENTE</u></b>  Impacto ambiental en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada.	Regularidad	El Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
	Integridad de la vía	El Índice de Condición en Vía No Pavimentada (ICVNP).
	grado de acidez	Potencial de Hidrogeno (PH)
	mide el material orgánico	Demanda química de oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L).
	dióxido de carbono	Carbono orgánico total (Loi %p/p)

Fuente. Elaboración propia

### 3.3 Definición operacional de las variables

Paralelamente a la recolección regular de muestras (7, 14, 21), la evaluación ambiental se realiza utilizando pruebas de velocidad de ascenso capilar y lixiviación. El lixiviado recolectado fue analizado para pH, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), carbono orgánico total (COT), biodegradabilidad y material particulado.

Al final de los 21 días, también se les realizó una prueba de lixiviado y se calculó el pH, la conductividad, la DBO, la DQO, el COT y la biodegradabilidad del lixiviado resultante. La superficie se pulió con un cepillo mecánico y la composición química del material suelto obtenido se midió mediante análisis de rayos por fluorescencia, XRF y análisis de tamaño de partículas.

Finalmente, los resultados obtenidos se evalúan según la composición del contaminante para determinar la magnitud del impacto ambiental

## CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO

### 4.1. **Ámbito**

- Departamento : Huánuco
- Provincia : Huánuco
- Distrito : Pillcomarca
- Localidad : Marabamba
- Latitud Sur : 09°56'30.1" S(inicio)-09°56'43.1" S (Fin)
- Latitud Oeste : 76°15'02.2" W (inicio)-76°16'16.6" (Fin)
- Altitud : 1920 msnm (inicia) 2,082 msnm (Fin)

Para mayor detalle, ver Anexo N° 09 – Plano Ubicación y Localización

### 4.2. **Tipo y nivel de investigación**

APLICADA, ya que busca generar conocimiento con la aplicación a los problemas presentados en la conservación de superficies de rodadura.

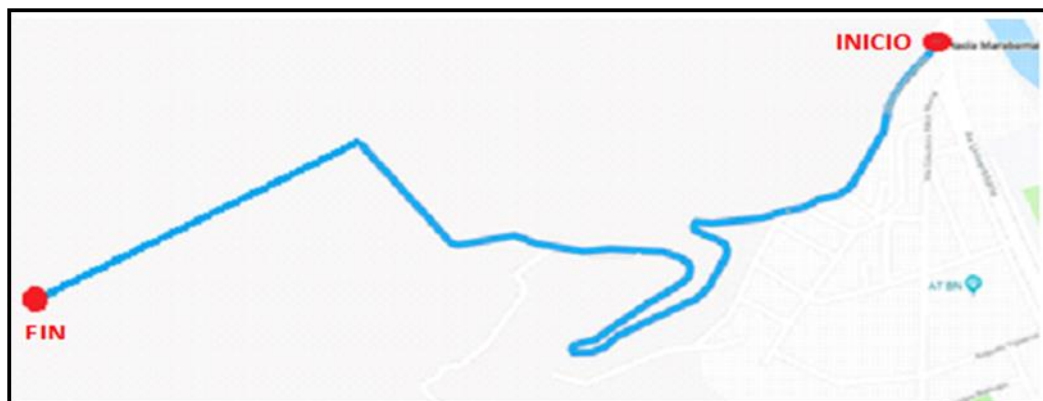
### 4.3. **Población y muestra**

#### 4.3.1. **Descripción de la población**

Se designó como población, el tramo de carretera no pavimentada que se encuentra ubicada en:

- Lugar : Carretera Huánuco – Loc. Marabamba
- Longitud :  $L = 3.00 \text{ km}$

Figura 12 Mapa departamental de la Región Huánuco



Fuente. Elaboración propia

Para obtener la muestra se efectuó prospecciones de carretera en tramos de longitud igual a 300 metros, cuya separación entre los tramos fue de 900 m (muestreo probabilístico sistemático).

Sobre las áreas de prueba se colocó una superficie de con los materiales seleccionados de cantera. Del lugar de toma de muestras para sus propias pruebas de laboratorio.

Tabla 8 Muestreo probabilístico sistemático de la carretera Huánuco

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Longitud Total	3,000.00 m
Longitud del tramo	300.00 m
Número de tramos "n"	3

Fuente. Elaboración propia

#### 4.3.2. Muestra y método de muestreo

- a) Muestreo probabilístico sistemático de la carretera (Ochoa, 2018)

El muestreo probabilístico sistemático se realiza de la manera siguiente:

Elaboramos un listado ordenado de N sujetos de la población, que será el marco muestral.

$$N = \frac{\text{Longitud total}}{\text{Longitud del tramo}} = 10$$

Fraccionamos el marco muestral en  $n$  bloques, donde  $n$  es el tamaño de muestra requerido. Las dimensiones de estas piezas serán:

$$K = N/n = 3.3$$

Donde  $K$  es el intervalo o coeficiente de elevación.

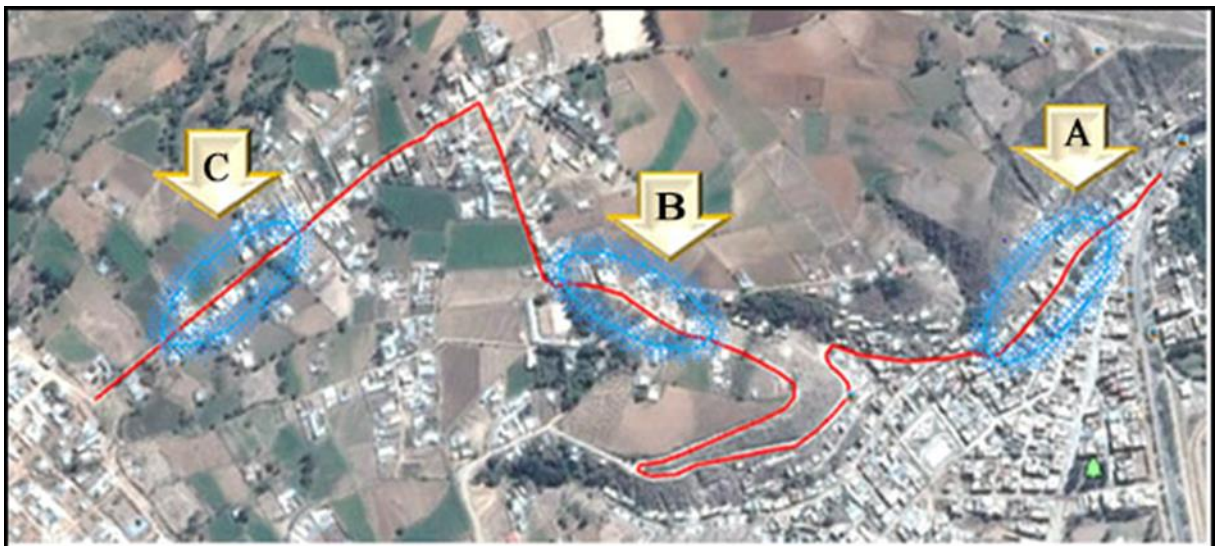
Número de inicio: Obtenemos un entero aleatorio  $A$  menor o igual al intervalo. Este número simbolizará la primera característica que elegimos muestrear del primer segmento de nuestra población segmentada.

$$A = 2$$

Selección de los  $n - 1$  individuos restantes: Las muestras subsiguientes se seleccionaron aleatoriamente, computacionalmente, de los fragmentos restantes, ya que estratificamos la muestra en las mismas posiciones que el intento inicial. Esto equivale a decir que escogeremos a sujetos.

- Tramo 1 = 2.00 Progresiva. 300 al 600
- Tramo 2 = 8.00 Progresiva. 1500 al 1800
- Tramo 3 = 14.00 Progresiva. 2700 al 3000

*Figura 13 Ubicación y disposición de los sectores de prueba*



*Fuente.* Elaboración propia



El deterioro superficial son las que se encuentran en la zona de estudio, sector A, B y C.

*Figura 14 Sector A de la carretera Huánuco - Marabamba*



*Fuente.* Elaboración propia

Este estudio se basa en evaluar el tamaño y la gravedad de los daños y reconocer siete situaciones y problemáticas típicas.

*Figura 15 Sector B de la carretera Huánuco - Marabamba*



*Fuente.* Elaboración propia

Los deterioros ocurren en diversas etapas, desde un desperfecto lento e inadvertido hasta un deterioro significativo que se manifiesta como un deterioro total del camino y requiere un rediseño o reparación del camino.

*Figura 16 Sector C de la carretera Huánuco - Marabamba*



*Fuente.* Elaboración propia

#### **4.3.3. Criterios de inclusión y exclusión**

Para obtener los 03 tramos (Sector Patrón, Enzimas Pz 22-x y Polyses), se verificó que cuenten con mayor deterioro superficial, fauna y a una distancia mínima de 100 m de la última vivienda.

#### **4.4. Diseño de investigación**

El diseño que se empleó según el nivel de medición y análisis de la investigación que se empleo fue:

- Experimental (aplicación de estabilizantes de suelos)
- Explicativo (Ambiental)

## **4.5. Técnicas e instrumentos**

### **4.5.1. Técnicas**

La técnica de investigación utilizada fue experimental, debido que se dio bajo un ambiente controlado y se llevó un registro de todo lo observado durante el proceso de investigación.

### **4.5.2. Instrumentos**

#### **4.5.2.1. Validación de los instrumentos para la recolección de datos**

- I. Instrumentos de recolección de información de trabajo de campo
  - Libreta de campo (Levantamiento topográfico).
  - Libreta de campo (Inspección Ambiental)
  - Formatos de recojo de datos IRI
  - Formatos de aforos vehiculares (Anexo 4 Formato MTC).
  - Formatos de muestreos probabilísticos sistemáticos (Anexo 5).
  - Perfiles estratigráficos de los suelos.
- II. Instrumentos de recolección de información de laboratorio
  - a) Guías de laboratorio
    - Método de prueba estándar para las determinaciones en laboratorio de los contenidos de agua (humedad) de suelos y rocas por masa (Anexo ASTM D 2216-98).
    - Métodos de ensayos estándar para: establecer la vinculación densidad-humedad de suelos y mezclas de suelo-agregado empleando un martillo de 4.54 kg (10lb) y una caída de 457 mm (18 pulgadas) (Anexo ASTM D 1557-78)
    - Método del análisis del tamaño de la partícula de suelo (Anexo ASTM D 422-63).
    - Métodos estándar de ensayo para: Limite plástico, limite líquido y el índice de plasticidad de los suelos (Anexo ASTM D 4318-05).
  - b) Instrumentos de laboratorio
    - Tamices.
    - Equipo Proctor

- Equipo Merlín.
- Equipo CBR

Se recolectaron datos, tales como folletos, revistas, periódicos, boletines y libros, se emplearon como fuentes para recoger datos sobre las variables de interés.

Observamos directamente las condiciones actuales del camino, la cantidad de carriles, la longitud del camino, el ancho del carril y el grado de deterioro (baches). La información de las observaciones directas fue seleccionada y organizada con base en el esquema general de trabajo de agrupamiento de materiales por tipo de vía. Para sistematizar y procesar los datos, utilice estadísticas descriptivas para obtener frecuencias y porcentajes específicos para cada elemento, luego aplique las metodologías del Índice Internacional de Rugosidad y el Índice de Condición de Caminos sin Pavimentar para obtener los resultados, que se muestran en formato tabular. Posteriormente, las carreteras sin pavimentar se trazaron en gráficos de barras y mapas para una mejor visualización, lo que hizo que los resultados fueran más fáciles de analizar e interpretar.

Para probar la hipótesis, se utilizará T - STUDENT para comparar la diferencia promedio en las diferencias de puntaje de la prueba.

#### **4.5.2.2. Confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos**

Para la validación y confiabilidad de los instrumentos utilizados, se realizó con el Equipo de Merlín, Analizador de Carbono Orgánico Total marca Tekmar Teledyne, Botellas winkler de 300 mL, Equipo Thermo ARL Optim'X WDXRF y Analizador de tamaño de partículas Mastersizer 2000.

#### **4.6. Técnica para el procesamiento y análisis de datos**

Una de las características más importantes de la investigación de estabilizadores de suelos es que la metodología utilizada para evaluar la conservación de la superficie rodante debe compararse para que pueda aplicarse a grandes áreas o un gran número de caminos sin pavimentar.

El primer paso en la evaluación de los estabilizantes de suelos para la conservación de la superficie de rodadura consiste en definir los tres tramos por

naturaleza y alcance, una vez definidos estos factores, aplicar los estabilizantes para luego comprarlos y de ahí es posible evaluar los estabilizantes de suelos para la conservación de la superficie de rodadura mediante una definición de variación del IRI y del ICVNP.

#### **4.6.1. Técnicas de aplicación**

Existen técnicas de aplicación para los estabilizantes que se usan en esta investigación:

- Las aplicaciones de superficie que normalmente se rocían incluyen rocíos de superficie después de que se haya formado las superficies. El tiempo de uso es corto y necesitan más aplicación para conseguir su efectividad.
- Para los empleos íntimos o mixtos en el sitio, los estabilizadores se mezclan con suelo previamente tratado en el campo usando un equipo especial.

Esta mezcla se hace en la cantera y luego se aplica a los campos.

Asimismo, la aplicación íntima se da cuando el material existente se escarifica o se colocan los materiales procesados de la cantera.

La metodología a utilizarse es de aplicaciones mezcladas insitu o aplicaciones íntimas.

##### **4.6.1.1. Evaluación del sector a aplicar**

Para examinar el empleo íntimo de los estabilizadores de suelo, se investigan escenarios con las mismas condiciones y se compara su efectividad.

###### a) Principios de selección

El impacto de las condiciones de las carreteras en los costos de operaciones de los vehículos es significativo. Estos costos, junto con unas condiciones de tráfico óptimas y carreteras en buen estado, se minimizan en terrenos rectos, llanos y sin problemas de tráfico. La presencia de imperfecciones superficiales, pendientes o curvatura inadecuada afecta estas condiciones. Por ello, el criterio de selección se selecciona en función de la forma y el tráfico de vehículos.

Los factores que afectan el mantenimiento de las carreteras son:

- Forma de la carretera (curvatura horizontal promedio y pendiente promedio),
- Impacto ambiental en carreteras (precipitación y elevación)
- Impacto del tráfico en las vías (flujo de vehículos) (Choque, 2018)

b) Geometría de la carretera

De acuerdo con el nivel especificado en "Seguridad en los estándares de forma de carretera de algunos países europeos", el grado de inclinación y curvatura se determina utilizando el procedimiento especificado en la publicación del Banco Mundial "Estimación de los costos operativos del vehículo".

- Pendiente Media: Definida como el número medio de metros de altura y profundidad recorridos por los vehículos que circulan por la vía en el tramo analizado. Se expresa en porcentaje (%) (m/km) (Del Río, 1999).

*Tabla 9 Inclinación media y su calificación*

INCLINACIÓN MEDIA (%)	CALIFICACIÓN
0 a 8	Llano
8 a 20	Ondulado
20 a 30	Accidentado
Mayor a 30	Montañoso

*Fuente.* (Del Río, 1999)

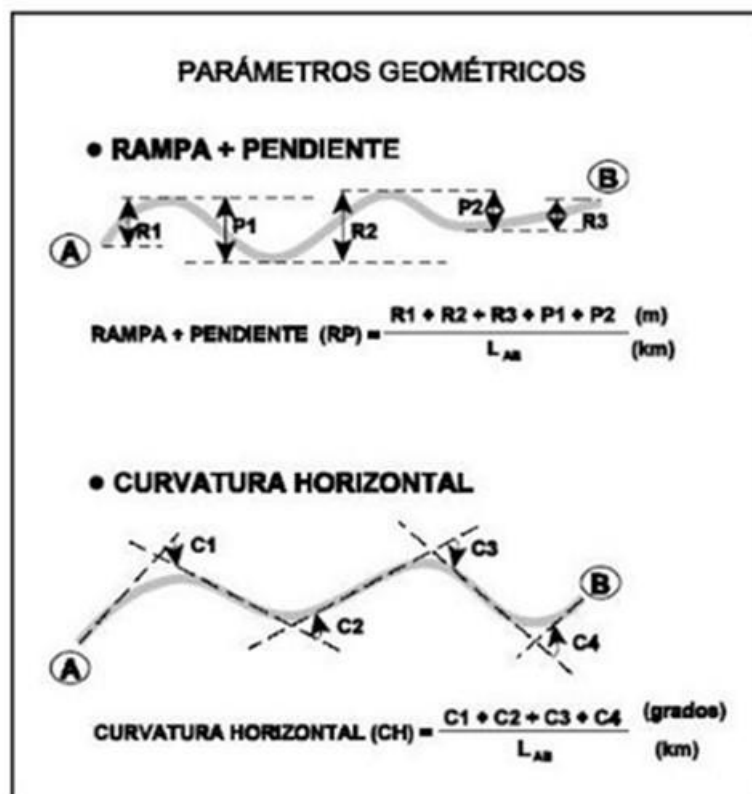
- Curvatura media: La curvatura horizontal análisis de trazado en planta y determinado como el valor medio de los ángulos entre las direcciones transversales que forma un vehículo en la vía a lo largo de su trayectoria. Se expresa en grados por kilómetro. El segmento de carretera se clasifica de acuerdo con la curvatura promedio como se muestra en la siguiente tabla (Del Río, 1999).

Tabla 10 Curvatura media y su clasificación

CURVATURA MEDIA	CALIFICACIÓN
0 a 25	Rectilíneo
25 a 50	Normal
50 a 75	Regular
Mayor a 75	Sinuoso

Fuente. (Del Río, 1999)

Figura 17 Esquema de cálculo del parámetro geométrico



Fuente. (Del Río, 1999)

- Acción del medio sobre la carretera: La altitud, el clima y la precipitación son los factores fundamentales que suelen afectar la degradación de las carreteras, así como el volumen de tráfico.

#### **4.6.1.2. Sectorización y aplicación**

Se realiza la sectorización considerando los dos ítems anteriores, en tres sectores de 300 metros distanciados cada 900 metros, obteniendo el sector A (Sin estabilizante de suelo), sector B (Enzima Pz-22x), sector C (Poly-Ses), seguidamente realizando la aplicación de los estabilizantes.

#### **4.6.1.3. Evaluación ambiental**

De manera paralela en la toma de muestras periódicas (7,14 y 21), las evaluaciones ambientales se realizaron mediante pruebas de exudación y tasas de ascenso capilar. En los lixiviados resultantes se midió el pH, la demanda química de oxígeno (DQO), el carbono orgánico total (TOC), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el análisis de polvo fino y biodegradable.

Al final de los 21 días, también se les realizó una prueba de lixiviado y se calculó el pH, la DBO, la DQO, el TOC, la conductividad y la biodegradabilidad del lixiviado resultante. La superficie se pulió con un cepillo mecánico y la composición química del material suelto obtenido se midió mediante análisis de rayos X fluorescentes, XRF y análisis de tamaño de partículas.

Finalmente, se evaluaron los resultados obtenidos en base a la formación de contaminantes para determinar el nivel de impacto ambiental que se produjo.

#### **4.7. Aspectos éticos**

La realización del actual estudio se hizo con el debido permiso del ingeniero creador y/o empresa fabricante, con el compromiso que los datos obtenidos en la investigación fueron concluyentes para las características del tipo de suelo utilizado y condiciones climáticas del lugar entre otras características. Al ejecutar la aplicación de los estabilizantes se consideró en tramos pequeños de 300 m por lo que se evitó realizar en los 3 km que contenía toda la carretera con la final de no afectar a la población habitante. El trabajo no dejó consecuencias negativas en los tramos utilizados, en cuanto a pérdidas ambientales. El manejo de los datos se realizó con la ética que exige este tipo de trabajo.



## CAPÍTULO V RESULTADOS

### 5.1. Análisis descriptivo

#### 5.1.1. Procesamiento de datos

Para evaluar las aplicaciones íntimas de los estabilizantes de suelo se buscó escenarios que tengan las mismas condiciones y de esa manera se pudo comparar la efectividad.

#### 5.1.2. Sectorización

Para pendiente media, puede agruparlos en cuatro variables, como se muestra en la Tabla 5.1. La curvatura media también se puede agrupar en cuatro variables, como se muestra en la Tabla No. 5.2.

*Tabla 11 Criterio para pendiente o inclinación media*

PENDIENTE MEDIA		
PENDIENTE MEDIA (%)	CALIFICACIÓN	VARIABLE
0 a 8	Llano	P1
8 a 20	Ondulado	P2
20 a 30	Accidentado	P3
Mayor a 30	Montañoso	P4

*Fuente.* (Del Río, 1999)

*Tabla 12 Criterio para curvatura media*

CURVATURA MEDIA		
CURVATURA MEDIA (GRADOS/KM)	CALIFICACIÓN	VARIABLE
0 a 25	Rectilíneo	C1
25 a 50	Normal	C2
50 a 75	Regular	C3
Mayor a 75	Sinuoso	C4

Fuente. (Del Río, 1999)

Como punto de inicio, establecimos las condiciones para seleccionar un sector con una curva por kilómetro. Esto se debe a que las mediciones de uniformidad de superficie (IRI) buscan los sectores más sinuosos de una manera que no distorsiona las mediciones. Las altitudes se agrupan en tramos, considerando como nivel de referencia los 2.000 m.s.n.m (porque el vehículo se eleva por encima de los 2.000 y los requerimientos operativos son altos) y el nivel de altitud. Como se muestra en la Tabla No.5.3.

Tabla 13 Criterio de altitudes

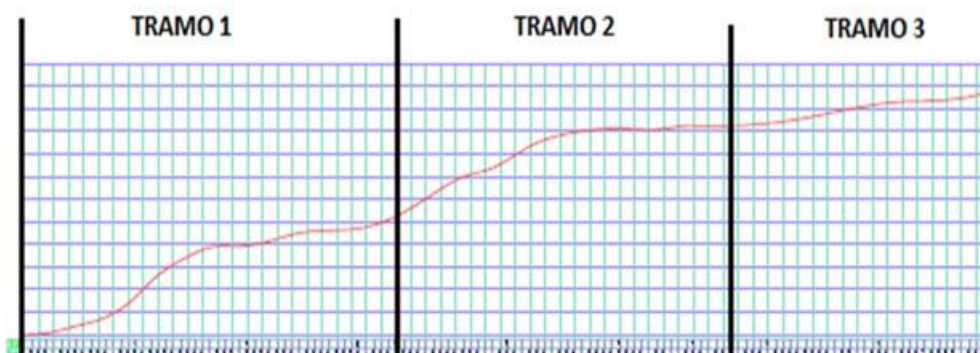
REGIONES	CALIFICACIÓN	VARIABLE
Yunga	De 500 a 2000	H1
Quechua	De 2000 a 3000	H2
Suni	De 3000 a 4000	H3
Puna	Mayores a 4000	H4

Fuente. (Del Río, 1999)

### 5.1.3. Procedimiento de selección

Mediante el perfil longitudinal y el muestreo probabilístico sistemático elaborado se pudo sectorizar, teniendo en cuenta la altura de 2040 msnm y los rangos consideradas de las altitudes.

Figura 18 Perfil longitudinal de la carretera en estudio



Fuente. Elaboración propia

Se alcanzaron 3 tramos que se partitionaron en subtramos de la siguiente manera:

*Tabla 14 Tramos seleccionados*

TRAMOS	LONGITUD	PROGRESIVA	
	DEL TRAMO	Km INICIO	Km FINAL
1	300	0+000	0+300
2	300	0+300	0+600
3	300	0+600	0+900
4	300	0+900	1+200
5	300	1+200	1+500
6	300	1+500	1+800
7	300	1+800	2+100
8	300	2+100	2+400
9	300	2+400	2+700
10	300	2+700	3+000

*Fuente.* Elaboración propia

Se juntaron sectores de longitudes de 0+300 kilómetros con su respectiva pendiente media (P.M), curvatura media (C.M), altura media (A.M) y las cantidades de curvas por cada 0+300 kilómetros. Posteriormente se ubicaron los sectores que tengan la menor cantidad de curvas. (Cuadro N° 5.5).

*Tabla 15 Sectorización resultante*

Progresiva		Pendiente Media (%/km)	Variable	Curvatura Media (°/km)	Variable	A.M (m/km)
Km INICIO	Km FINAL					
0+000	0+300	50.59	P4	18.67	C1	1922.21
0+300	0+600	306.66	P4	85.33	C4	1951.22
0+600	0+900	137.99	P4	69.67	C3	1982.46
0+900	1+200	171.81	P4	107.33	C4	1995.82
1+200	1+500	47.86	P4	48.00	C2	2014.48
1+500	1+800	20.59	P3	42.67	C2	2026.87
1+800	2+100	64.92	P4	31.33	C2	2041.95
2+100	2+400	55.88	P4	75.33	C4	2067.84

2+400	2+700	63.66	P4	26.33	C2	2076.29
2+700	3+000	50.66	P4	23.33	C1	2084.11

Fuente. Elaboración propia

En cada subtramo se investigaron las condiciones siguientes:

*Tabla 16 Sector con mayor pendiente*

Tramo	Progresiva		Pendiente	Curvatura
2	0+300	0+600	P4	C4

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 17 Sector con menor pendiente*

Tramo	Progresiva		Pendiente	Curvatura
6	1+500	1+800	P3	C2

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 18 Sector con mayor curvatura*

Tramo	Progresiva		Pendiente	Curvatura
4	0+900	1+200	P4	C4

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 19 Sector con menor curvatura*

Tramo	Progresiva		Pendiente	Curvatura
1	0+000	0+300	P4	C1

Fuente. Elaboración propia

Las precipitaciones son de origen geomorfológico y los valores fluctúan entre un promedio de 114 mm (1.947 msnm). No hay gran diferencia en toda la vía.

Altitud	Precipitación máxima Mensual
1947.00 m.s.n.m	114.00 mm

Fuente. Elaboración propia

De los 10 sectores evaluados se escogieron el sector con resultados mas desfavorables:

- Precipitaciones acumuladas mensuales es 114 mm, con 1947 msnm de altitud.
- Curvaturas normales para efectos de las mediciones del IRI (Índice de Rugosidad Internacional).
- Pendiente Montañoso.

#### 5.1.4. Resultados de selección

Se eligió los sectores siguientes con las características siguientes:

- Pendiente media (m/km): Montañoso.
- Curvatura media (grado/km): Normal
- Altitud: mayor a los 1947 msnm.
- Progresiva: Entre los kilómetros Prog. 0+300 a Km 0+600, Prog. 1+500 al 1+800, Prog. 2+700 al 3+000.
- Ancho de calzada: 4.5 metros en promedio.

*Figura 19 Ubicación de sectores*



*Fuente.* Elaboración propia

#### 5.1.5. Descripción de los sectores

La estabilización de suelos se llevó a cabo como parte del concepto de intercambio de introducción de materiales en el área designada como sector de prueba. El ancho promedio de la pista de prueba es de 5,0 metros, alcanzando los 4,5 metros en algunos lugares. El acabado superficial de la capa laminada es regular, pero existe el problema de que se genera polvo cuando un vehículo grande de varias toneladas

circula por el lugar de la prueba. Los canalones están sucios y deben limpiarse a fondo, al igual que las alcantarillas existentes.

La temperatura sube de 9:00 a 15:00 en la estación seca, luego sopla el viento y la temperatura desciende gradualmente. En invierno, las temperaturas descienden y las precipitaciones se vuelven más seguidas.

### 5.1.6. Estudio de cantera

#### a) Ubicación

Localizada a la altura del Km 1+000 de la carretera central ruta nacional Huánuco - Lima; desde el ingreso al penal de potracanCHA.

*Figura 20 Ubicación de cantera*



*Fuente.* Elaboración propia

#### b) Potencia

Esta cantera presenta una potencia de 10,000 m<sup>3</sup> aproximadamente con un rendimiento del 70%.

#### c) Requerimientos

Los materiales extraídos de cantera deben efectuar con los requisitos siguientes de acuerdo con las normas técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC EG200): El agregado utilizado para construir la carretera debe cumplir con uno de los siguientes rangos de grado:

Tabla 20 Usos granulométricos AASHTO M-147

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA	
	A-1	A-2
50 mm ( 2" )	100	-----
37.5 mm ( 1½" )	100	-----
25 mm ( 1" )	90 - 100	100
19 mm ( ¾" )	65 - 100	50-100
9.5 mm ( 3/8" )	45 - 80	65-100
4.75 mm ( N° 4 )	30 - 65	50-85
2.0 mm ( N° 10 )	22 - 52	33-67
4.25 mm (N° 40 )	15 - 35	20-45
75 mm (N° 200 )	5 – 20	5-20

Fuente. (MTC, 2014)

Asimismo, deben cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
  - Equivalente de Arena: 20% mín. ( MTC E 114 )
  - Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" ( 2.5 mm )
  - Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
  - CBR (1) : 40% mín. (MTC E 132)
  - Índice de Plasticidad: 4 - 9 (MTC E 111)
- d) Ensayos de laboratorio

Se toman muestras de la cantera y se envían para su análisis en el laboratorio de mecánica de suelos.

Se elaboraron los ensayos siguientes:

- Límite de Consistencia (MTC E-110,MTC E-111/ASTM D-4318)

- Granulometría (MTC E-107/ASTM D-422)
- Ensayo de durabilidad
- California Bearing Ratio CBR
- Ensayo de equivalente de arena
- Contenido de Humedad (MTC E-108/ASTM D-2216)
- Proctor Modificado

e) Resultado

Se analizaron las muestras de la cantera potracancho y se obtuvieron los siguientes resultados:

- Desgaste de los Ángeles: OK ( $22\% < 50\%$ )
- Límite Líquido: OK ( $29.14 < 35\%$ )
- Índice de Plasticidad: OK ( $4 < 9.21 < 9$ )
- CBR: OK ( $80\% > 40\%$ )
- Otros resultados:
- El suelo es grava limo arcilloso bien graduada.
- La humedad óptima es de 6.79%
- La densidad máxima seca es de 2.252 gr/cm<sup>3</sup>
- Granulometría

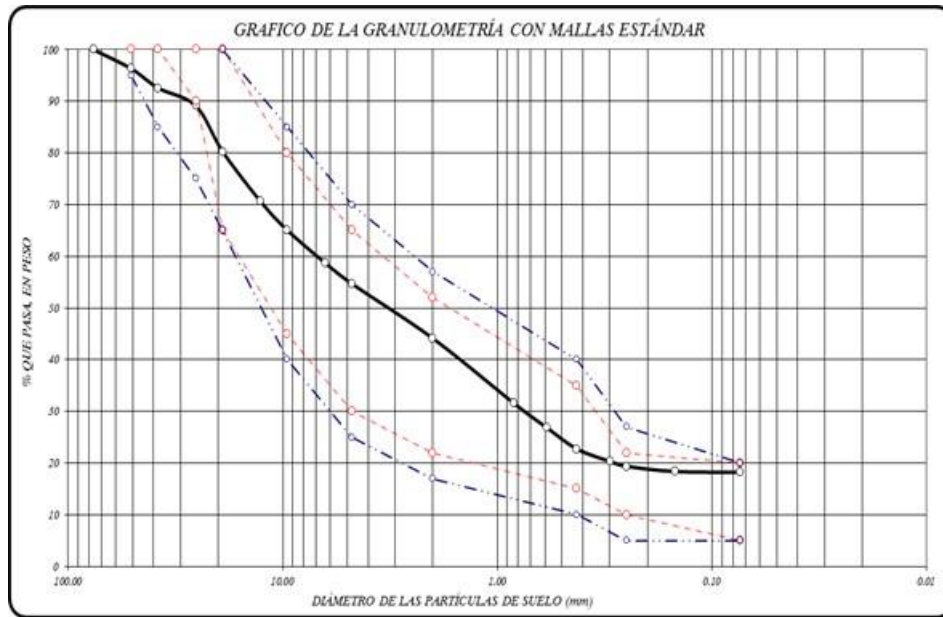


Tabla 21 Resultados de laboratorio

TAMIZ	DIÁMETRO	PESO	%	% RETENIDO	% QUE
No	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	PASA
			PARCIAL		
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	299.10	3.70	3.70	96.30
1 1/2"	38.100	301.40	3.73	7.43	92.57
1"	25.400	281.10	3.48	10.91	89.09
3/4"	19.050	715.40	8.85	19.76	80.24
1/2"	12.700	777.30	9.62	29.37	70.63
3/8"	9.525	451.10	5.58	34.95	65.05
1/4"	6.350	512.70	6.34	41.29	58.71
No 4	4.760	324.90	4.02	45.31	54.69
No 10	2.000	854.20	10.57	55.88	44.12
No 20	0.840	1012.30	12.52	68.40	31.60
No 30	0.590	383.30	4.74	73.14	26.86
No 40	0.426	334.50	4.14	77.28	22.72
No 50	0.297	197.80	2.45	79.73	20.27
No 60	0.250	73.50	0.91	80.64	19.36
No 100	0.149	80.30	0.99	81.63	18.37
No 200	0.074	13.60	0.17	81.80	18.20
CAZOLETA	0.000	1471.40	18.20	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>8083.90</b>	<b>100.00</b>		

Fuente. Elaboración propia

Figura 21 Curva granulométrica del suelo de la cantera



Fuente. Elaboración propia

### 5.1.6.1. Producción y transporte de material de afirmado

#### a) Ubicación

Localizada a la altura del Km 1+000 de la carretera central ruta nacional Huánuco - Lima; desde el ingreso al penal de potracanCHA. Presenta una potencia de 10,000 m<sup>3</sup> relativamente con una eficiencia del 70%.

#### b) Equipos

Para la fabricación de afirmado de los siguientes equipos se utilizó: Una retroexcavadora, una de capacidad en el cucharón de 0.21 m<sup>3</sup> y lampón 1m<sup>3</sup>.

Para el transporte de los materiales afirmado se usaron: un volquete de capacidad de 15 metros cúbicos cada uno.

#### c) Instalación de zaranda

Se empleó una zaranda mecánica que constaba de varillas de acero dispuestas de modo que solo las partículas de menos de 2 pulgadas de tamaño pasaran a través de ellas.

El plan de suelo anterior ha sido evaluado para las áreas donde se depositará el material tratado. Como zona de aplicación y tras algunas pruebas, es posible fijar el ángulo de inclinación del vibrador a  $55^\circ$  para que el material caiga correctamente. La siguiente imagen muestra la composición obtenida en una zaranda.

*Figura 22 Colocación de zaranda en cantera*



*Fuente.* Elaboración propia

*Figura 23 Acondicionamiento de material procesado*



*Fuente.* Elaboración propia

#### d) Proceso de zarandeo

Instalamos equipos en el sitio y realizamos trabajos de mezcla en la cantera. La retroexcavadora separa el material del banco, luego se mueve para sacudir los materiales y finalmente transporta los materiales y lo carga en un camión de volteo. Transporte de materiales de superficie

La cubierta terminada es transportada por un volquete y colocada en el sitio en un lado del riel.

Este proceso tomó 5 días. Se ha tenido mucho cuidado para garantizar la seguridad de los materiales almacenados en la plataforma.

### 5.1.6.2. Fuentes de aguas

#### a) Ubicación

Se han identificado dos fuentes de agua cerca del sitio de prueba ubicada en la siguiente progresiva:

*Tabla 22 Ubicación de las fuentes de agua*

KM	CÓDIGO
2+300	FA1
2+950	FA2

*Fuente.* Elaboración propia

#### b) Análisis de laboratorio

*Tabla 23 Resultado de laboratorio de las fuentes de agua*

RESULTADOS		
KM	CÓDIGO	PH
2+300	FA1	7.10
2+950	FA2	7.00

*Fuente.* Elaboración propia

### 5.1.7. Proceso constructivo sin estabilizante de suelo (SECTOR A)

La siguiente información estuvo disponible en campo para determinar esta información con el fin de hacer el cálculo al momento de calcular las cantidades de agua requerida para el perfilado por entrada de material.

- Volumen del suelo (m<sup>3</sup>)=L\*A\*h
- L (m)= longitud
- A (m)=ancho
- h (m)=espesor

- Máxima densidad seca MDS (g/cm<sup>3</sup>) y Óptimo Contenido de Humedad OCH (%) del ensayo del Proctor modificado.
  - Humedad del suelo w<sub>n</sub> (%).
- a) Preparación del terreno

El procedimiento de estabilización se hizo con materiales de préstamo de la cantera.

Para la compresión se consideró un espesor máximo de 20 cm y un espesor mínimo de 7,5 cm, ya que es necesario construir dos capas a partir de un espesor de 20 cm para lograr una compresión suficiente.

Las superficies existentes se humedecieron anticipadamente con un relleno antes del perfilado.

b) Preparación de la dosificación de agua

En cuanto al cálculo del agua, se realiza según el siguiente procedimiento (Fuente de agua usado km 2+300).

*Tabla 24 Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H*

DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO	
Longitud (m)	300.00
Ancho (m)	4.50
Espesor (m)	0.20
Volumen suelo suelto (m <sup>3</sup> ) 25% esponjamiento	337.50
Volumen suelo compactado (m <sup>3</sup> )	270.00
Máxima Densidad Seca MDS* (gr/cm <sup>3</sup> )	2.252
Óptimo Contenido de Humedad OCH*(%)	6.79
Contenido de Humedad Insitu (%)	10.12
Agua (%)	1.18
AGUA PARA HUMEDAD OPTIMA	

Agua para llegar al O.C.H. (litros)	10050
-------------------------------------	-------

Fuente. Elaboración propia

c) Pruebas in situ

Para encontrar la humedad normal in situ, se realizó una prueba de carburo de calcio (MTC E 126-2000). Obtuvo una humedad normal en lugar del 10,12%.

d) Mezclado y homogenización

En esta etapa, es necesario reequilibrar el polvo fino y otros aditivos.

Considere la velocidad de la motoniveladora, el ángulo vertical de la hoja (a través del eje de la carretera) y el ángulo de ataque correcto.

Después de humedecer el sector sin estabilizador, se mezcló la cantidad requerida y se reprocesó hasta que todo el suelo quedó uniforme. Para obtener mejores resultados, se planificó calcular el caudal (2000 galones) del tanque utilizado para mezclar los materiales.

A una velocidad de 10 KMH, la ruta se crea con una pendiente positiva y el resultado es:

- Día de prueba: 09 de Noviembre 2021
- Hora de Prueba: 09:20 am

Tabla 25 Cálculo del gasto de la cisterna

CALCULO DEL CAUDAL DE AGUA		
Velocidad de la cisterna constante ( $V_c$ )=	0.12	m/Seg
Tiempo que demora en descargar el agua a la $V_c$ = constante (T)=	1800	Seg
Distancia lineal que descarga la cisterna el agua (D) =	350	mt
Ancho efectivo de regado (A) =	3	mt
Área de salida de la cisterna =	0.2	mt
Caudal de descarga (Q) =	0.024	m <sup>3</sup> /Seg

Fuente. Elaboración propia

e) Conformación y perfilado

Después de humedecer y homogeneizar el material de mezcla, se forma la plataforma mediante una inyección del 2%.

Posteriormente se perfiló con los mismos materiales ubicados en obra con las mismas cantidades de pasadas requeridas hasta lograr su uniformidad.

f) Compactación

Conforme la motoniveladora esta se comprime teniendo en cuenta que debe alcanzar O.C.H (Optimo contenido de humedad) datos obtenidos de las pruebas de humedad in situ con Speedy. Utilice un rodillo vibro – compactadores. Solo requieren cuatro pasadas.

Para la etapa final, el rodillo funciona sin vibraciones, evitando así el agrietamiento excesivo de la superficie debido al rápido secado. La superficie ha sido lijada hasta obtener un acabado suave y resistente al agua.

**5.1.8. Proceso constructivo con Enzima pz -22x (SECTOR B)**

Para crear cuentas en el cálculo de la cantidad de estabilizante, la siguiente información está disponible en el sitio para determinar la proporción requerida:

- Volumen del suelo (m<sup>3</sup>)=L\*A\*h
- L (m)= longitud
- A (m)=ancho
- h (m)=espesor

Máxima densidad seca MDS (g/cm<sup>3</sup>) y Óptimo Contenido de Humedad OCH (%) del ensayo del Proctor modificado.

Humedad del suelo w<sub>n</sub> (%).

Dosificación y/o rendimiento del estabilizante a emplear.

a) Preparación de la dosificación del estabilizante

Conforme con las especificaciones de los fabricantes se emplearán la dosificación siguiente: Enzimático =1litro/30m<sup>3</sup>, para calcular el agua se elaboró acorde con el procedimiento siguiente:

*Tabla 26 Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H*

REQUERIMIENTO	
% de Limo y Arcilla (finos mayores al 18%)	18.20
Indice de Plasticidad IP* (entre 4 y 10)	9.21
PH** agua (entre 5.5 a 8)	7.45
DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO	
Longitud (m)	300
Ancho (m)	4.5
Espesor (m)	0.2
Volumen suelo suelto (m <sup>3</sup> )	305.1
Volumen suelo compactado (m <sup>3</sup> )	270
MDS* (kg/m <sup>3</sup> )	2.252
OCH*(%)	6.79
insitu***(%)	10.12
Agua (%)	1.18
AGUA PARA HUMEDAD OPTIMA	
Agua para llegar al O.C.H. (litros)	10050
Cantidad de aditivo (litros )	9
Agua (litro)	9000
Agua a agregar (litros)	1050
Agua total a usar	10050

*Fuente.* Elaboración propia



La mezcla se creó utilizando el movimiento de succión del agua cuando el acuario se alimentaba a la fuente de agua. El líquido es biodegradable, por lo que el manejo estuvo bien.

b) Proceso de aplicación del sello superficial

Conforme las recomendaciones del fabricante, en la situación de los productos enzimáticos, indica que el 100% del líquido se administró al suelo. Cuando se completó, solo se dirigió agua ligera a la superficie.

c) Pruebas in situ

Se realizó una prueba de carburo de calcio (MTC E 1262000) para medir el contenido de agua natural en el lugar. Se obtuvo como 10,12% de humedad natural in situ.

d) Mezclado y homogenización

En esta etapa es necesario lograr un fino equilibrio que se restablece junto con otros agregados. Consideren las velocidades de la motoniveladora, el ángulo vertical de la hoja (a través del eje de la carretera) y el ángulo de ataque correcto.

Dependiendo de la cantidad de material, esto se puede hacer en dos pasos. El primero es mezclar y esparcir, y el segundo sirve como base para mezclar. Se humedeció, luego se mezcló y reprocesó en la cantidad requerida hasta que todo el suelo quedó uniforme.

e) Compactación

A medida que la motoniveladora esparcía el material, el material se comprimía considerando que tenía que cumplir con O.C.H (contenido de humedad óptima), que es el dato obtenido de pruebas rápidas de humedad en el sitio. Con un rodillo vibratorio, solo se requieren de 2 a 4 pasadas.

En la etapa final, los rodillos se corrieron sin vibraciones, evitando excesivas grietas en las superficies originadas por el secado rápido.

La superficie es plana y tiene un aspecto liso y sellado. La superficie necesitaba ser ligeramente humedecida.

f) Proceso de curado

La vía tratada con el enzimático se curó normalmente de 48 a 72 horas. Se apertura el pase en la noche del mismo día de la aplicación.

Recuerde que, en climas secos, el camino puede estar despejado de inmediato y las condiciones húmedas pueden incrementar el tiempo de secado.

### 5.1.9. Proceso constructivo con Polyses (SECTOR C)

Para determinar los cálculos en el cálculo de las cantidades de estabilizante se cuenta con la información siguiente en el sitio de trabajo para establecer las proporciones requeridas:

- Volumen del suelo (m<sup>3</sup>) =L\*A\*h
  - L (m)= longitud
  - A (m)=ancho
  - h (m)=espesor
  - Máxima densidad seca MDS (g/cm<sup>3</sup>)
  - Óptimo Contenido de Humedad OCH (%) del ensayo del Proctor modificado.
  - Humedad del suelo w<sub>n</sub> (%).
  - Dosificación y/o rendimiento del estabilizante.
- a) Preparación de la dosificación del estabilizante

Conforme con las especificaciones del fabricante se emplearán la siguiente dosificación:

Polyses =1Kg/10m<sup>3</sup> (Dosificación recomendada por el fabricante para el alto volumen de tráfico)

Para el cálculo de agua se elaboró conforme con el procedimiento siguiente:

Tabla 27 Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H

REQUERIMIENTO	
% finos mayores al 18%	18.20
IP* (entre 4 y 10)	9.21
PH** agua (entre 5.5 a 8)	7.45
DOSIS RECOMENDADA	
Tráfico Pesado (kg/m2)	0.1
Primera aplicación (75%) Kg/m3	0.75
Segunda aplicación (25%) Kg/m3	0.25
DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO	
Longitud (m)	300
Ancho (m)	4.5
Espesor (m)	0.2
Volumen suelo suelto (m3)	337.5
Volumen suelo compactado (m3)	270
MDD* (kg/m3)	2.252
OCH*(%)	6.79
Insitu***(%)	10.12
Agua (%)	1.18
AGUA PARA HUMEDAD OPTIMA	
Agua para llegar al O.C.H. (litros)	10050
Cantidad de aditivo (litros )	270
Agua (litro)	270
Agua a agregar (litros)	9780
Agua total a usar	10050

Fuente. Elaboración propia

La mezcla se creó utilizando el movimiento de succión del agua cuando el acuario se alimentaba a la fuente de agua. El líquido es biodegradable, por lo que el manejo estuvo bien.

b) Pruebas in situ

Se realizó una prueba de carburo de calcio (MTC E 126-2000) para medir el contenido de agua natural en el lugar. Se obtuvo como 10,12% de humedad natural in situ.

c) Mezclado y homogenización

En esta etapa es necesario lograr un fino equilibrio que se restablece junto con otros agregados. Considere las velocidades de la motoniveladora, el ángulo vertical de la hoja (a través del eje de la carretera) y el ángulo de ataque correcto.

Dependiendo de la cantidad de material, esto se puede hacer en dos pasos. El primero es mezclar y esparcir, y el segundo sirve como base para mezclar. Luego se humedeció hasta la cantidad requerida, se mezcló y reprocesó hasta que todo el suelo quedó uniforme.

d) Conformación y perfilado

Luego de humedecer y mezclar los materiales para lograr homogeneidad, se bombeó la plataforma al 2%, se aplicó el mismo material en el sitio y se perfiló, y se realizó el número de pasadas requeridas hasta obtener un acabado uniforme.

e) Compactación

A medida que la motoniveladora esparcía el material, el material se comprimía considerando que tenía que cumplir con O.C.H (contenido de humedad óptimo), que es el dato obtenido de pruebas rápidas de humedad en el sitio.

Con un rodillo vibratorio, solo se requieren de 2 a 4 pasadas. En la etapa final, los rodillos se corrieron sin vibraciones, evitando excesivas grietas en las superficies originadas por el secado rápido. La superficie es plana y tiene un aspecto liso y sellado. La superficie necesitaba ser humedecida.

## f) Proceso de aplicación de un sello superficial

conforme con las recomendaciones de los fabricantes, el 75% del líquido se vertió en el piso y el 25% restante se vertió en forma de sello utilizando un tanque.

## g) Proceso de curado

Con Polyses, la liberación al tráfico es instantánea y no requiere reparación.

**5.1.10. Frecuencia de Medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)**

La información siguiente estaba disponible en el sitio para establecer las proporciones requeridas para hacer el cálculo al momento de calcular la cantidad de estabilizador.

## a) Sistema de monitoreo sin estabilizante (Sector A)

Se programaron cuatro mediciones para rugosidad, se crean tres caminos para cada carril en cada sector de prueba, y los resultados son los siguientes:

✓ Primer Monitoreo: 14/12/2021 al 16/12/2021

*Tabla 28 Resultados del primer monitoreo IRI- Sector sin estabilizante*

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.(m/km)	
A	DERECHO	5.69	4.64	4.48
		4.52		
		3.72		
	IZQUIERDO	3.41	4.32	
		4.63		
		4.92		

Fuente. Elaboración propia

✓ Segundo Monitoreo: 15/01/2022 al 17/01/2022

*Tabla 29 Resultados del segundo monitoreo IRI- Sector sin estabilizante*

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.
--------	--------	-----	-----------

A	DERECHO	5.69	5.7	5.80
		5.69		
		5.71		
	IZQUIERDO	5.83	5.89	
		5.89		
		5.96		

Fuente. Elaboración propia

✓ Tercer Monitoreo: 15/02/2022 al 17/02/2022

*Tabla 30 Resultados del tercer monitoreo IRI- Sector sin estabilizante*

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.	
A	DERECHO	6.12	6.35	6.19
		6.05		
		6.89		
	IZQUIERDO	5.91	6.02	
		6.02		
		6.13		

Fuente. Elaboración propia

✓ Cuarto Monitoreo: 08/03/2022 al 10/03/2022

*Tabla 31 Resultados del cuarto monitoreo IRI- Sector sin estabilizante*

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.	
A	DERECHO	15.54	15.43	15.47
		15.23		
		15.52		
	IZQUIERDO	15.51	15.50	
		15.47		
		15.43		

Fuente. Elaboración propia

## b) Sistema de monitoreo con enzima pz-22x (Sector B)

Se programaron cuatro mediciones para la rugosidad y la frecuencia de mediciones, de los cuales se hicieron tres (03) pasadas por carril en los sectores de prueba, donde cada monitoreo se realizó después de un mes respectivamente, iniciando con el primer monitoreo el 14/12/2021 y culminando con el cuarto monitoreo el 10/03/2022, obteniendo los resultados como se muestra a continuación:

## ✓ Primer Monitoreo: 14/12/2021 al 16/12/2021

Tabla 32 Resultados del primer monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.(m/km)	
B	DERECHO	2.82	3.31	3.23
		3.26		
		3.84		
	IZQUIERDO	3.62	3.15	
		2.95		
		2.88		

Fuente. Elaboración propia

## ✓ Segundo Monitoreo: 15/01/2022 al 17/01/2022

Tabla 33 Resultados del segundo monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.	
B	DERECHO	3.30	3.70	3.60
		3.87		
		3.92		
	IZQUIERDO	3.76	3.50	
		3.57		
		3.18		

Fuente. Elaboración propia

✓ Tercer Monitoreo: 15/02/2022 al 17/02/2022

*Tabla 34 Resultados del tercer monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x*

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.	
B	DERECHO	4.18	4.29	4.10
		4.22		
		4.46		
	IZQUIERDO	3.99	3.90	
		4.05		
		3.67		

Fuente. Elaboración propia

✓ Cuarto Monitoreo: 08/03/2022 al 10/03/2022

*Tabla 35 Resultados del cuarto monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x*

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.	
B	DERECHO	11.56	11.57	11.53
		11.61		
		11.53		
	IZQUIERDO	11.52	11.49	
		11.48		
		11.46		

Fuente. Elaboración propia

### c) Sistema de monitoreo con Polyses (Sector C)

Se programó las 4 mediciones para la rugosidad y frecuencia de mediciones, de los cuales se hicieron tres (03) pasadas por cada carril en cada sector de prueba, donde cada monitoreo se realizó después de un mes respectivamente, iniciando con el primer monitoreo el 14/12/2021 y culminando con el cuarto monitoreo el 10/03/2022, obteniendo los resultados como se muestra a continuación.



✓ Primer Monitoreo: 14/12/2021 al 16/12/2021

*Tabla 36 Resultados del primer monitoreo IRI- Sector Polyses*

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.(m/km)	
C	DERECHO	3.18	2.87	2.84
		2.47		
		2.96		
	IZQUIERDO	2.44	2.81	
		3.38		
		2.61		

Fuente. Elaboración propia

✓ Segundo Monitoreo: 15/01/2022 al 17/01/2022

*Tabla 37 Resultados del segundo monitoreo IRI- Sector Polyses*

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.	
C	DERECHO	3.18	3.40	3.26
		2.47		
		2.96		
	IZQUIERDO	2.44	3.12	
		3.38		
		2.61		

Fuente. Elaboración propia

✓ Tercer Monitoreo: 15/02/2022 al 17/02/2022

*Tabla 38 Resultados del tercer monitoreo IRI- Sector Polyses*

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.	
C	DERECHO	3.67	3.90	3.68
		4.06		
		3.97		

	IZQUIERDO	3.17	3.46	
		3.91		
		3.29		

Fuente. Elaboración propia

✓ Cuarto Monitoreo: 08/03/2022 al 10/03/2022

Tabla 39 Resultados del cuarto monitoreo IRI- Sector Polyses

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM.	
C	DERECHO	3.96	4.41	4.23
		4.55		
		4.72		
	IZQUIERDO	3.19	4.04	
		4.86		
		4.07		

Fuente. Elaboración propia

### 5.1.11. Medición del Índice de Condición de Vías No Pavimentadas (ICVNP)

#### a) Sistema de monitoreo sin estabilizante (Sector A)

En el área donde no hay estabilizante, el mayor inconveniente en el campo fue el establecimiento de baches. La información se recopila en paralelo con la medida de rugosidad.

Se toma como referente el Catálogo de Fallas del Banco Mundial y el Catálogo Centroamericano de Fallas en Pavimentos, y se desarrollan los fundamentos siguientes de medición y luego se cuantifican utilizando el Índice de Acondicionamiento del Asfalto.

Tabla 40 Criterios de medición

PROFUNDIDAD		DIÁMETROS PROMEDIO BACHE (cm)		
		MENOR A 30	30-70	MAYOR A 70
B	Menor a 2.5 cm	B	B	M
M	Entre 2.5 a 5.0 cm	B	M	A
A	Mayor a 5.0 cm	M	M	A

Fuente. Catálogo de fallas

- ✓ Primer Monitoreo: 14/12/2021 al 16/12/2021

No se evidenció ningún bache en el sector patrón.

- ✓ Segundo Monitoreo: 15/01/2022 al 17/01/2022

No se evidenció ningún bache en el sector patrón.

- ✓ Tercer Monitoreo: 15/02/2022 al 17/02/2022

Presencia de 66 baches, siendo los más frecuentes de profundidad promedio de 2.13 cm. Y diámetro promedio de 40 cm.

*Tabla 41 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
1.23	0.07	0.09
0.80	0.23	0.34
1.60	0.36	0.58
1.18	0.63	0.74
2.50	0.47	1.18

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 42 Diámetro promedio de baches – Nivel Medio*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
2.51	0.32	0.80
0.90	0.70	0.63
3.80	0.69	2.62
5.31	0.45	2.39
6.89	0.51	3.51

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 43 Diámetro promedio de baches – Nivel Alto*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
2.60	0.73	1.90
2.70	0.70	1.89

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 44 Tercer monitoreo – Sector A (sin estabilizante)*

TRAMOS CADA 60 M	B (cm <sup>2</sup> )	M (cm <sup>2</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	TOTAL (cm <sup>2</sup> )	B	M	A
1	0.09	0.80	0.00	0.89	9.68 %	90.32 %	0.00 %
2	0.34	0.63	0.00	0.97	35.32 %	64.68 %	0.00 %
3	0.58	2.62	0.00	3.20	18.01 %	81.99 %	0.00 %
4	0.74	2.39	1.90	5.03	14.78 %	47.50 %	37.73 %
5	1.18	3.51	1.89	6.58	17.86 %	53.41 %	28.73 %
TOTAL =				16.6711			

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 45 ICVNP – Sector A (sin estabilizante)*

Área (m <sup>2</sup> )	Severidad	K	D (cm <sup>2</sup> )	VDT	q	ICVNP	Índice
300	90.32 % M	10.76	3	50	3	69	BUENO
300	64.68 % M	10.76	3	52	3	67	BUENO
300	81.99 % M	10.76	11	88	3	45	REGULAR
300	47.50 % M	10.76	18	88	3	45	REGULAR
300	53.41 % M	10.76	24	88	3	45	REGULAR

Fuente. Elaboración propia

✓ Cuarto Monitoreo: 08/03/2022 al 10/03/2022

Se evidencia 248 baches en el cual se ubica con mayor periodicidad baches de profundidad promedio 2.80 cm. y diámetro promedio de 61 cm.

Se evidencia la existencia de alta severidad, después de cinco meses la reacción del sector patrón es alta.

*Tabla 46 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
1.84	0.11	0.20
1.20	0.67	0.80
2.43	0.62	1.51
1.92	0.70	1.34
2.50	0.65	1.63

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 47 Diámetro promedio de baches – Nivel medio*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
3.43	0.61	2.09
1.86	1.20	2.23
4.30	0.70	3.01
5.76	0.70	4.03
2.50	0.47	1.18

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 48 Diámetro promedio de baches – Nivel alto*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00
2.53	0.70	1.77
0.00	0.00	0.00
4.20	0.98	4.12
2.90	0.72	2.09

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 49 Cuarto monitoreo – Sector A (sin estabilizante)*

TRAMOS CADA 60 M	B (cm <sup>2</sup> )	M (cm <sup>2</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	TOTAL (cm <sup>2</sup> )	B	M	A
1	0.20	2.09	0.00	2.29	8.82 %	91.18 %	0.00 %
2	0.80	2.23	1.77	4.81	16.73 %	46.43 %	36.84 %
3	1.51	3.01	0.00	4.52	33.36 %	66.64 %	0.00 %
4	1.34	4.03	4.12	9.49	14.16 %	42.48 %	43.36 %
5	1.63	5.98	2.09	9.69	16.77 %	61.68 %	21.55 %
TOTAL =				30.7993			

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 50 ICVNP – Sector A (sin estabilizante)*

Área (m <sup>2</sup> )	Severidad		K	D (cm <sup>2</sup> )	VDT	q	ICVNP	Índice
300	91.18 %	M	10.76	8	80	3	50	REGULAR
300	46.43 %	M	10.76	17	88	3	45	REGULAR
300	66.64 %	M	10.76	16	88	3	45	REGULAR
300	43.36 %	A	10.76	34	110	3	26	DEFICIENTE
300	61.68 %	M	10.76	35	88	3	45	REGULAR

Fuente. Elaboración propia

b) Sistema de monitoreo con enzima pz-22x (Sector B)

El sector con enzima pz-22x evidenció menores fallas en relación al sector patrón. La información se recopiló paralelamente con la medida de la rugosidad.

Se tomó como referente el Catálogo de Fallas del Banco Mundial y el Catálogo Centroamericano de Fallas en Pavimentos Viales y se establecieron los siguientes fundamentos de medición y luego se cuantificó con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.

*Tabla 51 Criterios de medición*

PROFUNDIDAD		DIÁMETROS PROMEDIO BACHE (cm)		
		MENOR A 30	30-70	MAYOR A 70
B	Menor a 2.5 cm	B	B	M
M	Entre 2.5 a 5.0 cm	B	M	A
A	Mayor a 5.0 cm	M	M	A

*Fuente.* Catálogo de fallas

- ✓ Primer Monitoreo: 14/12/2021 al 16/12/2021

No se evidenció ningún bache en el sector patrón.

- ✓ Segundo Monitoreo: 15/01/2022 al 17/01/2022

No se evidenció ningún bache en el sector patrón.

- ✓ Tercer Monitoreo: 15/02/2022 al 17/02/2022

Se evidenció 21 baches. Se ubicó en su mayor parte baches de profundidad de 0.65 cm en promedio y diámetro de 0.37 cm y. Se halla la existencia en los últimos 30 metros un estado de severidad media.

*Tabla 52 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.12	0.25	0.03
0.26	0.33	0.09
1.30	0.18	0.23
0.22	0.51	0.11
0.32	0.22	0.07

*Fuente.* Elaboración propia

*Tabla 53 Diámetro promedio de baches – Nivel medio*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
2.12	0.80	1.70
0.08	0.76	0.06
2.53	0.35	0.89
0.15	0.72	0.11
0.06	0.74	0.04

*Fuente.* Elaboración propia

*Tabla 54 Diámetro promedio de baches – Nivel alto*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
2.61	0.72	1.88
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00

*Fuente.* Elaboración propia



Tabla 55 Tercer monitoreo – Sector B (enzima pz-22x)

TRAMOS CADA 60 M	B (cm2)	M (cm2)	A (cm2)	TOTAL (cm2)	B	M	A
1	0.03	1.70	0.00	1.73	1.74 %	98.26 %	0.00 %
2	0.09	0.06	0.00	0.15	58.53 %	41.47 %	0.00 %
3	0.23	0.89	1.88	3.00	7.80 %	29.53 %	62.67 %
4	0.11	0.11	0.00	0.22	50.95 %	49.05 %	0.00 %
5	0.07	0.04	0.00	0.11	61.32 %	38.68 %	0.00 %
TOTAL =				5.2063			

Fuente. Elaboración propia

Tabla 56 ICVNP – Sector B (enzima pz-22x)

Área (m2)	Severidad	K	D (cm2)	VDT	q	ICVNP	Índice	
300	98.26 %	M	10.76	6	68	5	65	BUENO
300	58.53 %	B	10.76	1	18	5	92	EXCELENTE
300	62.67 %	A	10.76	11	110	5	43	REGULAR
300	50.95 %	B	10.76	1	18	5	92	EXCELENTE
300	61.32 %	B	10.76	0	2	5	98	EXCELENTE

Fuente. Elaboración propia

✓ Cuarto Monitoreo: 08/03/2022 al 10/03/2022

Presencia de 37 baches. Se localizó en su mayor parte baches de profundidad de 0.99 cm en promedio y diámetro de 53 cm. En los últimos 15m se halla 1 bache de un nivel alto.

*Tabla 57 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.29	0.63	0.18
1.38	0.55	0.76
1.45	0.28	0.41
0.23	0.60	0.23
0.46	0.45	0.21

*Fuente.* Elaboración propia

*Tabla 58 Diámetro promedio de baches – Nivel medio*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
2.60	0.90	2.34
0.12	0.78	0.09
2.55	0.46	1.17
0.23	1.01	0.23
2.42	0.97	2.35

*Fuente.* Elaboración propia

*Tabla 59 Diámetro promedio de baches – Nivel alto*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
2.90	1.30	3.77
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00

*Fuente.* Elaboración propia

Tabla 60 Cuarto monitoreo – Sector B (enzima pz-22x)

TRAMOS CADA 60 M	B (cm2)	M (cm2)	A (cm2)	TOTAL (cm2)	B	M	A
1	0.18	2.34	0.00	2.52	7.24 %	92.76 %	0.00 %
2	0.76	0.09	0.00	0.85	89.02 %	10.98 %	0.00 %
3	0.41	1.17	3.77	5.35	7.59 %	21.93 %	70.48 %
4	0.23	0.23	0.00	0.46	49.53 %	50.47 %	0.00 %
5	0.21	2.35	0.00	2.55	8.10 %	91.90 %	0.00 %
TOTAL =				11.739			

Fuente. Elaboración propia

Tabla 61 ICVNP – Sector B (enzima pz-22x)

Área (m2)	Severidad		K	D (cm2)	VDT	q	ICVNP	Índice
300	92.76 %	M	10.76	9	85	5	55	REGULAR
300	89.02 %	B	10.76	3	68	5	68	BUENO
300	70.48 %	A	10.76	19	110	5	45	REGULAR
300	50.47 %	M	10.76	2	39	5	85	MUY BUENO
300	91.90 %	M	10.76	9	85	5	55	REGULAR

Fuente. Elaboración propia

### c) Sistema de monitoreo con Polyses (Sector C)

El sector con Polyses evidenció menores fallas que el sector patrón. Se hizo la recopilación de información paralelamente con la medida de la rugosidad.

Tomando como referente el Catálogo de Fallas del Banco Mundial y el Catálogo Centroamericano de Fallas en Pavimentos Viales, donde se establecieron los siguientes fundamentos de medición y luego se cuantificó con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.

*Tabla 62 Criterios de medición*

PROFUNDIDAD		DIÁMETROS PROMEDIO BACHE (cm)		
		MENOR A 30	30-70	MAYOR A 70
B	Menor a 2.5 cm	B	B	M
M	Entre 2.5 a 5.0 cm	B	M	A
A	Mayor a 5.0 cm	M	M	A

*Fuente.* Catálogo de fallas

- ✓ Primer Monitoreo: 14/12/2021 al 16/12/2021

No se evidenció ningún bache en el sector patrón.

- ✓ Segundo Monitoreo: 15/01/2022 al 17/01/2022

No se evidenció ningún bache en el sector patrón.

- ✓ Tercer Monitoreo: 15/02/2022 al 17/02/2022

Se evidenció 8 baches. Se localizó en su mayor parte baches de profundidad de 9 cm en promedio y diámetro de 11 cm y. No se halló baches de un nivel alto.

*Tabla 63 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.14	0.27	0.04
0.28	0.22	0.06
0.09	0.13	0.01
0.10	0.25	0.03
0.17	0.09	0.02

*Fuente.* Elaboración propia

*Tabla 64 Diámetro promedio de baches – Nivel medio*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00
0.58	0.71	0.41
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 65 Diámetro promedio de baches – Nivel alto*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 66 Tercer monitoreo – Sector C (Polyses)*

TRAMOS CADA 60 M	B (cm <sup>2</sup> )	M (cm <sup>2</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	TOTAL (cm <sup>2</sup> )	B	M	A
1	0.04	0.00	0.00	0.04	100.00 %	0.00 %	0.00 %
2	0.06	0.41	0.00	0.47	13.01 %	86.99 %	0.00 %
3	0.01	0.00	0.00	0.01	100.00 %	0.00 %	0.00 %
4	0.03	0.00	0.00	0.03	100.00 %	0.00 %	0.00 %

5	0.02	0.00	0.00	0.02	100.00 %	0.00 %	0.00 %
TOTAL =				0.5632			

Fuente. Elaboración propia

Tabla 67 ICVNP – Sector C (Polyses)

Área (m2)	Severidad		K	D (cm2)	VDT	q	ICVNP	Índice
300	100.00 %	B	10.76	0	3	5	90	EXCELENTE
300	86.99 %	M	10.76	2	27	5	85	MUY BUENO
300	100.00 %	B	10.76	0	3	5	90	EXCELENTE
300	100.00 %	B	10.76	0	3	5	90	EXCELENTE
300	100.00 %	B	10.76	0	3	5	90	EXCELENTE

Fuente. Elaboración propia

✓ Cuarto Monitoreo: 08/03/2022 al 10/03/2022

Se evidenció 23 baches. Se localizó en su mayor parte baches de profundidad de 21 cm en promedio y diámetro de 24 cm. No se halló baches de un nivel alto.

Tabla 68 Diámetro promedio de baches – Nivel bajo

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm2)
0.22	0.37	0.08
0.30	0.24	0.07
0.12	0.17	0.02
0.22	0.37	0.08
1.16	0.15	0.17

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 69 Diámetro promedio de baches – Nivel medio*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.12	0.73	0.09
0.62	0.75	0.47
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
0.23	0.81	0.31

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 70 Diámetro promedio de baches – Nivel alto*

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	B (cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 71 Cuarto monitoreo – Sector C (Polyses)*

TRAMOS CADA 60 M	B (cm <sup>2</sup> )	M (cm <sup>2</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	TOTAL (cm <sup>2</sup> )	B	M	A
1	0.08	0.09	0.00	0.17	48.17 %	51.83 %	0.00 %
2	0.07	0.47	0.00	0.54	13.41 %	86.59 %	0.00 %
3	0.02	0.00	0.00	0.02	100.00 %	0.00 %	0.00 %
4	0.08	0.00	0.00	0.08	100.00 %	0.00 %	0.00 %
5	0.17	0.31	0.00	0.48	36.11 %	63.89 %	0.00 %
TOTAL =				1.2896			

Fuente. Elaboración propia

*Tabla 72 ICVNP – Sector C (Polyses)*

Área (m2)	Severidad		K	D (cm2)	VDT	q	ICVNP	Índice
300	51.83 %	M	10.76	1	25	5	86	EXCELENTE
300	86.59 %	M	10.76	2	39	5	83	MUY BUENO
300	100.00 %	B	10.76	0	5	5	98	EXCELENTE
300	100.00 %	B	10.76	0	5	5	98	EXCELENTE
300	63.89 %	M	10.76	2	45	5	78	MUY BUENO

*Fuente.* Elaboración propia

### **Análisis y organización de datos**

#### a) Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

##### 1. Progreso del deterioro por sector de prueba

Al tener el resultado final en cada área de prueba, se puede determinar el desarrollo de degradación para cada campo de prueba.

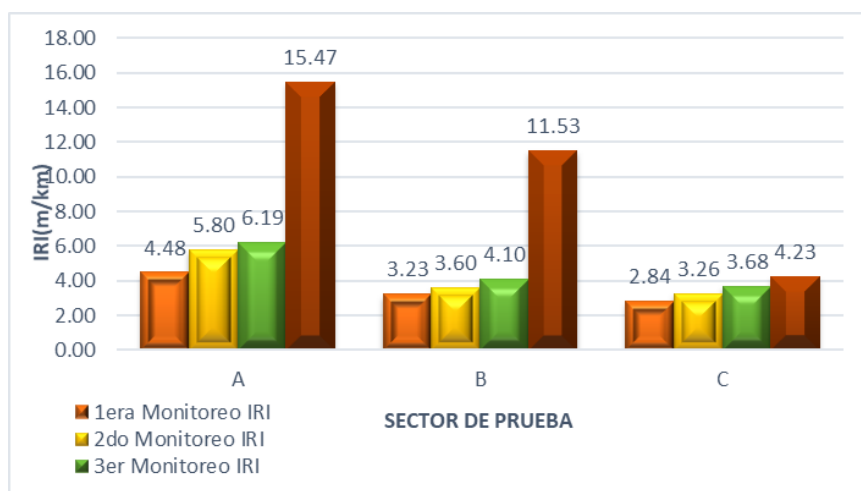
*Tabla 73 Resumen de los resultados del IRI en cada sector de prueba*

SECTOR	1era MONITOREO IRI	2do MONITOREO IRI	3er MONITOREO IRI	4to MONITOREO IRI	Estado
A	4.48	5.80	6.19	15.47	Mal
B	3.23	3.60	4.10	11.53	Regular
C	2.84	3.26	3.68	4.23	Muy buen

*Fuente.* Elaboración propia



Figura 24 Resumen de los resultados de IRI

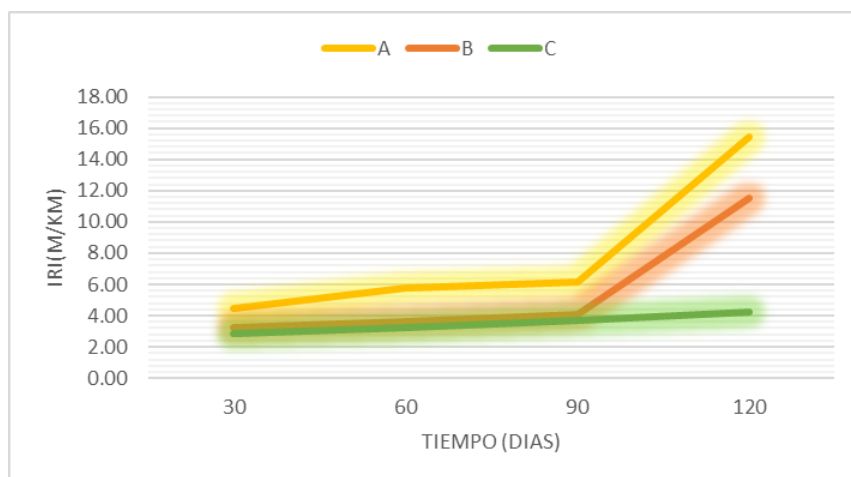


Fuente. Elaboración propia

## 2. Progreso del deterioro por sector de prueba

En el gráfico siguiente se evidencia cómo aumenta la rugosidad con el tiempo.

Figura 25 Progreso del deterioro por sector de prueba



Fuente. Elaboración propia

### 3. Variaciones en cada monitoreo

*Tabla 74 Datos del IRI de acuerdo con los monitoreos realizados*

FECHA MONITOREO	TIEMPO (DÍAS)	IRI (m/km)		
		A	B	C
14/12/21 - 16/12/21	30	4.48	3.23	2.84
15/01/22 - 17/01/22	60	5.80	3.60	3.26
15/02/22 - 17/02/22	90	6.19	4.10	3.68
08/03/22 - 10/03/22	120	15.47	11.53	4.23

Fuente. Elaboración propia

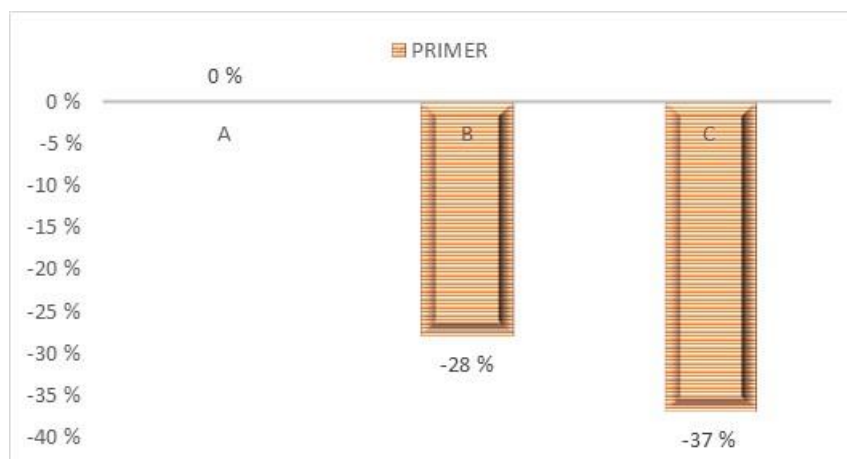
Estos gráficos evidencian, en comparación con la primera medición del sector patrón, el desarrollo de degradación (%) en cada campo al que se usaron estabilizantes de suelo.

*Tabla 75 Resumen de las variaciones del IRI por cada monitoreo.*

N° DE MONITOREO	IRI (m/km)		
	A	B	C
PRIMER	0 %	-28 %	-37 %
SEGUNDO	29 %	-20 %	-27 %
TERCER	38 %	-9 %	-18 %
CUARTO	254%	157%	-6 %

Fuente. Elaboración propia

*Figura 26 Variación del IRI en el primer monitoreo*



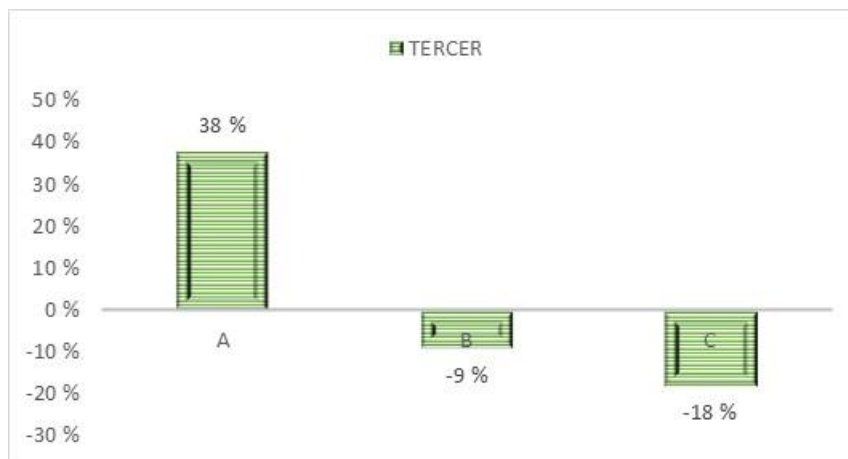
Fuente. Elaboración propia

*Figura 27 Variación del IRI en el segundo monitoreo*



Fuente. Elaboración propia

*Figura 28 Variación del IRI en el tercer monitoreo*



Fuente. Elaboración propia

*Figura 29 Variación del IRI en el cuarto monitoreo*



Fuente. Elaboración propia

Donde:

*Tabla 76 Leyenda de casa sector*

LEYENDA	
A	Sector sin estabilizante
B	Sector con Enzima pz-22x
C	Sector con Poly-Ses

Fuente. Elaboración propia

#### 4. Progresión de rugosidad

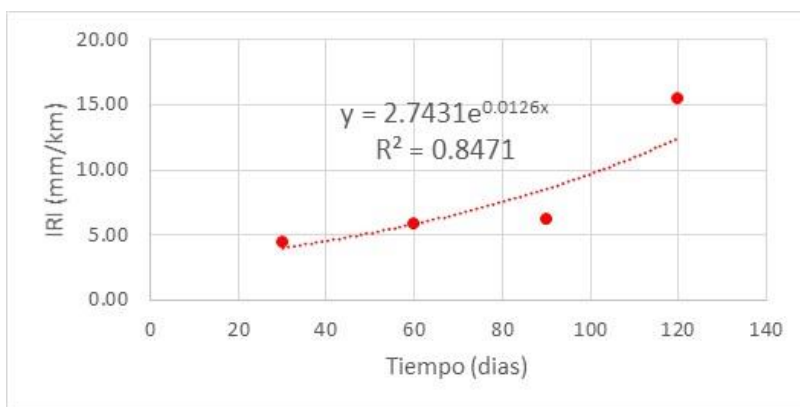
- Sector A

*Tabla 77 Datos del IRI en el sector A*

SECTOR A		
FECHA MONITOREO	TIEMPO (DÍAS)	IRI (m/km)
09/11/2021	EXPERIMENTO	
14/12/21 - 16/12/21	30	4.48
15/01/22 - 17/01/22	60	5.80
15/02/22 - 17/02/22	90	6.19
08/03/22 - 10/03/22	120	15.47

Fuente. Elaboración propia

*Figura 30 Curva de deterioro para el sector A*



Fuente. Elaboración propia

Entonces:

Se desarrolla la regresión no lineal:

Ecuación =  $2.7431e^{0.0126x}$  ..... (a)

$R^2 = 0.8148$

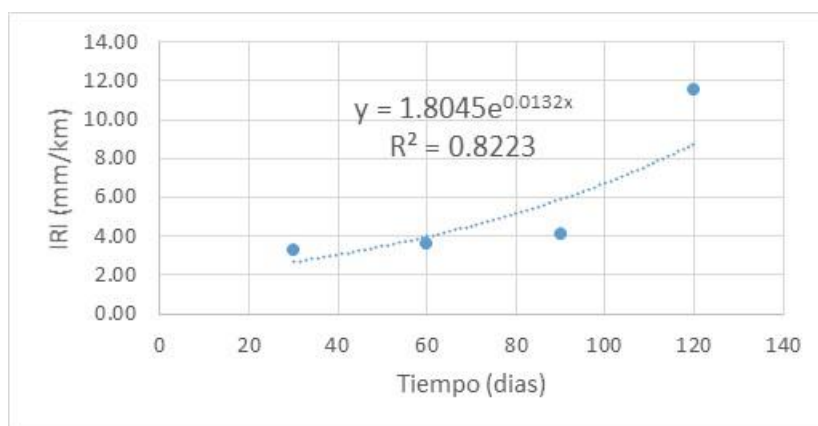
- Sector B

*Tabla 78 Datos del IRI en el sector B*

SECTOR B		
FECHA MONITOREO	TIEMPO (DÍAS)	IRI (m/km)
09/11/2021	EXPERIMENTO	
14/12/21 - 16/12/21	30	3.23
15/01/22 - 17/01/22	60	3.60
15/02/22 - 17/02/22	90	4.10
08/03/22 - 10/03/22	120	11.53

Fuente. Elaboración propia

*Figura 31 Curva de deterioro para el sector B*



Fuente. Elaboración propia

Entonces:

Se desarrolla la regresión no lineal:

Ecuación =  $1.8045e^{0.0132x}$ ..... (b)

$R^2 = 0.7543$

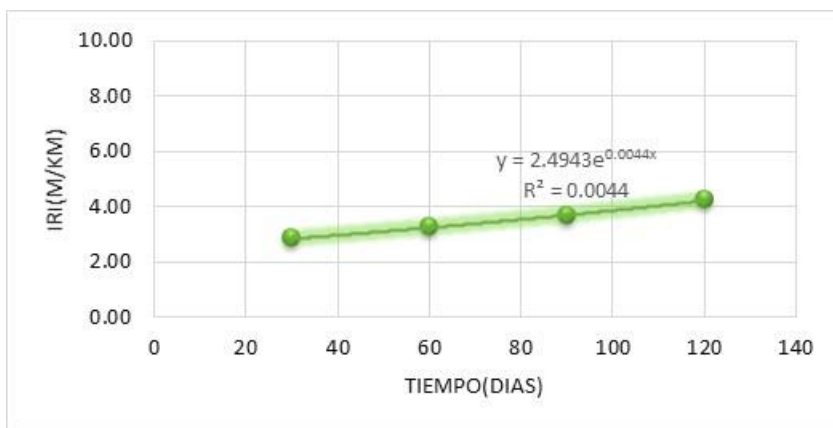
- o Sector C

Tabla 79 Datos del IRI en el sector C

SECTOR C		
FECHA MONITOREO	TIEMPO (DÍAS)	IRI (m/km)
09/11/2021	EXPERIMENTO	
14/12/21 - 16/12/21	30	4.48
15/01/22 - 17/01/22	60	5.80
15/02/22 - 17/02/22	90	6.19
08/03/22 - 10/03/22	120	15.47

Fuente. Elaboración propia

Figura 32 Curva de deterioro para el sector C



Fuente. Elaboración propia

Entonces:

Se desarrolla la regresión no lineal:

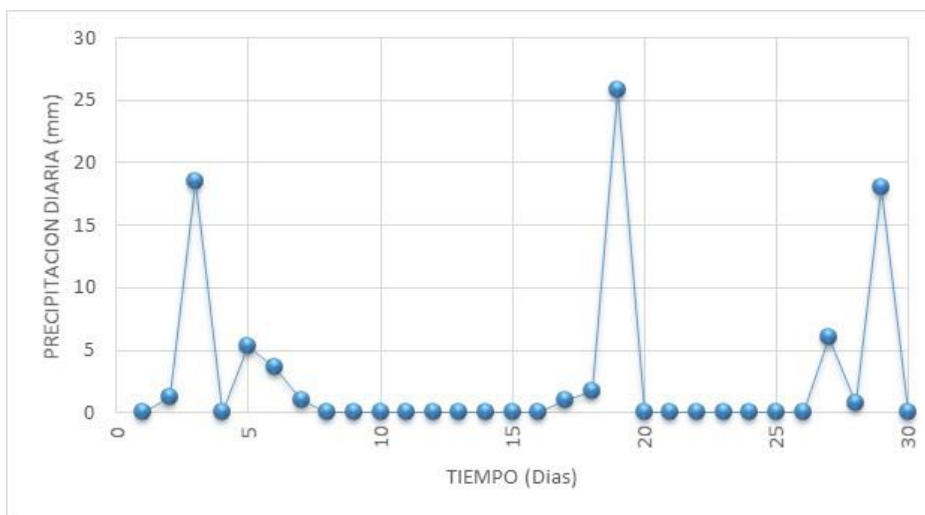
Ecuación =  $2.4943e^{0.0044x}$ ..... (c)

$$R^2 = 0.0044$$

### 5. Progresión de precipitaciones

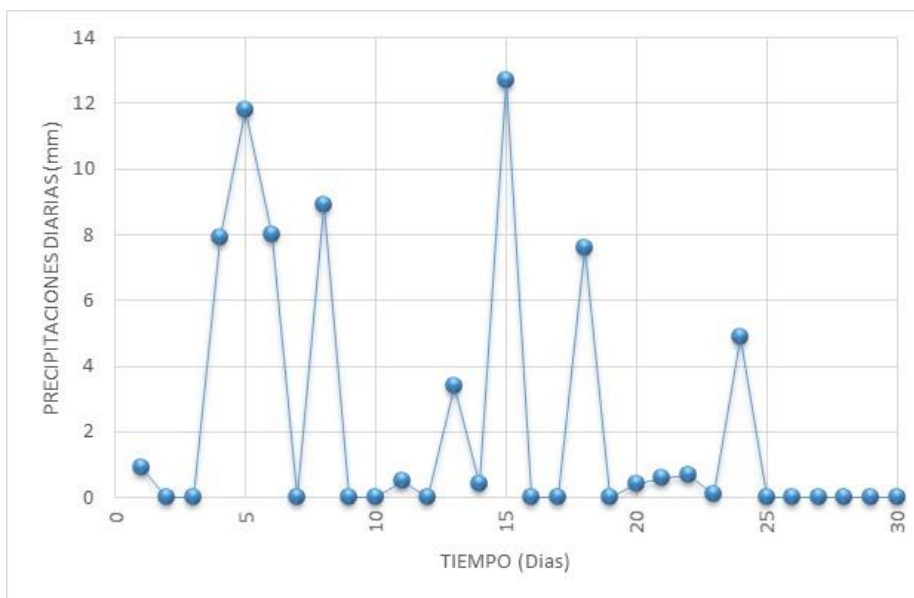
Por medio del SENAMHI se consiguió la precipitación en cada mes (desde diciembre hasta marzo), relativa al tiempo desde el comienzo de la ejecución hasta el final de la observación, lo cual se representa en el siguiente gráfico.

*Figura 33 Precipitación del mes de diciembre*



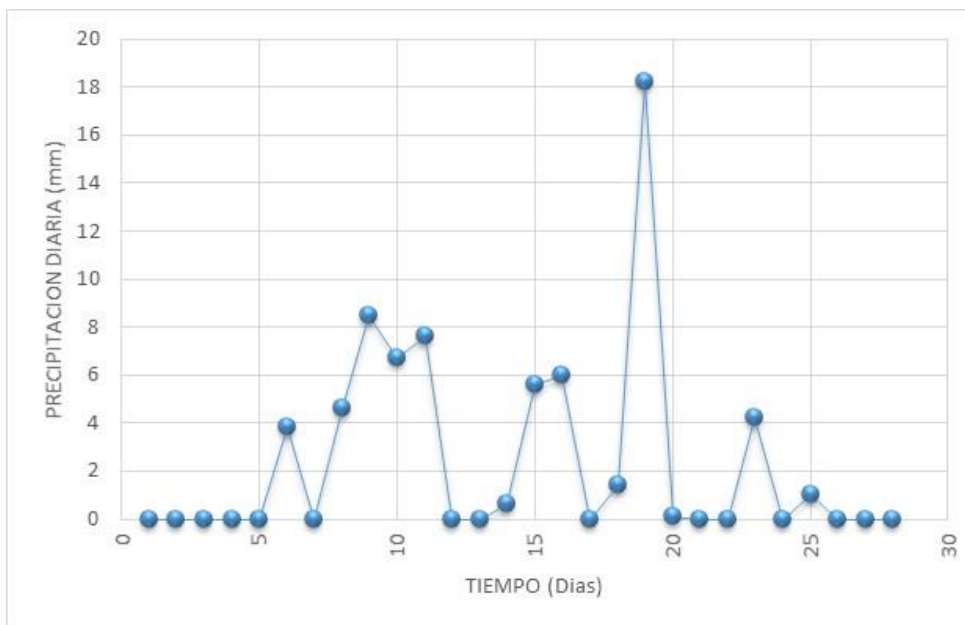
Fuente. Elaboración propia

*Figura 34 Precipitación del mes de enero*



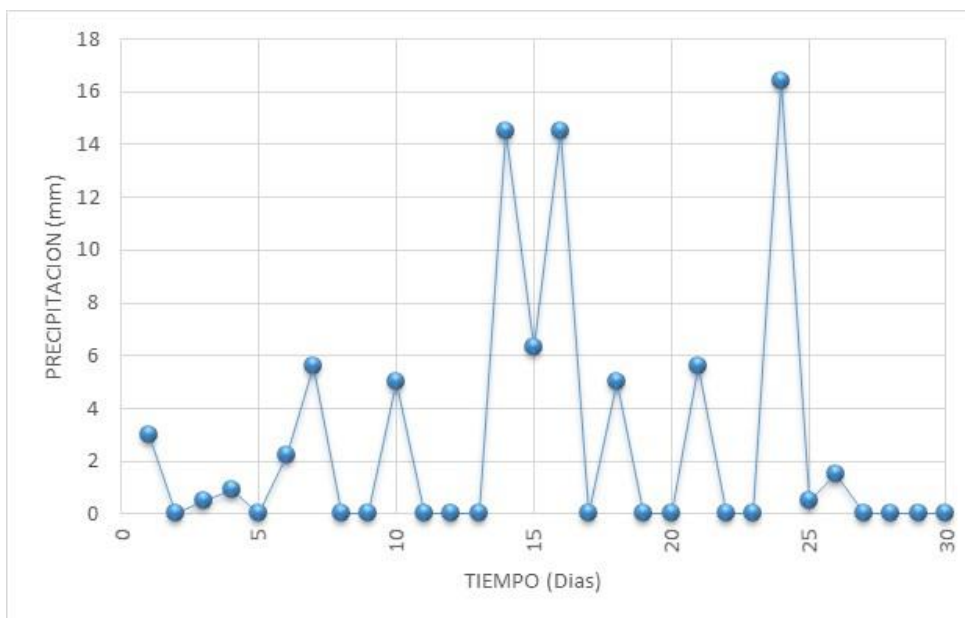
Fuente. Elaboración propia

*Figura 35 Precipitación del mes de febrero*



Fuente. Elaboración propia

*Figura 36 Precipitación del mes de marzo*

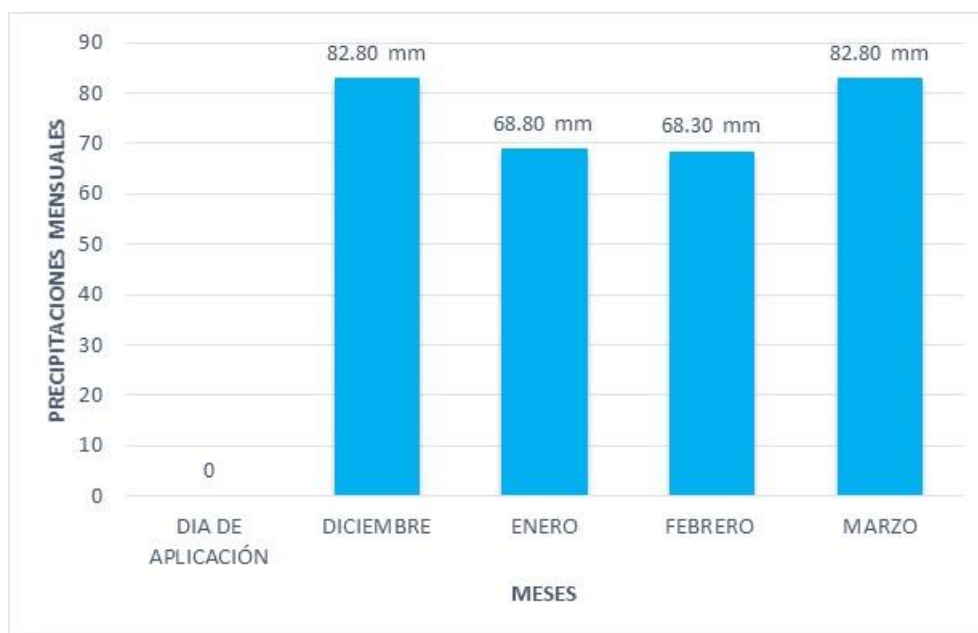


Fuente. Elaboración propia

El índice de lluvia acumulada en el tiempo desde el comienzo de la ejecución de las pruebas a los campos seleccionados hasta el final del sistema de observación se muestra en el gráfico a continuación:



Figura 37 Precipitación acumuladas desde el inicio de aplicación



Fuente. Elaboración propia

- Desarrollo del IRI con relación a la precipitación acumulada

La lluvia acumulada a lo largo del tiempo conforme con el perfil de sedimentación diario fue adecuada para medir la rugosidad durante el experimento.

Tabla 80 Precipitaciones acumuladas en el tiempo de medición del IRI

DIAS	PP. ACUM (mm)	SECTOR A	SECTOR B	SECTOR C
30	82.80	4.48	3.23	2.84
60	68.80	5.80	3.60	3.26
90	68.30	6.19	4.10	3.68
120	82.80	15.47	11.53	4.23

Fuente. Elaboración propia

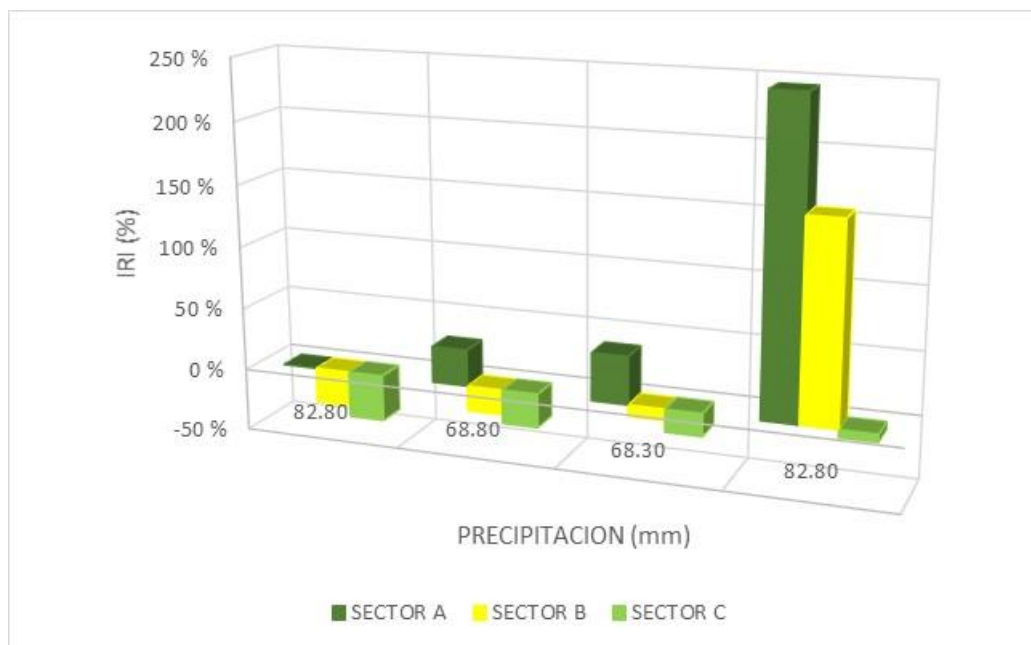
Figura 38 Precipitaciones acumuladas en el progreso del IRI



Fuente. Elaboración propia

- Variaciones del IRI con relación a la precipitación acumulada

Figura 39 Variaciones del IRI con relación a la precipitación



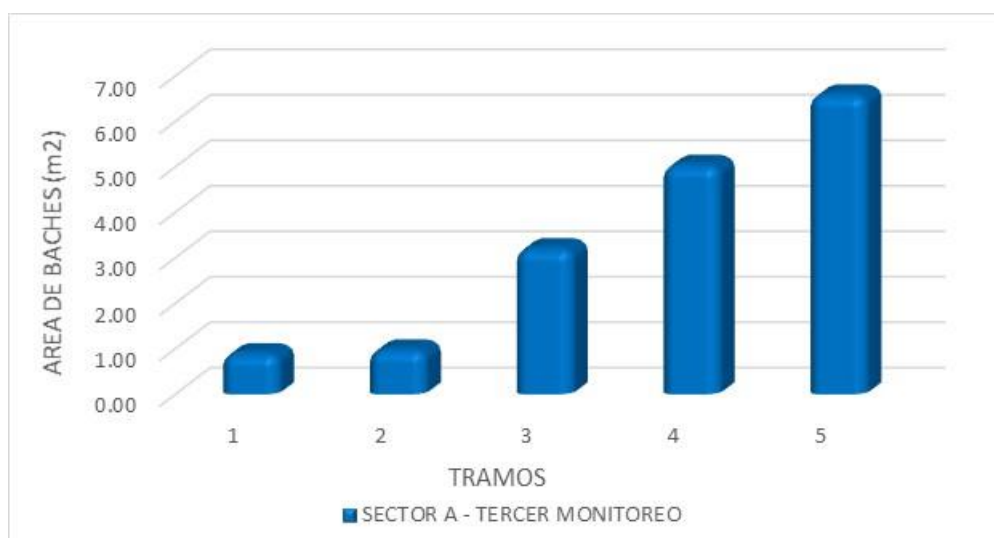
Fuente. Elaboración propia

b) Índice de condición de vía no pavimentada (ICVNP)

1. Deterioro superficial por la formación de baches

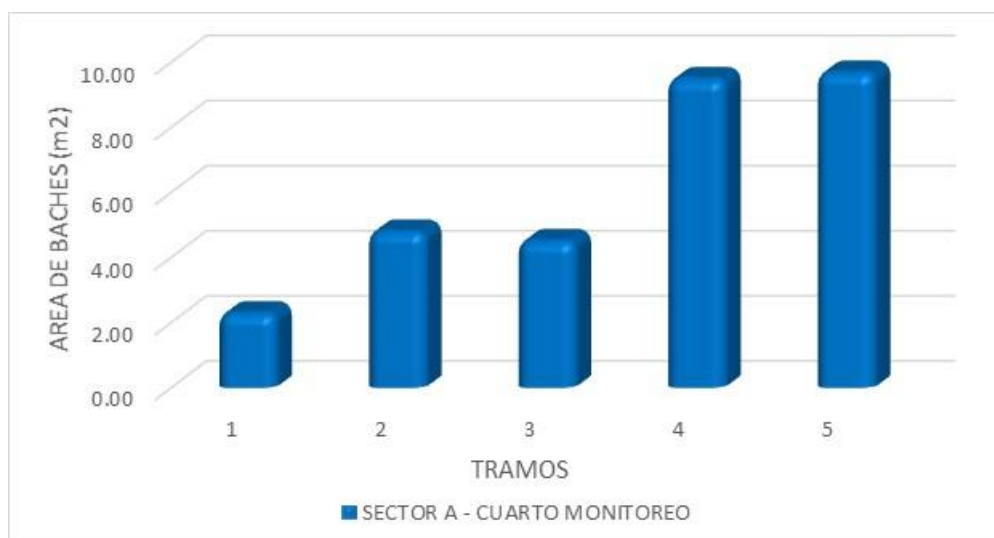
El análisis de la degradación de la superficie se realiza en secciones, y el siguiente resultado se representan mejor de manera grafica.

*Figura 40 Deterioro superficial (baches) – Sector sin estabilizante*



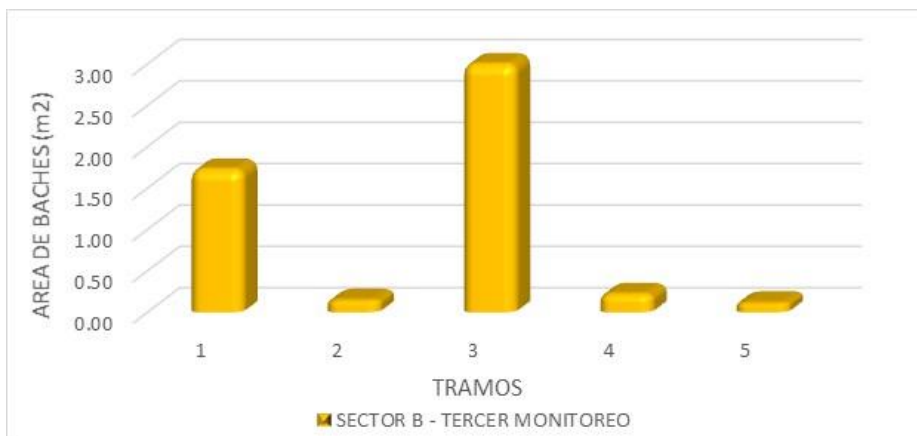
Fuente. Elaboración propia

*Figura 41 Deterioro superficial (baches) – Sector sin estabilizante*



Fuente. Elaboración propia

Figura 42 Deterioro superficial (baches) – Sector con enzima pz-22x



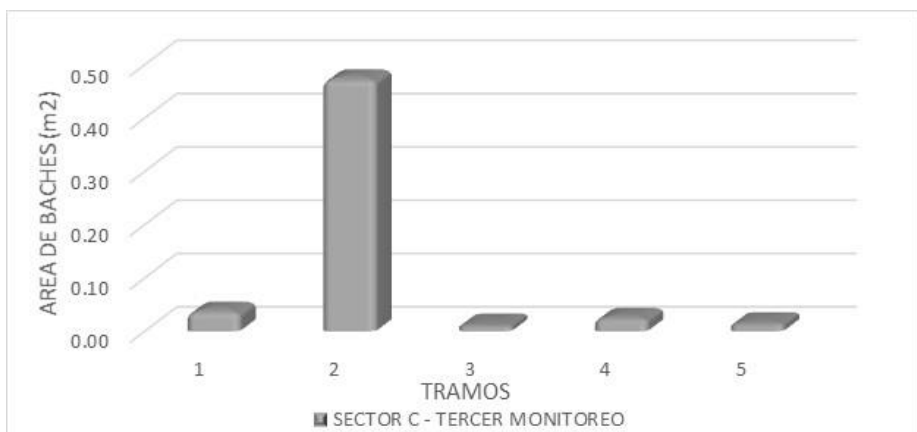
Fuente. Elaboración propia

Figura 43 Deterioro superficial (baches) – Sector con enzima pz-22x



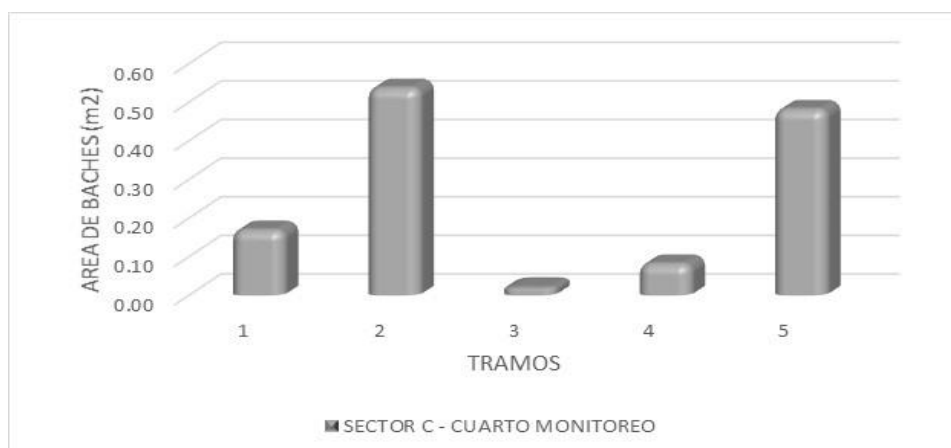
Fuente. Elaboración propia

Figura 44 Deterioro superficial (baches) – Sector con Polyses



Fuente. Elaboración propia

Figura 45 Deterioro superficial (baches) – Sector con Polyses

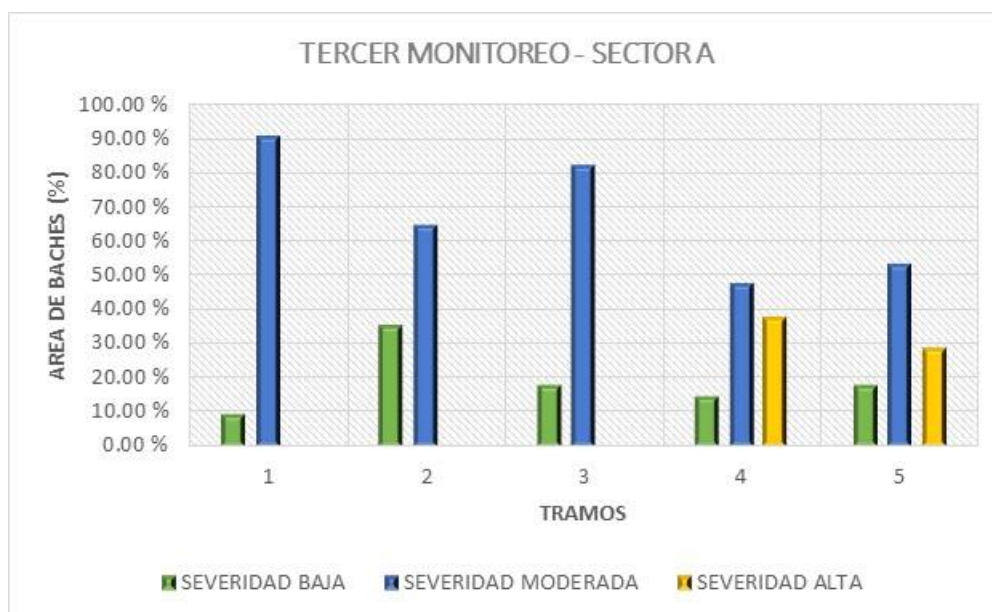


Fuente. Elaboración propia

## 2. Deterioro superficial por la formación de baches

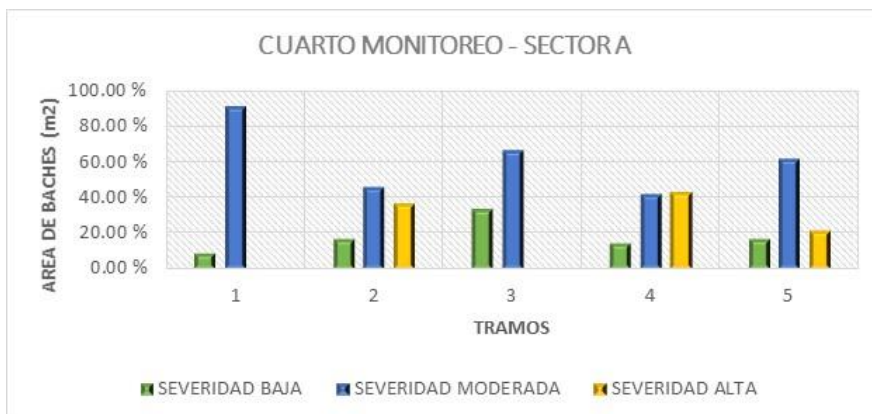
El análisis de la severidad se realizó mediante fracciones asignadas a cada región, y el siguiente resultado se representan mejor de manera grafica.

Figura 46 Porcentaje de severidad – Sector sin estabilizante



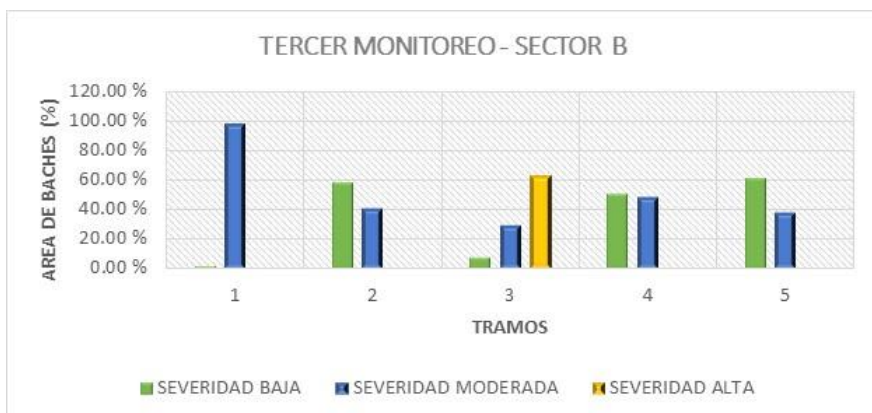
Fuente. Elaboración propia

Figura 47 Porcentaje de severidad – Sector sin estabilizante



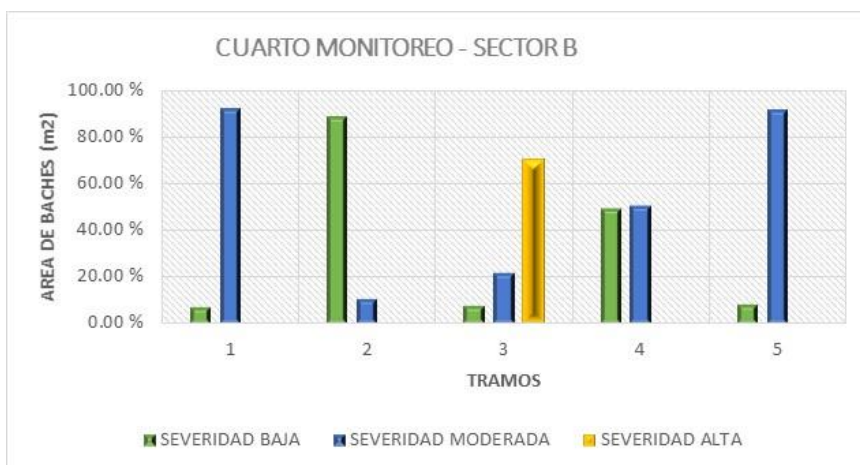
Fuente. Elaboración propia

Figura 48 Porcentaje de severidad – Sector con enzimas pz-22x



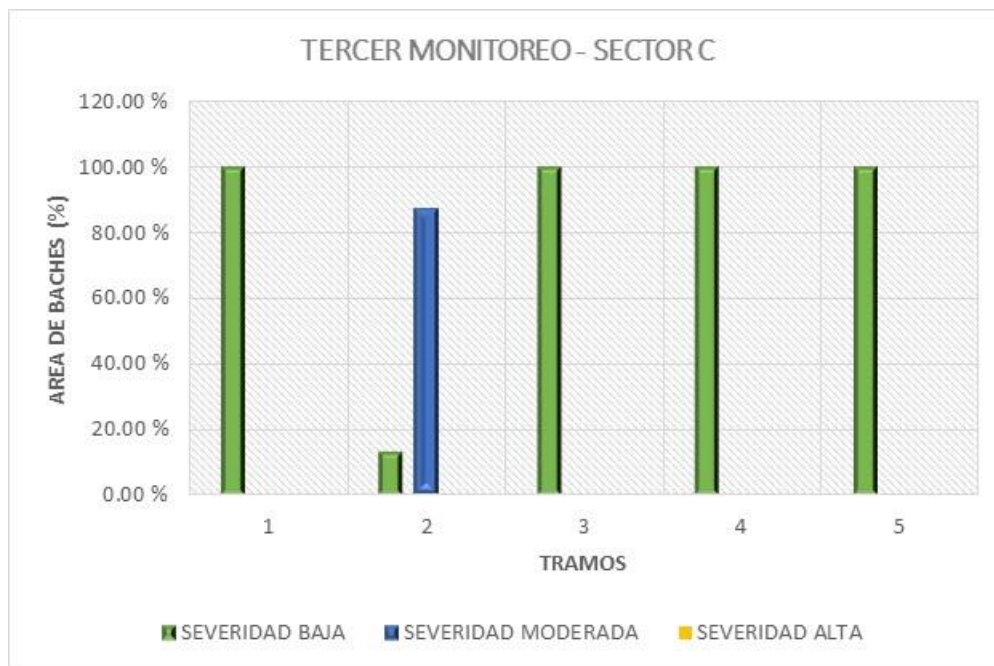
Fuente. Elaboración propia

Figura 49 Porcentaje de severidad – Sector con enzimas pz-22x



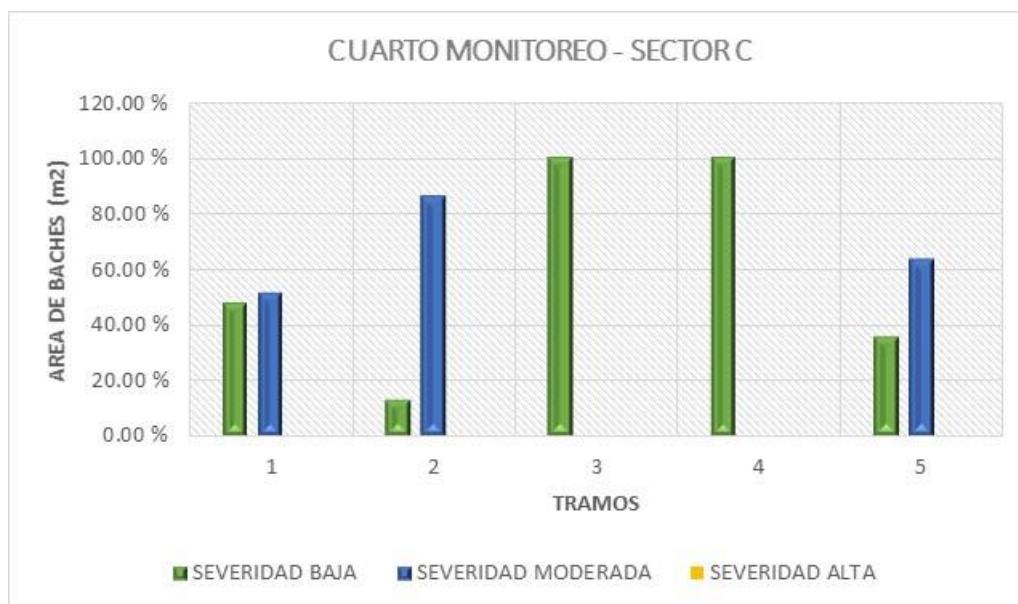
Fuente. Elaboración propia

Figura 50 Porcentaje de severidad – Sector con Polyses



Fuente. Elaboración propia

Figura 51 Porcentaje de severidad – Sector con Polyses



Fuente. Elaboración propia

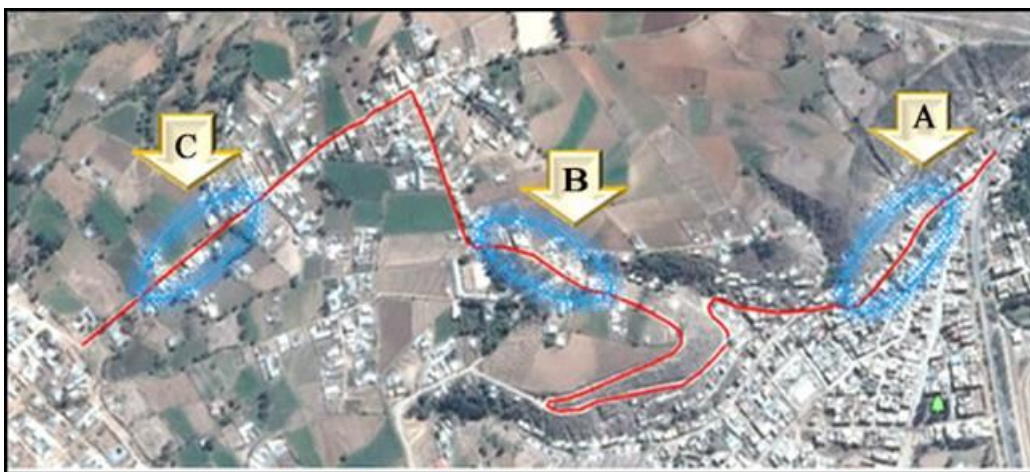
### 5.1.12. Análisis del impacto ambiental

Se realizó el análisis del impacto ambiental ocasionado por los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses.

#### a) Extracción de la muestra

El suelo se extrajo directamente del Sector A, B y C de la carretera no pavimentada tramo Huánuco – Marabamba.

*Figura 52 Sectores que se obtuvo la muestra*



*Fuente.* Elaboración propia

Se extrajo una muestra por cada sector en cada monitoreo realizada, como se evidencia en la tabla siguiente:

*Tabla 81 Muestras de suelo extraídos*

Sectores		Muestra	Fecha	Frecuencia	Peso
Primer monitoreo	Sector A	M-01-SA	14/12/21 - 16/12/21	A los 30 días	6.00 kg
	Sector B	M-01-SB	14/12/21 - 16/12/21	A los 30 días	6.00 kg
	Sector C	M-01-SC	14/12/21 - 16/12/21	A los 30 días	6.00 kg
Segundo monitoreo	Sector A	M-02-SA	15/02/22 - 17/02/22	A los 90 días	6.00 kg
	Sector B	M-02-SB	15/02/22 - 17/02/22	A los 90 días	6.00 kg
	Sector C	M-02-SC	15/02/22 - 17/02/22	A los 90 días	6.00 kg
Tercer monitoreo	Sector A	M-03-SA	15/03/22 - 17/03/22	A los 120 días	6.00 kg
	Sector B	M-03-SB	15/03/22 - 17/03/22	A los 120 días	6.00 kg
	Sector C	M-03-SC	15/03/22 - 17/03/22	A los 120 días	6.00 kg

*Fuente.* Elaboración propia



## b) Lixiviación

De las muestras extraídas en cada monitoreo de los sectores, se realizaron el proceso de lixiviación en el laboratorio de fertirriego, medio ambiente, suelo y agua en la Universidad Nacional Agraria La Molina, obteniendo con ello, se utilizó una solución acuosa para establecer los elementos que se eliminaron por lixiviación en condiciones de prueba concretas. El equipo empleado fue una Cámara de Lixiviación planteada en base a la norma ASTM D3987-12 Average Rehearsal aimed at Wobble Withdrawal of Rock-hard Leftover through Marine.

En el ensayo se utilizó 100 gr de suelo y se mezcló con agua reactiva con un volumen igual en ml a 25 veces la masa en gr de la muestra de suelo agregada (2500 ml de agua). seguidamente se puso la cámara para agitar cada muestra durante  $20 \pm 0,20$ h a  $21 \pm 2$  °C y  $29 \pm 2$  rpm. Luego de ese tiempo se dejó asentar la muestra por 6 minutos; y seguidamente se separó el mayor porcentaje de la fase acuosa de la fase sólida por medio de filtración en un papel de filtro grueso, realizando el mismo procedimiento para las demás muestras.

## c) Potencial de hidrógeno (pH)

Del agua filtrada de la prueba del ensayo de lixiviación se procedió a la medición del nivel de basicidad o acidez de cada una de las muestras lixiviadas, es decir, el potencial de hidrógeno (pH) empleando un Multiparámetro Hach modelo Hq40d, obteniendo los siguientes resultados:

*Tabla 82 Resultados obtenidos de pH*

SECTORES	Monitoreos realizados				Rango permitido (DIGESA)	Situación
	1er monitoreo	2do monitoreo	3er monitoreo	Ph Promedio		
Sector Patrón	7.10	7.06	7.02	7.06	6.50 - 8.50	Ph Aceptable
Enzima Pz-22x	7.28	7.14	7.11	7.18	6.50 - 8.50	Ph Aceptable

Polyses	7.33	7.18	7.15	7.22	6.50 - 8.50	Ph Acceptable
---------	------	------	------	------	-------------	---------------

Fuente. Elaboración propia

Figura 53 Resultados obtenidos de pH



Fuente. Elaboración propia

d) Demanda química de oxígeno DQO

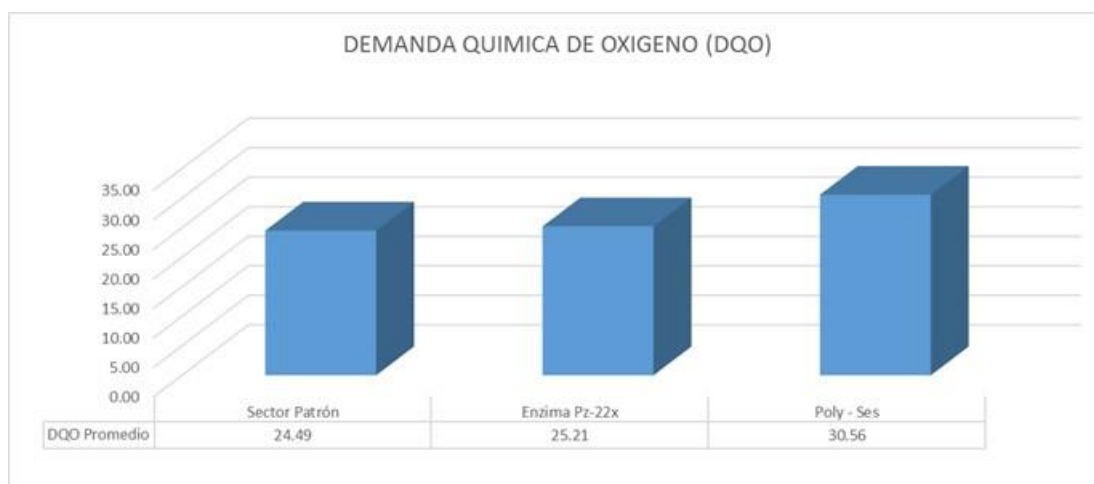
De la extracción del líquido efectuado en la cámara de lixiviación se emplearon 2 muestras de agua, evaluándose cada una dos veces, donde en conclusión se empleó la media de las cantidades adquiridas o se descartó las cantidades atípicas, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 83 Resultados obtenidos de DQO

SECTORES	Monitoreos realizados				Rango permitido (DIGESA)	Situación
	1er monitoreo	2do monitoreo	3er monitoreo	DQO Promedio		
Sector Patrón	24.88	24.33	24.27	24.49	Hasta 30 mg/L	DQO Aceptable
Enzima Pz-22x	25.32	25.18	25.14	25.21	Hasta 30 mg/L	DQO Aceptable
Polyses	31.23	30.56	29.89	30.56	Hasta 30 mg/L	DQO Fuera de rango

Fuente. Elaboración propia

Figura 54 Resultados obtenidos de DQO



Fuente. Elaboración propia

#### e) Demanda bioquímica de oxígeno DBO

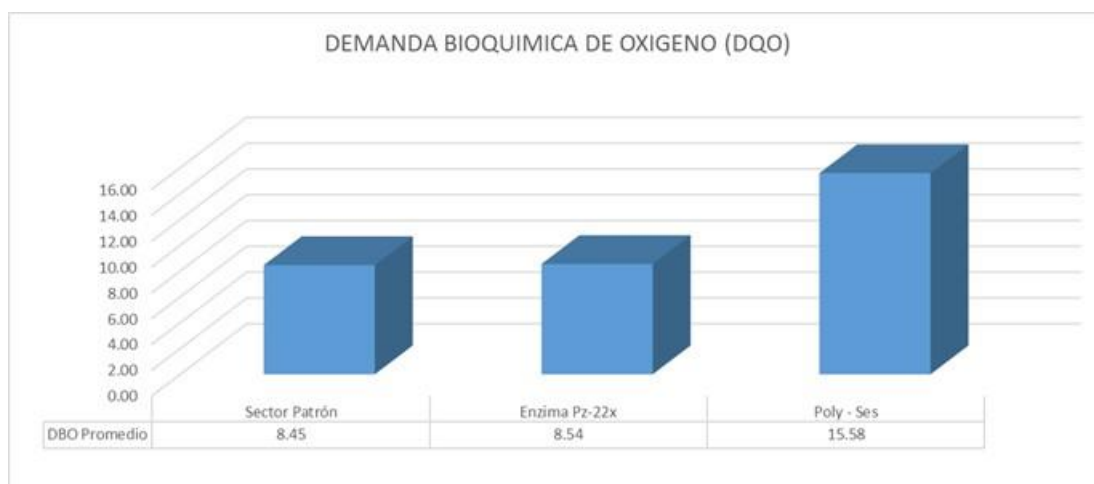
El resultado de la demanda bioquímica de oxígeno se evidencia en la tabla siguiente, donde se contrasta entre sí y con la cantidad máxima permisible establecido por la DIGESA. Cabe señalar que el estudio de esta variable es similar a lo mostrado para la DQO, en el cual la finalidad principal no es cumplir con las normas sino referirse a un análisis comparativo entre suelos naturales, muestras y otros aditivos.

Tabla 84 Resultados obtenidos de DBO

SECTORES	Monitoreos realizados				Rango permitido (DIGESA)	Situación
	1er monitoreo	2do monitoreo	3er monitoreo	DBO Promedio		
Sector Patrón	8.56	8.42	8.37	8.45	Hasta 15 mg/L	DBO Aceptable
Enzima Pz-22x	8.69	8.51	8.43	8.54	Hasta 15 mg/L	DBO Aceptable
Polyses	16.82	15.65	14.26	15.58	Hasta 15 mg/L	DBO Fuera de rango

Fuente. Elaboración propia

Figura 55 Resultados obtenidos de DBO



Fuente. Elaboración propia

f) Carbono orgánico total

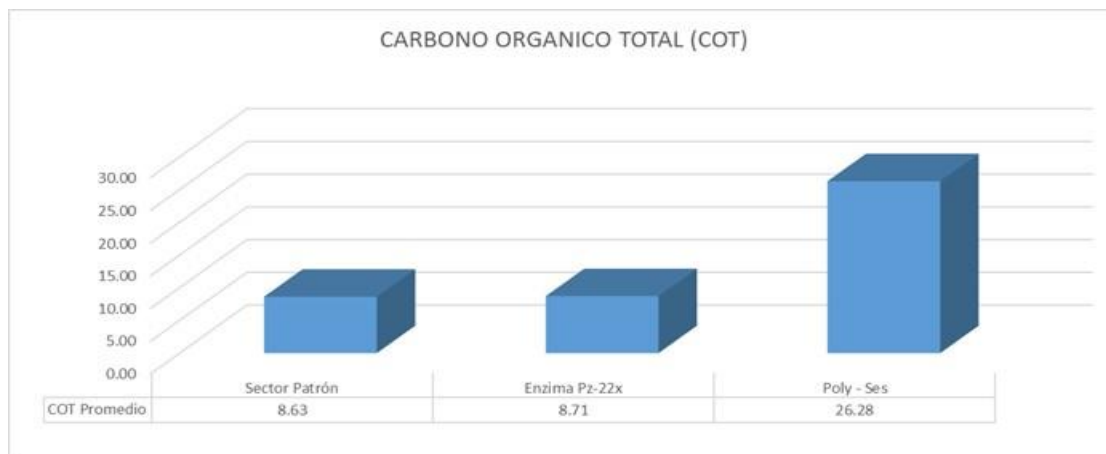
El resultado de carbono orgánico total evidencia una asociación conveniente entre el tiempo de exposición y la concentración de carbono orgánico total, como se muestra en la siguiente tabla. Por lo general, en el material en condiciones naturales, el acrecentamiento de carbono orgánico se debe a fuentes externas, como la agricultura, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 85 Resultados obtenidos de COT

SECTORES	Monitoreos realizados				Rango permitido (DIGESA)	Situación
	1er monitoreo	2do monitoreo	3er monitoreo	COT Promedio		
Sector Patrón	8.85	8.53	8.51	8.63	Hasta 25 mg/L	COT Aceptable
Enzima Pz-22x	8.92	8.63	8.59	8.71	Hasta 25 mg/L	COT Aceptable
Polyses	29.36	26.98	22.5	26.28	Hasta 25 mg/L	COT Fuera de rango

Fuente. Elaboración propia

Figura 56 Resultados obtenidos de COT



Fuente. Elaboración propia

#### g) Biodegradabilidad

La siguiente tabla evidencia la relación entre DBO y DQO, como coeficiente de biodegradación. Ratios superiores a 0,4 señalan que el agua en estudio es biodegradable, ratios menores a 0,2 se determinan como no biodegradables y para ratios medios el agua biodegradable moderadamente. En el sentido de tratamiento del agua, la biodegradabilidad otorga un criterio de qué tipo de tratamiento hay que hacer, ya sea químico, biológico o mixto. El tratamiento biológico es más respetuoso con el medio ambiente y menos costoso que el tratamiento químico. No obstante, al comparar el resultado adquirido del suelo sin estabilizador con los resultados del suelo tratado, se puede concluir que, en general, la biodegradabilidad de todas las muestras no difiere, como se evidencia en la tabla a continuación:

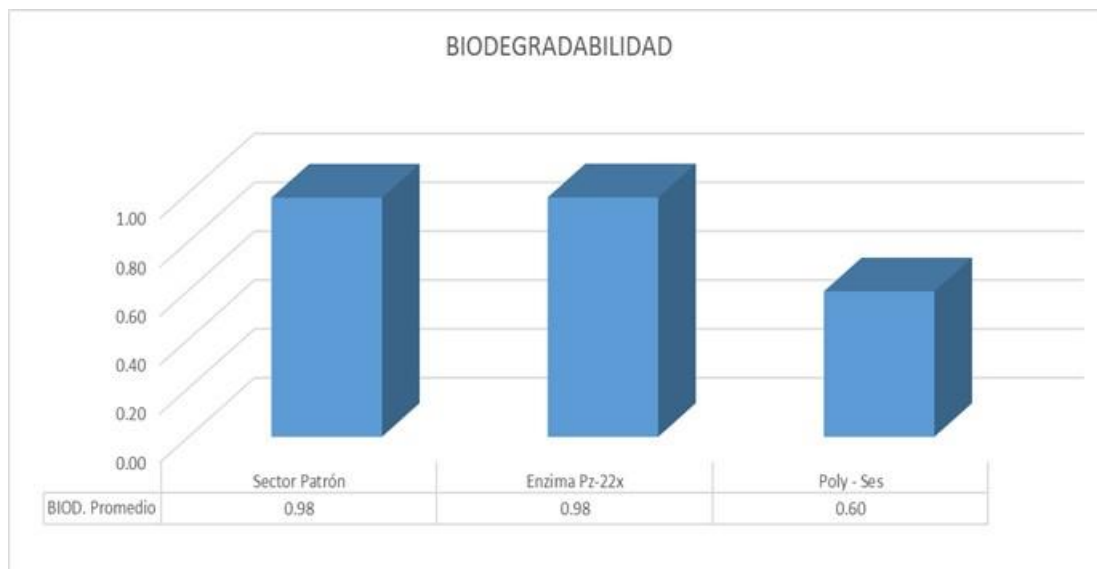
Tabla 86 Resultados obtenidos de Biodegradabilidad

SECTORES	Monitoreos realizados				Rango permitido (DIGESA)	Situación
	1er monitoreo	2do monitoreo	3er monitoreo	BIOD. Promedio		
Sector Patrón	0.967	0.987	0.984	0.98	mayor a 0.40	Es Biodegradable
Enzima Pz-22x	0.974	0.986	0.981	0.98	mayor a 0.40	Es Biodegradable

Polyses	0.573	0.580	0.634	0.60	mayor a 0.40	Es Biodegradable
---------	-------	-------	-------	------	--------------	------------------

Fuente. Elaboración propia

Figura 57 Resultados obtenidos de Biodegradabilidad



Fuente. Elaboración propia

#### h) Prueba de desgaste

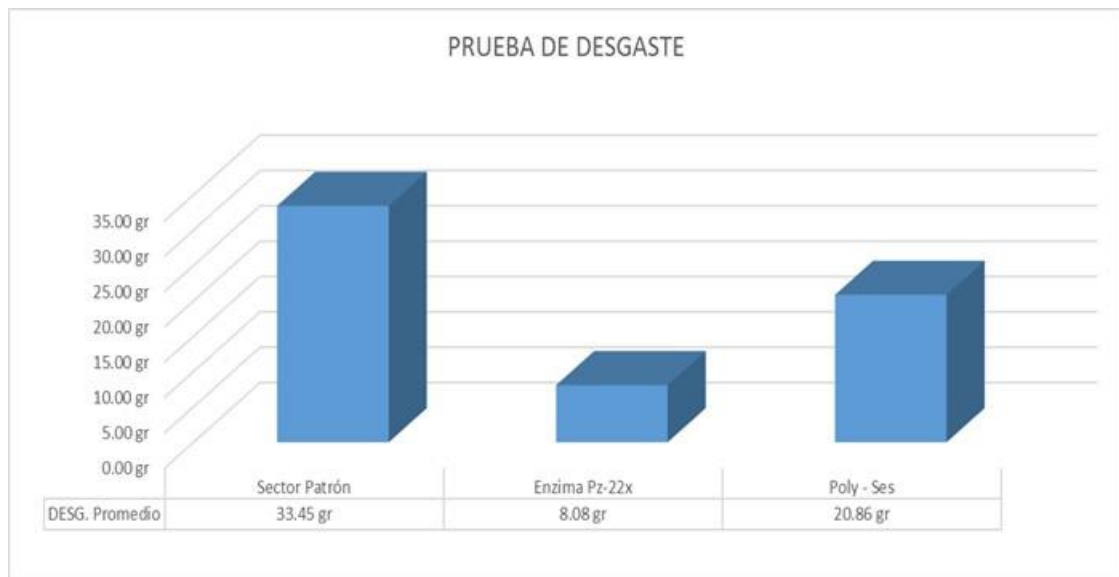
De las pruebas de desgaste realizados a las muestras en los laboratorios de fertirriego, medio ambiente, suelo y agua de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 87 Resultados obtenidos de prueba de desgaste

SECTORES	Monitoreos realizados				Rango permitido	Situación
	1er monitoreo	2do monitoreo	3er monitoreo	DESG. Promedio		
Sector Patrón	34.50 gr	33.65 gr	32.20 gr	33.45 gr	Sin rango	Mal comportamiento
Enzima Pz-22x	8.25 gr	8.10 gr	7.90 gr	8.08 gr	Sin rango	Buen comportamiento
Polyses	21.36 gr	20.98 gr	20.23 gr	20.86 gr	Sin rango	Mal comportamiento

Fuente. Elaboración propia

Figura 58 Resultados obtenidos de prueba de desgaste



Fuente. Elaboración propia

#### i) Análisis de tamaño de partícula

La siguiente tabla presenta el resultado del estudio del tamaño de partículas por difracción láser, tanto para suelos naturales como tratados, en base a los valores comúnmente utilizados de D0.1, D0.5 y D0.9. con el fin de describir la distribución del tamaño de las partículas en un suelo en este tipo de estudio.

En general, se observa un incremento en el tamaño de las partículas del material que contienen aditivos en comparación con los valores obtenidos de estos indicadores en suelos naturales. Este resultado mostró que los aditivos analizados perjudican las texturas del suelo incrementando el tamaño de grano según el mecanismo físico y químico de aglomeración y cohesión.

También hay que señalar que el tamaño de las partículas está íntimamente relacionado, de forma inversa, con características como el área superficial de un material y su porosidad. Desde entonces se ha obtenido una estimación según el informe de difracción láser, del cual se puede mencionar que no es un dato exacto, no obstante, la data se reporta con un fin comparativo. Luego se observó que esta

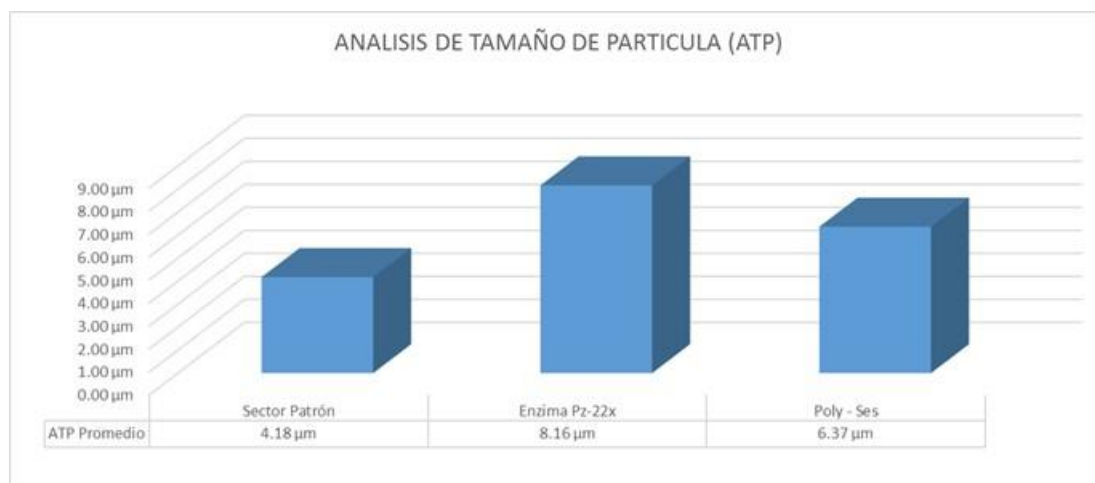
variable dio resultados inferiores para cada uno de los sistemas de adición en contraste con el suelo natural, y los resultados se presentan a continuación:

*Tabla 88 Resultados obtenidos de análisis de tamaño de partícula*

SECTORES	Monitoreos realizados				Rango permitido (*)	Situación
	1er monitoreo	2do monitoreo	3er monitoreo	ATP Promedio		
Sector Patrón	4.25 $\mu\text{m}$	4.20 $\mu\text{m}$	4.08 $\mu\text{m}$	4.18 $\mu\text{m}$	Sin rango	Menor diámetro
Enzima Pz-22x	8.36 $\mu\text{m}$	8.18 $\mu\text{m}$	7.95 $\mu\text{m}$	8.16 $\mu\text{m}$	Sin rango	Mayor diámetro
Polyses	6.51 $\mu\text{m}$	6.38 $\mu\text{m}$	6.21 $\mu\text{m}$	6.37 $\mu\text{m}$	Sin rango	Medio

Fuente. Elaboración propia

*Figura 59 Resultados obtenidos de análisis de tamaño de partícula*



Fuente. Elaboración propia

#### j) Ascenso capilar

Los resultados de ganancia capilar adquiridos para cada muestra se presentan a continuación; se relaciona con el tiempo de saturación total, la velocidad de ascenso capilar, la tasa de flujo de saturación, la masa de suelo suelto y el percentil de hinchamiento.

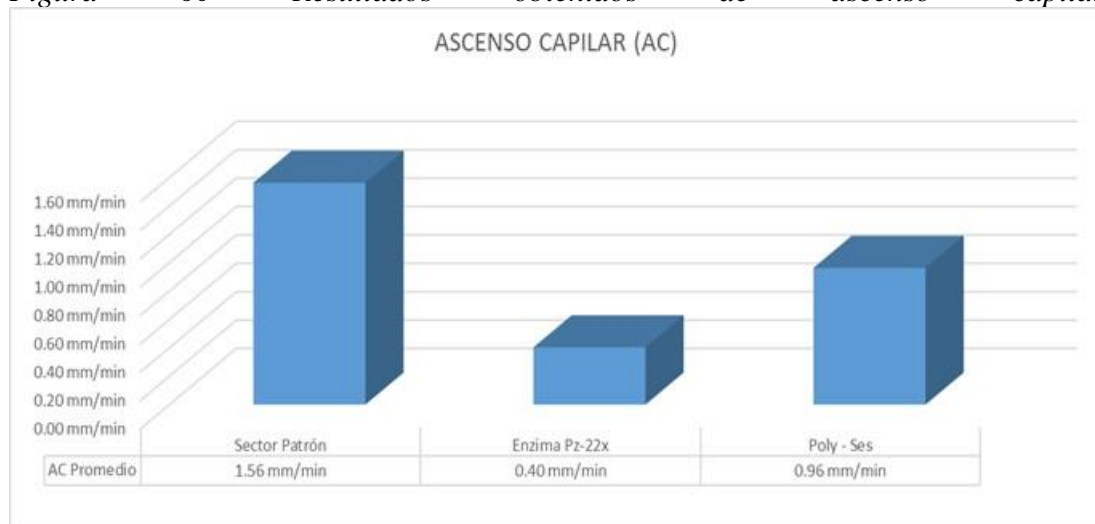


Tabla 89 Resultados obtenidos de ascenso capilar

SECTORES	Monitoreos realizados				Rango permitido (*)	Situación
	1er monitoreo	2do monitoreo	3er monitoreo	AC Promedio		
Sector Patrón	1.58 mm/min	1.56 mm/min	1.55 mm/min	1.56 mm/min	Sin rango	Mas rápido
Enzima Pz-22x	0.42 mm/min	0.39 mm/min	0.40 mm/min	0.40 mm/min	Sin rango	Mas lento
Polyses	0.98 mm/min	0.97 mm/min	0.94 mm/min	0.96 mm/min	Sin rango	Medio

Fuente. Elaboración propia

Figura 60 Resultados obtenidos de ascenso capilar



Fuente. Elaboración propia

Entonces del análisis del impacto ambiental ocasionado por los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses se obtuvo lo siguiente:

Tabla 90 Resultados final de los análisis al agua suelo y material particulado

SECTORES	pH	DQO	DBO	COT	BD	PD	ATP	AC
Sector Patrón	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Malo	Malo	Malo
Enzima Pz-22x	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Poly - Ses	Bueno	Malo	Malo	Malo	Bueno	Malo	Regular	Regular

Fuente. Elaboración propia

Considerando que, otorga valoración al impacto ambiental se obtuvo:

*Tabla 91 Valoración ambiental*

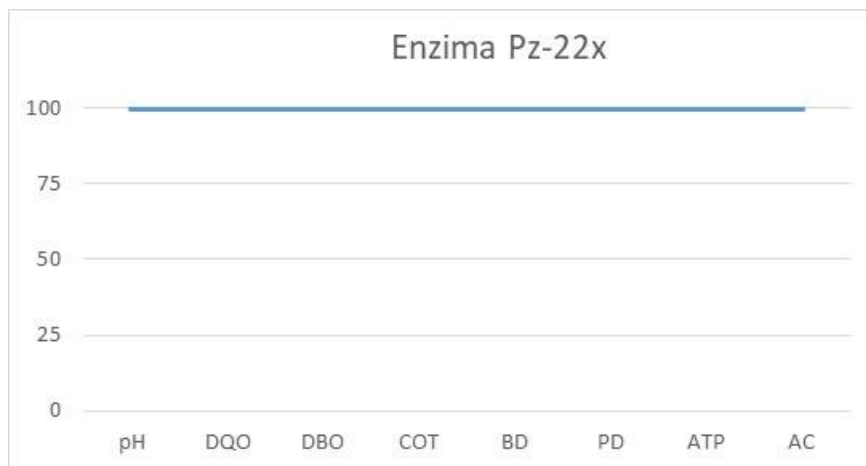
Impacto Ambiental	Valoración
Bueno	100
Regular	50
Malo	0

*Fuente.* Elaboración propia

Por lo que, en cada sector verificamos cual es el grado de contaminación ambiental que se produjo.

- Sector con Enzima Pz-22x

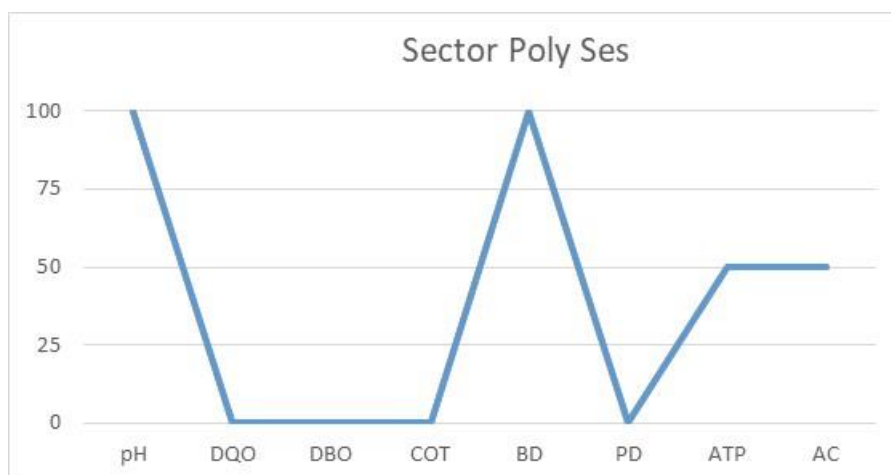
*Figura 61 Resultados obtenidos del Sector con Enzima Pz- 22x*



*Fuente.* Elaboración propia

- Sector con Polyses

Figura 62 Resultados obtenidos del Sector con Enzima Pz- 22x



Fuente. Elaboración propia

## 5.2. Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis

De esta forma se comprueba que con el manejo de estabilizantes de suelo como Enzima Pz-22x y Polyses, conservara la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas. Para probar la hipótesis de “La determinación del impacto ambiental de los estabilizantes de suelos Polyses y Enzima Pz-22x”, se ejecutó la prueba de hipótesis manejando el método del valor medio, empleando un control con el Sector patrón, para ello se tomaron en consideración los pasos y/o procesos siguientes:

### 5.2.1. Sector A (Sector Patrón) - Sector B (Enzima Pz -22x)

PASO 1: Planteamiento de la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) e Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ), hallando el siguiente contexto:

$$(1) \dots \dots \dots \begin{cases} H_0: \bar{X} = \mu \\ H_1: \bar{X} \neq \mu \end{cases} \quad (2) \dots \dots \dots \begin{cases} H_0: \bar{X} \leq \mu \\ H_1: \bar{X} > \mu \end{cases} \quad (3) \dots \dots \dots \begin{cases} H_0: \bar{X} \geq \mu \\ H_1: \bar{X} < \mu \end{cases}$$

En nuestro caso es el inciso 2.

$H_0$ : El estabilizante de suelo Enzima Pz-22x tiene un impacto ambiental que NO es favorable en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada

H1: El estabilizante de suelo Enzima Pz-22x tiene un impacto ambiental que es favorable en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada

*Tabla 92 Prueba de hipótesis sector A - sector B*

Sectores	Tiempo (años)	Nivel de contaminación	D. estandar
Sector A	20	60.00	45.81
Sector B	20	0.00	0.00
Sector C	20	166.673	41.75

Fuente. Elaboración propia

$$H_0: \bar{X} \leq 0.00$$

$$H_1: \bar{X} > 0.00$$

Donde:

$$\bar{X} = 60 \text{ (Nivel de contaminación del sector A)}$$

$$\mu = 0 \text{ (Nivel de contaminación del sector B)}$$

PASO 2: Conceptuar el Nivel de significancia ( $\alpha=0.05$  o en su forma 5%), el tamaño de la muestra (n).

$$\alpha = 0.05$$

$$n = 8$$

PASO 3: Establecimiento de la Zona de Aceptación o negación de la Hipótesis Nula ( $H_0$ ).

Empleando la tabla de distribución t de student,  $z = 1.8946$ .

*Tabla 93 Tabla de t de Student para la prueba sector A - sector B*

n-1/ $\alpha$	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
1	1.0000	1.3764	1.9626	3.0777	6.3138	12.7062	31.8205	63.6567	636.6192
2	0.8165	1.0607	1.3862	1.8856	2.9200	4.3027	6.9646	9.9248	31.5991
3	0.7649	0.9785	1.2498	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8409	12.9240
4	0.7407	0.9410	1.1896	1.5332	2.1318	2.7764	3.7469	4.6041	8.6103
5	0.7267	0.9195	1.1558	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321	6.8688

6	0.7176	0.9057	1.1342	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074	5.9588
7	0.7111	0.8960	1.1192	1.4149	1.8946	2.3646	2.9980	3.4995	5.4079
8	0.7064	0.8889	1.1081	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554	5.0413
9	0.7027	0.8834	1.0997	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498	4.7809
10	0.6998	0.8791	1.0931	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693	4.5869
11	0.6974	0.8755	1.0877	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058	4.4370

Fuente. Elaboración propia

Entonces la zona de aceptación será:

Donde:

- RA (Ho): Región de aceptación de la hipótesis Nula.
- RR (Ho): Región de negación de la hipótesis Nula.

PASO 4: Determinación de la función Pivotal, para  $n \leq 30$ .

$$\tau = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}}$$

Donde:

$$\bar{X} = 60$$

$$\mu = 0$$

$$\sigma = 100$$

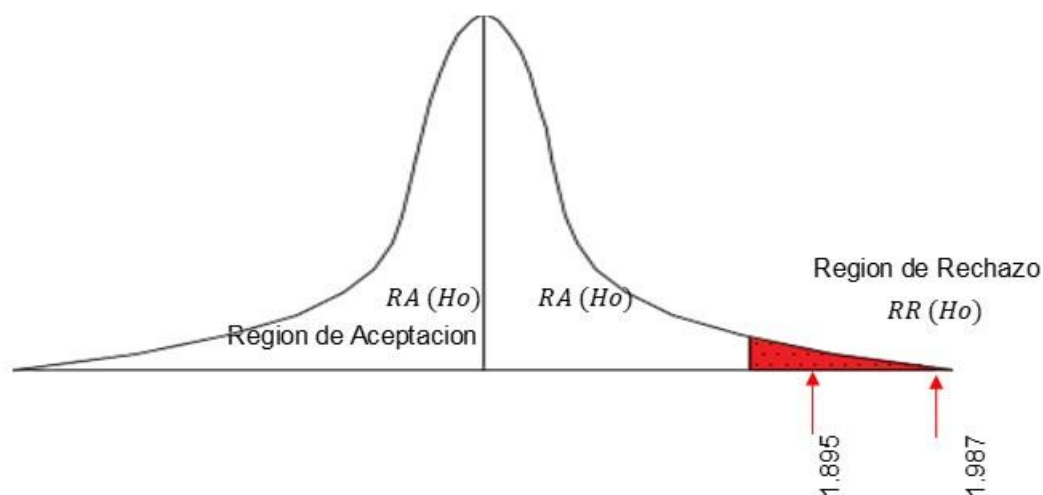
$$n = 8$$

PASO 5: cálculo de la función Pivotal.

Aplicando los valores a la formula tenemos:  $t = 1.99$

PASO 6: Ubicar el Valor obtenido en el cálculo de la función Pivotal, en la región de negación (RN) o en la región de aceptación (RA) de la Hipótesis Nula (Ho).

Figura 63 Distribución de probabilidad de t de Student sector A - sector B



Fuente. Elaboración propia

Negamos la hipótesis nula, es decir, el estabilizante de suelo Enzima Pz-22X tiene un impacto ambiental que es favorable en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada y por lo tanto se acepta la hipótesis alterna.

### 5.2.2. Sector A (Sector Patrón) - Sector C (Polyses)

PASO 1: Desarrollo de la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) e Hipótesis Alterna ( $H_1$ ), hallando la situación siguiente:

$$(1) \dots \dots \dots \begin{cases} H_0: \bar{X} = \mu \\ H_1: \bar{X} \neq \mu \end{cases} \quad (2) \dots \dots \dots \begin{cases} H_0: \bar{X} \leq \mu \\ H_1: \bar{X} > \mu \end{cases} \quad (3) \dots \dots \dots \begin{cases} H_0: \bar{X} \geq \mu \\ H_1: \bar{X} < \mu \end{cases}$$

En nuestro caso es el inciso 2.

$H_0$ : El estabilizante de suelo Polyses tiene un impacto ambiental que NO es favorable en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada

$H_1$ : El estabilizante de suelo Polyses tiene un impacto ambiental que es favorable en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada.

Sectores	Tiempo (años)	Nivel de contaminación	D. estandar
----------	------------------	---------------------------	-------------

Sector A	20	60.00	45.81
Sector B	20	0.00	0.00
Sector C	20	166.67	41.75

Fuente. Elaboración propia

$$H_0: \bar{X} \leq 166.67$$

$$H_1: \bar{X} > 166.67$$

Donde:

$$\bar{X} = 60.00 \text{ (Nivel de contaminación del sector A)}$$

$$\mu = 166.67 \text{ (Nivel de contaminación del sector C)}$$

PASO 2: Conceptuar el Nivel de significancia ( $\alpha=0.05$  o en su forma 5%), el tamaño de la muestra (n).

$$\alpha = 0.05$$

$$n = 8$$

PASO 3: Establecimiento de la Zona de Aceptación o negación de la Hipótesis Nula ( $H_0$ ).

Empleando la tabla de distribución t de student,  $z = 1.8946$ .

Tabla 94 Tabla de t de Student para la prueba sector A - sector B

n-1/ $\alpha$	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
1	1.0000	1.3764	1.9626	3.0777	6.3138	12.7062	31.8205	63.6567	636.6192
2	0.8165	1.0607	1.3862	1.8856	2.9200	4.3027	6.9646	9.9248	31.5991
3	0.7649	0.9785	1.2498	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8409	12.9240
4	0.7407	0.9410	1.1896	1.5332	2.1318	2.7764	3.7469	4.6041	8.6103
5	0.7267	0.9195	1.1558	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321	6.8688
6	0.7176	0.9057	1.1342	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074	5.9588
7	0.7111	0.8960	1.1192	1.4149	1.8946	2.3646	2.9980	3.4995	5.4079
8	0.7064	0.8889	1.1081	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554	5.0413
9	0.7027	0.8834	1.0997	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498	4.7809
10	0.6998	0.8791	1.0931	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693	4.5869
11	0.6974	0.8755	1.0877	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058	4.4370

Fuente. Elaboración propia

Entonces la zona de aceptación será:

Donde:

- RA (Ho): Región de aceptación de la hipótesis Nula.
- RR (Ho): Región de negación de la hipótesis Nula.

PASO 4: Establecimiento de la función Pivotal, para  $n \leq 30$ .

$$\tau = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}}$$

Donde:

$$\bar{X} = 60$$

$$\mu = 0$$

$$\sigma = 100$$

$$n = 8$$

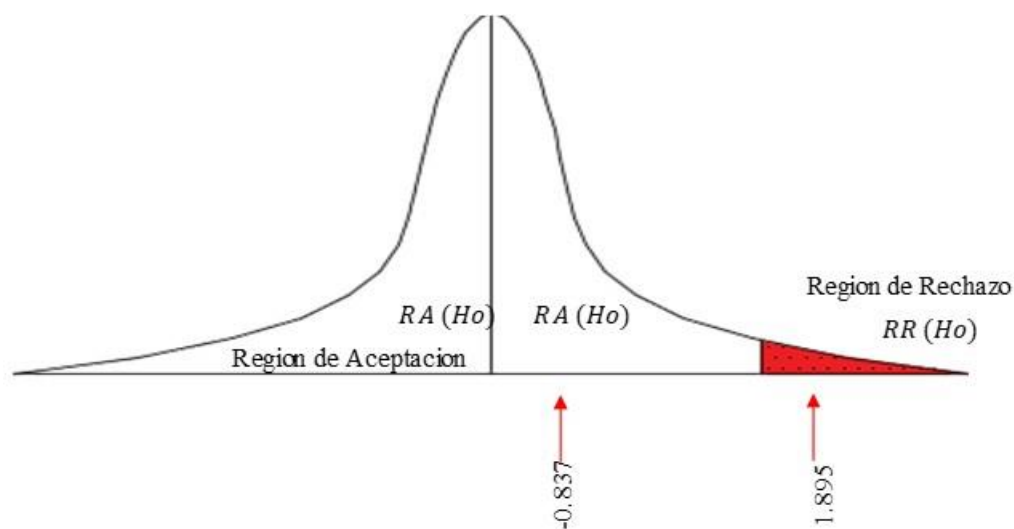
PASO 5: cálculo de la función Pivotal.

Aplicando los valores a la formula tenemos:  $t = 0.84$

PASO 6: Ubicar el Valor obtenido en el cálculo de la función Pivotal, en la región de negación (RN) o en la región de aceptación (RA) de la Hipótesis Nula (Ho).



Figura 64 Distribución de probabilidad de  $t$  de Student sector A - sector C



Fuente. Elaboración propia

Negamos la hipótesis nula, es decir, el estabilizante de suelo Polyses tienen un impacto ambiental que, no es favorable en la conservación de la superficie de rodadura, y por lo tanto se acepta la hipótesis nula. Discusión de resultados.

### 5.3. Discusión de resultados

Para llegar a un resultado que permita la verificación y comparación de las hipótesis aceptadas, los resultados fueron analizados, interpretados y comparados en el marco de una asociación puramente vial entre las metas, la hipótesis y la conclusión, según los fundamentos de evaluación por medio de la tabla de indicadores de correlación, en el cual se determina que existe un grado medio de correlación entre la hipótesis y la conclusión.

*Tabla 95 Tabla de índice de relación*

DESCRIPCIÓN	CALIFICATIVO
Total relación	5
Muy Buena relación	4
Buena relación	3
Regular relación	2
Ninguna relación	1

*Fuente.* Elaboración propia

En la Tabla 95 se presenta el nivel de relación que existe entre el problema, objetivos, hipótesis y resultados del presente estudio, demostrándose la directa correlación existente entre ellos.

Tabla 96 Resumen de resultados

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	RELACIÓN
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es el impacto ambiental de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses en la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Evaluar el impacto ambiental de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses en la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>“Los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses actúan favorablemente en la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas y que las mismas no causan impactos ambientales negativos con su aplicación”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La aplicación de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses, tienen un impacto ambiental parcialmente favorable, siendo este un documento de gestión que justifica los daños al medio ambiental de los estabilizantes de suelos para la conservación de la superficie de rodadura en la carreta no pavimenta Huánuco - Marabamba.</li> </ul>	3
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es el impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz-22x y Polyses en el suelo, aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas?</li> </ul>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz-22x y Polyses, en el suelo aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas.</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>“El impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz-22x y Polyses, no generan contaminación en el suelo durante su aplicación en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La determinación del impacto ambiental del estabilizante Enzimas Pz-22x no generó contaminación en el suelo ante su aplicación en la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada, sin embargo, el Polyses si género contaminación.</li> </ul>	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es el impacto de los estabilizantes Enzima Pz-22x y Polyses en el agua, aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz-22x y Polyses en el agua aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>“El impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz-22x y Polyses, no generan contaminación en el agua durante su aplicación en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La determinación del impacto ambiental del estabilizante Enzimas Pz-22x no generó contaminación en el agua ante su aplicación en la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada, sin embargo, del Polyses si género contaminación.</li> </ul>	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es el nivel de los posibles impactos ambientales por la generación de contaminantes y material particulado?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar los resultados obtenidos en función de la generación de contaminantes y material particulado para establecer el nivel de los impactos ambientales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>“Los resultados obtenidos en función de la generación de contaminantes y material particulado son favorables para establecer el nivel de los posibles impactos ambientales”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sector Polyses tiene un alto grado de contaminantes, a comparación con el Enzimas Pz-22x y Sector patrón. Asimismo, en el material particulado su nivel del sector patrón es Malo, así como también el Polyses.</li> </ul>	2

Fuente. Elaboración propia

Es necesario indicar, de la evaluación ambiental que se realizó a los sectores con estabilizantes son los siguientes.

El potencial de hidrogeno pH obtenido de los ensayos realizados están dentro del rango de 6.50 a 8.50 por lo que se considera aceptable, teniendo en cuenta además que, los valores obtenidos de las muestras tanto del Sector B y Sector C que contienen impermeabilizantes son similares al pH del Sector A o Sector patrón el cual no contiene ningún estabilizante de suelo.

En lo que se refiere a la demanda química de oxígeno DQO, tanto el Sector A (Sector patrón sin impermeabilizante) y el sector B (Enzima Pz-22x), se ha encontrado que el DQO se encuentra dentro del rango máximo permisible establecido por DIGESA por lo que ambos sectores tienen un DQO aceptable, situación que no ocurre con el Sector C (Polyses) cuyo DQO de 30.56 mg/L supera el valor máximo permitido por DIGESA que es de 30 mg/L.

En lo que se refiere a la demanda Bioquímica de oxígeno DBO, tanto el Sector A (Sector patrón sin impermeabilizante) y el sector B (Enzima Pz-22x), se ha encontrado que el DBO se encuentra dentro del rango máximo permisible establecido por DIGESA por lo que ambos sectores tienen un DBO aceptable, situación que no ocurre con el Sector C (Polyses) cuyo DBO de 15.58 mg/L supera el valor máximo permitido por DIGESA que es de 15 mg/L.

En lo que respecta al carbono orgánico total COT, tanto el Sector A (Sector patrón sin impermeabilizante) y el sector B (Enzima Pz-22x), se ha encontrado que el COT se encuentra dentro del rango máximo permisible establecido por DIGESA por lo que ambos sectores tienen un COT aceptable, situación que no ocurre con el Sector C (Polyses) cuyo COT de 26.28 mg/L supera el valor máximo permitido por DIGESA que es de 25 mg/L.

Los valores de biodegradabilidad obtenidos de los ensayos realizados están dentro del rango mayor a 0.40 por lo que se considera aceptable o biodegradable, teniendo en cuenta además que, los valores obtenidos de las muestras tanto del Sector B y Sector C que contienen impermeabilizantes son similares al pH del Sector A o Sector patrón el cual no contiene ningún estabilizante de suelo.

Tal como se puede apreciar en los resultados de la prueba de desgaste el Sector A o sector patrón el cual no contiene aditivos es el que sufre mayor grado de erosión, seguido por el Sector C el cual contiene el aditivo Polyses, por lo que el Sector B el cual contiene Enzima Pz-22x es el que tiene menor grado de erosión, evitando de esa manera generar impactos negativos al medio ambiente como es el caso de la polvareda.

Del análisis de tamaño de partícula se ha apreciado que el sector B el cual contiene Enzima Pz-22x es el que mayor diámetro de partícula genera, por lo que tiene un resultado favorable en comparación con los demás sectores, cabe indicar que, a mayor diámetro de partícula menor será la polvareda, reduciendo los impactos negativos al medio ambiente.

Del análisis de ascenso capilar realizado se ha apreciado que, el sector B el cual contiene Enzima Pz-22x es el que menor ascenso obtuvo teniendo un comportamiento óptimo en comparación a los otros sectores.

Finalmente, el uso del estabilizante de suelo Enzima Pz-22x reduce los impactos negativos del suelo y aire, y no causa impactos negativos al agua ya que mantiene las propiedades físicas mecánicas en comparación al sector patrón el cual no contiene aditivos, mientras que el estabilizante de suelo Polyses si incrementa los impactos negativos tanto al suelo y al agua.

#### **5.4. Aporte científico de la investigación**

- Se determinó el impacto ambiental parcialmente favorable ante la aplicación de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses en contraste al sector patrón. En la carretera Huánuco – Marabamba la conservación de la superficie de rodadura con mayor coeficiente de eficiencia es el Poly –Ses (0.61), alcanzando un tiempo mayor de recurrencia (14.97 meses) pero con un alto grado de contaminantes con respecto al sector patrón.
- Se determinó parámetros significativos y de mayor concurrencia en el estudio de las estabilizantes de suelos, tanto en el cálculo del índice de rugosidad internacional, índice de condición de vía no pavimentada como en la estimación del Impacto Ambiental son: el tipo de estabilizante a usar, el grado

de contaminación al suelo, aire y agua, el costo del estabilizante (un mayor costo es menos contaminante) y operación y mantenimiento.

- Se ha determinado que la región estándar (sin estabilizador), muestra degradación de la superficie y mal estado de carretera, de igual forma cuando se aplica estabilizador enzimático Pz-22x, el nivel de la superficie se deteriora en estado medio y normal de la carretera, pero no presenta contaminantes, en cambio, cuando se aplica el estabilizador enzimático Pz-22x. utilizando un estabilizador SES, se adquirió bajo daño superficial y buen estado de la carretera, pero sin contaminantes.
- Se determinó que, de seguir utilizándose los afirmados como alternativa para optimizar la conservación de las rodaduras no pavimentadas, se llevaría a la explotación de las canteras existentes, que se agotarían (reduciendo capacidad y funcionalidad). Esto encarecerá su funcionamiento y empleo, así como un alto porcentaje de partículas finas.
- En el departamento de Huánuco, la alternativa de solución para mejorar la conservación de las superficies de rodaduras de las carreteras no pavimentadas es el empleo de estabilizantes de suelos (Enzima Pz-22x), en otras naciones está muy desarrollada en contraste con nuestro país.
- Se determinó que la aplicación de estabilizante de suelo Enzima Pz-22x no afecta ni contamina el medio ambiente por lo que es una alternativa para la operación y mantenimiento de la carretera, considerando que se obtuvo que “a mayor costo, menor grado de contaminación medio ambiental”, a diferencia del afirmado “menor costo, mayor grado de contaminación medio ambiental”.

## CONCLUSIONES

- La evaluación del impacto ambiental de los estabilizantes de suelos enzima Pz-22x y Polyses es un tema importante ya que nos brinda una alternativa más de solución ambiental, económica y técnica para mejorar la conservación de las superficies de rodadura de la carretera no pavimentada, obteniendo mejor resultado con el Enzima Pz-22x, obteniendo un menor grado de contaminación medio ambiental durante su vida útil.
- La aplicación de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses, tienen un impacto ambiental parcialmente favorable, siendo este un documento de gestión que justifica los daños al medio ambiental de los estabilizantes de suelos para la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba.
- La determinación del impacto ambiental del estabilizante Enzimas Pz-22x no generó contaminación en el suelo ante su aplicación en la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada, sin embargo, el Polyses si generó contaminación.
- La determinación del impacto ambiental del estabilizante Enzimas Pz-22x no generó contaminación en el agua ante su aplicación en la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada, sin embargo, del Polyses si generó contaminación.
- El sector Polyses tiene un alto grado de contaminantes, a comparación con el Enzimas Pz-22x y Sector patrón. Asimismo, en el material particulado su nivel del sector patrón es Malo, así como también el Polyses.
- Se ha evaluado el impacto ambiental de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses en la conservación de la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas resultando que, el uso del estabilizante de suelo Enzima Pz-22x reduce los impactos negativos del suelo y aire, y no causa impactos negativos al agua ya que mantiene las propiedades físicas mecánicas en comparación al sector patrón el cual no contiene aditivos, mientras que el estabilizante de suelo Polyses si incrementa los impactos negativos tanto al suelo, aire y al agua.

## SUGERENCIAS

El presente estudio de investigación fue elaborado tomando en consideración informaciones recopiladas de distintos investigadores nacionales e internacionales, así como también la elaboración estudios de mecánica de suelos, análisis del agua y la implementación de los métodos del IRI, ICVNP.

Recomendaciones referentes a los resultados obtenidos

- Ejecutar el manejo de los estabilizantes en condiciones secas con el fin de evitar la abundancia de agua en el procedimiento constructivo.
- Con el uso del estabilizante de suelo Enzimas Pz – 22X, reduciremos el costo de operación y mantenimiento por un periodo de 20 años con un impacto ambiental favorable en la conservación de las superficies de rodaduras en la carretera no.
- Contar con mucho cuidado en el manejo del enzima Pz-22x. Estar al tanto de cada una de las instrucciones emitidas por una persona responsable con respecto al uso del equipo de protección y personal adecuado.
- El procedimiento de compactación debe estar bien controlado cuándo y cómo se permite que el cilindro pase a través del área a comprimir. Para este tipo de contexto, emplear un afirmado mínimo de 10 cm de espesor.
- De acuerdo a algunas investigaciones, para el procedimiento de aplicación de este tipo de tecnología se recomienda la mezcla y homogeneización con atomizador, ya que no es posible lograr el 100% de eficiencia con mezclador.



## REFERENCIAS

- Lozada C. (2018). *Glosario de palabras frecuentes en un proyecto de infraestructura vial*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC].
- Serigos, P. (2005). *Estabilización de suelos*. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.
- Espinoza, G. H. (2010). *Propuesta para mejorar las cualidades físicas – mecánicas del suelo, utilizando estabilizantes (terrazyme y zimplex pz – 22x, en proporciones de: 1lt por 33 m<sup>3</sup> de suelo y 1lt por 30 m<sup>3</sup> de suelo), en suelos de fundación de matriz limosa*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.  
<http://tiny.cc/md9tuz>
- Choque, H. M. (2012). *Análisis del aditivo químico sobre la eficacia de la protección de las superficies de rodaduras de un camino no pavimentado*. Universidad Nacional de Ingeniería.  
<https://is.gd/wzgDly>
- Badilla, G. (2009). *Establecimiento de las regularidades superficiales de los pavimentos, por medio del desarrollo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)*. Universidad de Costa Rica.  
<https://bit.ly/3EPce7C>
- Del Águila, P. (s.f.). *Metodología para el establecimiento de las rugosidades del pavimento con equipo de gran precisión y bajo costo*. Academia.  
<https://bit.ly/3vfgHqn>
- Addo, J. Q., Sanders, T. G. & Chenard, M. (2004). *Highway Sand Destruction: Consequence arranged upkeep Steadiness, Shelter, besides the Atmosphere Chapters 1-3*. Campus Carriage Hearts Sequencer.  
<https://www.ugpti.org/resources/reports/downloads/mpc04-156.pdf>
- Coronado, J. (2000). *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras*. SIECA.

<https://bit.ly/3Ki0n39>

Menéndez, J. R. M. (2003). *Mantenimientos de Rutina en un Camino con Microempresa*. Oficina Internacional del Trabajo.

<https://bit.ly/3MAv3Or>

Fratelli, M. G. F. (s.f.). *Suelos, fundaciones y muros*. ASTROM.

<https://bit.ly/3vJxpUw>

Ministerio de Economía y Finanzas [MEF]. (2011). *Análisis funcional: Transporte terrestre*. MEF.

<https://bit.ly/398jwrg>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2014). *El manual de carreteras: geotecnia, pavimentos, suelos y geología*. MTC.

<https://is.gd/hxwk2c>

MTC. (2012). *Manual técnico con el fin del mantenimiento periódico de la red vial no pavimentada*. MTC.

MTC. (2012). *Manual técnico con el fin del mantenimiento periódico de la red vial no pavimentada*. MTC.

MTC. (2009). *Manual de conservación de una carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito*. MTC.

MTC. (2018). *Manuales de diseños geométricos*. MTC.

<https://bit.ly/3Le82kh>

Chávez, P. (2018). *Estabilizador endurecedor de suelos. Zymplex Pz-22X*. Chávez.

Paterson, W. (2010). *Deterioros de los caminos y consecuencias del mantenimiento: modelo de diseño y administración*. Paterson.

Polidem. (15 de 12 de 2015). *Mejorador de suelos*. Polidem S.A.

<https://is.gd/f7BVXB>

Martínez, P. (2008). *Concepto de los índices de rugosidad intensivo del pavimento orientado al mantenimiento*. Universidad de Chile.

Del Río, R. (1999). *Medidas de las geometrías de una carretera*. AEPO.

<https://www.scribd.com/document/99904213/Geometria-de-Carreteras>

United States Department of Agriculture [USDA]. (1999). *Dirt relaxing collection besides submission director*. USDA.

<https://bit.ly/3MtA8bq>

# **ANEXOS**

**ANEXO 01**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p><b>PROBLEMA PRINCIPAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es el impacto ambiental de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses en la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas?</li> </ul>	<p><b>OBJETIVO PRINCIPAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el impacto ambiental de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses en la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas.</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS PRINCIPAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “Los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses actúan favorablemente en la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas y que las mismas no causan impactos ambientales negativos con su aplicación”.</li> </ul>	<p><b>INDEPENDIENTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses</li> </ul>	<p><b>INDEPENDIENTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosificación del estabilizante de suelo Enzima Pz-22xx 1lt/30 m<sup>3</sup></li> <li>• Dosificación del estabilizante de suelo Polyses 1kg/ m<sup>3</sup></li> <li>• Cantidad de Suelo a intervenir m<sup>3</sup></li> <li>• Cantidad de agua a utilizar m<sup>3</sup></li> </ul>
<p><b>PROBLEMA SECUNDARIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es el impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz-22x y Polyses en el suelo, aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas?</li> <li>• ¿Cuál es el impacto de los estabilizantes Enzima Pz-22x y Polyses en el agua, aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas?</li> <li>• ¿Cuál es el nivel de los posibles impactos ambientales por la generación de contaminantes y material particulado?</li> </ul>	<p><b>OBJETIVO SECUNDARIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz – 22x y Polyses, en el suelo aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas.</li> <li>• Determinar el impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz – 22x y Polyses en el agua aplicado en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas.</li> <li>• Determinar los resultados obtenidos en función de la generación de contaminantes y material particulado para establecer el nivel de los impactos ambientales.</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS SECUNDARIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “El impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz – 22x y Polyses, no generan contaminación en el suelo durante su aplicación en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas”.</li> <li>• “El impacto ambiental de los estabilizantes Enzima Pz – 22x y Polyses, no generan contaminación en el agua durante su aplicación en la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas”.</li> <li>• “Los resultados obtenidos en función de la generación de contaminantes y material particulado son favorables para establecer el nivel de los posibles impactos ambientales”.</li> </ul>	<p><b>DEPENDIENTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto ambiental en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada.</li> </ul>	<p><b>DEPENDIENTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial de Hidrogeno (PH)</li> <li>• Demanda química de oxígeno (mg O<sub>2</sub>/L).</li> <li>• Carbono orgánico total ( Loi %p/p)</li> <li>• Próctor Modificado</li> </ul>

MARCO METODOLÓGICO												
METODO DE INVESTIGACION	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	AMBITO DE LA INVESTIGACION	INSTRUMENTO Y FUENTES DE INFORMACION									
<p>Para el desarrollo de la investigación, se considera la metodología de Aplicaciones mezcladas in situ o aplicaciones íntimas.</p> <p>El trabajo busca en su primera etapa, recopilar, elaborar y presentar los conceptos de la tecnología de los estabilizantes de suelo para entender el desarrollo del tema.</p> <p>En la segunda etapa se realizarán los ensayos de laboratorio.</p> <p>En la tercera etapa se realizarán los trabajos en in situ:</p> <p>La sectorización se realizara de acuerdo a los siguientes parámetros:</p> <p>1) Geometría de la carretera. 2) Morfología. 3) Tránsito vehicular</p> <p>En la última etapa se identificara el impacto que causa al medio ambiente por medio ensayos con equipos.</p>	<p>Teniendo como referencia la clasificación de los diseños experimentales de Hernández el diseño a utilizarse es experimental en su forma experimentos puros, diseño con post prueba únicamente y grupo de control, en la cual se tienen tres grupos (muestras se suelo con estabilizante y sin estabilizante) dos reciben el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control o testigo), la manipulación de las variables alcanza tres niveles presencia y ausencia de estabilizantes químicos.</p> <p>El esquema de la investigación será el siguiente:</p> <table border="0"> <tr> <td>RG1</td> <td>X1</td> <td>O1</td> </tr> <tr> <td>RG2</td> <td>X2</td> <td>O2</td> </tr> <tr> <td>RG3</td> <td>-</td> <td>O3</td> </tr> </table> <p>Donde: RG1 = Muestras de suelo. RG2 = Muestras de suelo. RG3 = Muestras de suelo. X1,X2 = Estabilizantes químicos O1, O2 = Muestras de suelo con estabilizantes químicos. O2 = Muestras de suelo sin estabilizantes químicos.</p>	RG1	X1	O1	RG2	X2	O2	RG3	-	O3	<p><b>Unidad de análisis o estudio</b> Carretera No Pavimentada Huánuco - Marabamba</p> <p><b>Población</b> Está constituida por el suelo de fundación de la carretera no pavimentada. Huánuco-Marabamba; con una longitud de 1.726 Km.</p> <p><b>Muestra</b> Según los términos de referencia, para obtener la muestra se deberá efectuar prospecciones de carretera (tramos), cada 300 metros. A los sectores de prueba se les coloca una superficie de rodadura con material seleccionado de cantera. Del cual se obtendrá la muestra del suelo y de cantera para los respectivos ensayos de laboratorio.</p> <p><b>Técnica de muestreo</b> Teniendo como referencia la clasificación de los tipos de muestreo de Hernández, el tipo de muestreo es no probabilístico, porque está constituido por las muestras de suelos obtenidas cada 300 m aproximadamente.</p>	<p>1. Instrumentos de investigación documental y bibliográfica</p> <p>a. Fichas de documentación e investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fichas textuales</li> <li>- Fichas de resumen</li> <li>- Fichas de comentario</li> </ul> <p>b. Fichas de registro o localización</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fichas bibliográficas</li> <li>- Fichas hemerográficas</li> <li>- Fichas de internet</li> </ul> <p>2. Instrumentos de recolección de información de trabajo de campo</p> <p>a. Libreta de campo b. Instrumentos de campo</p> <p>3. Instrumentos de recolección de información de laboratorio</p> <p>a. Guías de laboratorio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo</li> <li>-</li> </ul>
RG1	X1	O1										
RG2	X2	O2										
RG3	-	O3										

<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>			
<b>SINTOMAS</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>PRONOSTICO</b>	<b>CONTROL DE PRONOSTICO</b>
<p>Sección transversal impropia</p> <p>Drenaje inadecuado</p> <p>Ondulaciones</p> <p>Exceso de polvo</p> <p>Baches</p> <p>Surcos de rueda o ahuellamiento</p> <p>Segregación de agregados</p>	<p>Acumulación de agua superficial en la plataforma, falta de mantenimiento en las obras de arte.</p> <p>Deformaciones que ocurren en la superficie de rodadura</p> <p>Pérdida de la fracción fina de la base o de la capa granular de afirmado cuyo contenido en la mezcla es excesivo.</p> <p>Inexistencia de capas de revestimiento</p> <p>Deficiencias en la composición de la mezcla</p> <p>Ausencia de partículas aglutinantes en la composición de la carpeta de rodado.</p> <p>Deformación permanente de la base o revestimiento.</p>	<p>El mecanismo de deterioro en carreteras no pavimentadas es un proceso más acelerado comparado con vías pavimentadas, esto se debe a que en condiciones secas y bajo la acción abrasiva de los neumáticos los finos llegan a pulverizarse iniciándose así un progresivo desgaste de la superficie.</p> <p>Permita una propuesta de solución para la operación y mantenimiento de la carretera no pavimentada sin alterar las características ambientales</p>	<p>Es necesario la aplicación de un estabilizante orgánico y otro inorgánico para la estabilidad del suelo en la superficie de rodadura, sin afectar el medio ambiente y/o condiciones medioambientales.</p>



## ANEXO 02

### CONSENTIMIENTO INFORMADO



**ID:** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**TÍTULO:** IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA

**OBJETIVO:** Evaluar el impacto ambiental de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Polyses en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada

**INVESTIGADOR:** Sheyla Mayumi Morales Beteta

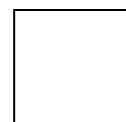
#### **Consentimiento / Participación voluntaria**

Acepto participar en el estudio: He leído la información proporcionada, o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar dudas sobre ello y se me ha respondido satisfactoriamente. Consiento voluntariamente participar en este estudio y entiendo que tengo el derecho de retirarme en cualquier momento de la intervención (tratamiento) sin que me afecte de ninguna manera.

- **Firmas del participante o responsable legal**

Huella digital si el caso lo amerita

Firma del participante: \_\_\_\_\_



Firma del investigador responsable: \_\_\_\_\_

Huánuco, 2022


























## ANEXO 04 VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR EXPERTOS

Nombre del experto: Carlo Roberto Yabar Miranda  
Especialidad: Ingeniería Civil


### FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA		HUANUCO - MARABAMBA														ESTACION		TRAMO 1		
SENTIDO		← E							S →							CODIGO DE LA ESTACION		T1		
UBICACION		MARABAMBA														DIA Y FECHA		04	09	2021

HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
	INICIO	FIN			PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	>=3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	T2S1/T2S2 	T2S3 	T3S1/3S2 	T3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	>=3T3 		
1	06:00:00	06:15:00																					0
	06:15:00	06:30:00																					0
	06:30:00	06:45:00																					0
	06:45:00	07:00:00																					0
2	07:00:00	07:15:00																					0
	07:15:00	07:30:00																					0
	07:30:00	07:45:00																					0
	07:45:00	08:00:00																					0
3	08:00:00	08:15:00																					0
	08:15:00	08:30:00																					0
	08:30:00	08:45:00																					0
	08:45:00	09:00:00																					0
4	09:00:00	09:15:00																					0
	09:15:00	09:30:00																					0
	09:30:00	09:45:00																					0
	09:45:00	10:00:00																					0
5	10:00:00	10:15:00																					0
	10:15:00	10:30:00																					0
	10:30:00	10:45:00																					0
	10:45:00	11:00:00																					0
6	11:00:00	11:15:00																					0
	11:15:00	11:30:00																					0
	11:30:00	11:45:00																					0
	11:45:00	12:00:00																					0
<b>TOTAL</b>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

RELEVANCIA	4
COHERENCIA	4
SUFICIENCIA	4
CLARIDAD	4

  
CARLOS ROBERTO YÁBAR MIRANDA

DECISIÓN DEL EXPERTO: El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ( )

Nombre del experto: Cornejo y Maldonado, Antonio

Especialidad: Medio Ambiente

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA			HUANUCO - MARABAMBA											ESTACION		TRAMO 1							
SENTIDO			← E					S →						CODIGO DE LA ESTACION		T1							
UBICACIÓN			MARABAMBA											DIA Y FECHA		04	09	2021					
HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
	PERIODO 15 MIN	INICIO			FIN	PICK UP	PANEL		RURAL Combi	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2		>=3T3
1		06:00:00	06:15:00																			0	
		06:15:00	06:30:00																				0
		06:30:00	06:45:00																				0
		06:45:00	07:00:00																				0
2		07:00:00	07:15:00																				0
		07:15:00	07:30:00																				0
		07:30:00	07:45:00																				0
3		07:45:00	08:00:00																				0
		08:00:00	08:15:00																				0
		08:15:00	08:30:00																				0
4		08:30:00	08:45:00																				0
		08:45:00	09:00:00																				0
		09:00:00	09:15:00																				0
5		09:15:00	09:30:00																				0
		09:30:00	09:45:00																				0
		09:45:00	10:00:00																				0
6		10:00:00	10:15:00																				0
		10:15:00	10:30:00																				0
		10:30:00	10:45:00																				0
TOTAL		10:45:00	11:00:00																				0
		11:00:00	11:15:00																				0
		11:15:00	11:30:00																				0
	11:30:00	11:45:00																					0
	11:45:00	12:00:00																					0
<b>TOTAL</b>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RELEVANCIA	4
COHERENCIA	4
SUFICIENCIA	4
CLARIDAD	4

  
 Dr. Antonio S. Cornejo y Maldonado  
 Asesor de la Tesis

DECISIÓN DEL EXPERTO: El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ( )

Nombre del experto: Trujillo Ariza, Yale  
Especialidad: Ingenieria Civil

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA		HUANUCO - MARABAMBA														ESTACION		TRAMO 1		
SENTIDO		← E					S →									CODIGO DE LA ESTACION		T1		
UBICACION		MARABAMBA														DIA Y FECHA		04	09	2021

HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL	
	INICIO	FIN			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2		>=3T3
1	06:00:00	06:15:00																			0	
	06:15:00	06:30:00																				0
	06:30:00	06:45:00																				0
	06:45:00	07:00:00																				0
2	07:00:00	07:15:00																				0
	07:15:00	07:30:00																				0
	07:30:00	07:45:00																				0
3	07:45:00	08:00:00																				0
	08:00:00	08:15:00																				0
	08:15:00	08:30:00																				0
4	08:30:00	08:45:00																				0
	08:45:00	09:00:00																				0
	09:00:00	09:15:00																				0
	09:15:00	09:30:00																				0
5	09:30:00	09:45:00																				0
	09:45:00	10:00:00																				0
	10:00:00	10:15:00																				0
	10:15:00	10:30:00																				0
6	10:30:00	10:45:00																				0
	10:45:00	11:00:00																				0
	11:00:00	11:15:00																				0
	11:15:00	11:30:00																				0
6	11:30:00	11:45:00																				0
	11:45:00	12:00:00																				0
<b>TOTAL</b>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RELEVANCIA	4
COHERENCIA	4
SUFICIENCIA	4
CLARIDAD	4

DECISION DEL EXPERTO: El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ( )

  
**TRUJILLO ARIZA Yale**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193288

Nombre del experto: Lambruschini Espinoza, Alexander  
 Especialidad: Ingeniería Hidraulica y medio ambiente

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA			HUANUCO - MARABAMBA																	ESTACION		TRAMO 1		
SENTIDO			← E					S →												CODIGO DE LA ESTACION		T1		
UBICACIÓN			MARABAMBA																	DIA Y FECHA		04	09	2021

HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
	INICIO	FIN			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
1	06:00:00	06:15:00																			0	
	06:15:00	06:30:00																			0	
	06:30:00	06:45:00																			0	
	06:45:00	07:00:00																			0	
2	07:00:00	07:15:00																			0	
	07:15:00	07:30:00																			0	
	07:30:00	07:45:00																			0	
	07:45:00	08:00:00																			0	
3	08:00:00	08:15:00																			0	
	08:15:00	08:30:00																			0	
	08:30:00	08:45:00																			0	
	08:45:00	09:00:00																			0	
4	09:00:00	09:15:00																			0	
	09:15:00	09:30:00																			0	
	09:30:00	09:45:00																			0	
	09:45:00	10:00:00																			0	
5	10:00:00	10:15:00																			0	
	10:15:00	10:30:00																			0	
	10:30:00	10:45:00																			0	
	10:45:00	11:00:00																			0	
6	11:00:00	11:15:00																			0	
	11:15:00	11:30:00																			0	
	11:30:00	11:45:00																			0	
	11:45:00	12:00:00																			0	
<b>TOTAL</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

RELEVANCIA	4
COHERENCIA	4
SUFICIENCIA	4
CLARIDAD	4

  
 MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza  
 C.I.P. 164884

DECISIÓN DEL EXPERTO: El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ( )

Nombre del Experto: Castañeda Alvarado, Jorge  
 Especialidad: Ingeniería Civil, infraestructuras y GIS

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA		HUANUCO - MARABAMBA											ESTACION				TRAMO 1		
SENTIDO		← E					S →						CODIGO DE LA ESTACION				T1		
UBICACION		MARABAMBA											DIA Y FECHA				04	09	2021

HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
	INICIO	FIN			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
1	06:00:00	06:15:00																						0
	06:15:00	06:30:00																						0
	06:30:00	06:45:00																						0
	06:45:00	07:00:00																						0
2	07:00:00	07:15:00																						0
	07:15:00	07:30:00																						0
	07:30:00	07:45:00																						0
	07:45:00	08:00:00																						0
3	08:00:00	08:15:00																						0
	08:15:00	08:30:00																						0
	08:30:00	08:45:00																						0
	08:45:00	09:00:00																						0
4	09:00:00	09:15:00																						0
	09:15:00	09:30:00																						0
	09:30:00	09:45:00																						0
	09:45:00	10:00:00																						0
5	10:00:00	10:15:00																						0
	10:15:00	10:30:00																						0
	10:30:00	10:45:00																						0
	10:45:00	11:00:00																						0
6	11:00:00	11:15:00																						0
	11:15:00	11:30:00																						0
	11:30:00	11:45:00																						0
	11:45:00	12:00:00																						0
<b>TOTAL</b>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RELEVANCIA	4
COHERENCIA	4
SUFICIENCIA	4
CLARIDAD	4

  
 JORGE CASTAÑEDA ALVARADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 168747

DECISIÓN DEL EXPERTO: El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ( )

## ANEXO 05

## RESULTADOS DE LABORATORIO SUELOS, PH, DQO, DBO, COT Y AFORO

## A. PRIMERA INSPECCIÓN

### ANÁLISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 PROYECTO : Impacto ambiental de los estabilizantes de suelo en la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada  
 UBICACIÓN : Marabamba – Pillco Marca - Huánuco  
 RESP. ANÁLISIS : Ing. Nelson Guerreros Pardo  
 FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 16 de diciembre de 2021

Nº Lab.	Nº Campo	Tramo o sector	Nº Inspección	pH	DQO (mg O2/L)	DBO (mg O2/L)	COT (mg / L)
45500	M-01-SA	Sector A Sin estabilizante	1era inspección	7.10	24.88	8.56	8.85

### ANÁLISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 PROYECTO : Impacto ambiental de los estabilizantes de suelo en la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada  
 UBICACIÓN : Marabamba – Pillco Marca - Huánuco  
 RESP. ANÁLISIS : Ing. Nelson Guerreros Pardo  
 FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 16 de diciembre de 2021


Nº Lab.	Nº Campo	Tramo o sector	Nº Inspección	pH	DQO (mg O2/L)	DBO (mg O2/L)	COT (mg / L)
45501	M-01-SB	Sector B Con Enzimas	1era inspección	7.28	25.32	8.69	8.92

### ANÁLISIS DE AGUA


SOLICITANTE : Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 PROYECTO : Impacto ambiental de los estabilizantes de suelo en la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada  
 UBICACIÓN : Marabamba – Pillco Marca - Huánuco  
 RESP. ANÁLISIS : Ing. Nelson Guerreros Pardo  
 FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 16 de diciembre de 2021

Nº Lab.	Nº Campo	Tramo o sector	Nº Inspección	pH	DQO (mg O2/L)	DBO (mg O2/L)	COT (mg / L)
45502	M-01-SC	Sector C Con Polyses	1era inspección	7.33	31.23	16.82	29.36


  
 CARLOS ROBERTO YÁÑEZ MIRANDA

  
 Dr. Antonio S. Cornejo y Maldonado  
 Asesor de la Tesis



  
 TRUJILLO ARIZA YELA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193238

  
 MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza  
 C.I.P. 164884

  
 JORGE CASTAÑEDA ALVARADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 188747



## B. SEGUNDA INSPECCIÓN

**ANÁLISIS DE AGUA**

SOLICITANTE : Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 PROYECTO : Impacto ambiental de los estabilizantes de suelo en la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada  
 UBICACIÓN : Marabamba – Pillco Marca - Huánuco  
 RESP. ANÁLISIS : Ing. Nelson Guerreros Pardo  
 FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 16 de febrero de 2022

N° Lab.	N° Campo	Tramo o sector	N° Inspección	pH	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	COT (mg / L)
45568	M-02-SA	Sector A Sin estabilizante	2da inspección	7.06	24.33	8.42	8.53

**ANÁLISIS DE AGUA**

SOLICITANTE : Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 PROYECTO : Impacto ambiental de los estabilizantes de suelo en la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada  
 UBICACIÓN : Marabamba – Pillco Marca - Huánuco  
 RESP. ANÁLISIS : Ing. Nelson Guerreros Pardo  
 FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 16 de febrero de 2022


N° Lab.	N° Campo	Tramo o sector	N° Inspección	pH	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	COT (mg / L)
45569	M-02-SB	Sector B Con Enzimas	2da inspección	7.14	25.18	8.51	8.63

**ANÁLISIS DE AGUA**

SOLICITANTE : Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 PROYECTO : Impacto ambiental de los estabilizantes de suelo en la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada  
 UBICACIÓN : Marabamba – Pillco Marca - Huánuco  
 RESP. ANÁLISIS : Ing. Nelson Guerreros Pardo  
 FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 16 de febrero de 2022

N° Lab.	N° Campo	Tramo o sector	N° Inspección	pH	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	COT (mg / L)
45570	M-02-SC	Sector C Con Polyses	2da inspección	7.18	30.56	15.65	26.98


  
 CARLOS ROBERTO YÁÑEZ MIRANCCA

  
 Dr. Antonio S. Cornejo y Maldonado  
 Asesor de la Tesis



TRUJILLO ARIZA YELA & C.  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193288

  
 MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza  
 C.I.P. 164884

  
 JORGE CASTAÑEDA ALVARADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 168747

## C. TERCERA INSPECCIÓN

**ANÁLISIS DE AGUA**

SOLICITANTE : Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 PROYECTO : Impacto ambiental de los estabilizantes de suelo en la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada  
 UBICACIÓN : Marabamba – Pillco Marca - Huánuco  
 RESP. ANÁLISIS : Ing. Nelson Guerreros Pardo  
 FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 16 de marzo de 2022

Nº Lab.	Nº Campo	Tramo o sector	Nº Inspección	pH	DQO (mg O2/L)	DBO (mg O2/L)	COT (mg / L)
45623	M-03-SA	Sector A Sin estabilizante	3ra inspección	7.02	24.27	8.37	8.51

**ANÁLISIS DE AGUA**

SOLICITANTE : Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 PROYECTO : Impacto ambiental de los estabilizantes de suelo en la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada  
 UBICACIÓN : Marabamba – Pillco Marca - Huánuco  
 RESP. ANÁLISIS : Ing. Nelson Guerreros Pardo  
 FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 16 de marzo de 2022


Nº Lab.	Nº Campo	Tramo o sector	Nº Inspección	pH	DQO (mg O2/L)	DBO (mg O2/L)	COT (mg / L)
45624	M-03-SB	Sector B Con Enzimas	3ra inspección	7.11	25.14	8.43	8.59

**ANÁLISIS DE AGUA**


SOLICITANTE : Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 PROYECTO : Impacto ambiental de los estabilizantes de suelo en la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada  
 UBICACIÓN : Marabamba – Pillco Marca - Huánuco  
 RESP. ANÁLISIS : Ing. Nelson Guerreros Pardo  
 FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 16 de marzo de 2022

Nº Lab.	Nº Campo	Tramo o sector	Nº Inspección	pH	DQO (mg O2/L)	DBO (mg O2/L)	COT (mg / L)
45625	M-03-SC	Sector C Con Polyses	3ra inspección	7.15	29.89	14.26	22.50


  
 CARLOS ROBERTO YABAR MIRANDA

  
 Dr. Antonio S. Cornejo y Maldonado  
 Asesor de la Tesis



  
 TRUJILLO ARIZA YELA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193288

  
 MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza  
 C.I.P. 164884

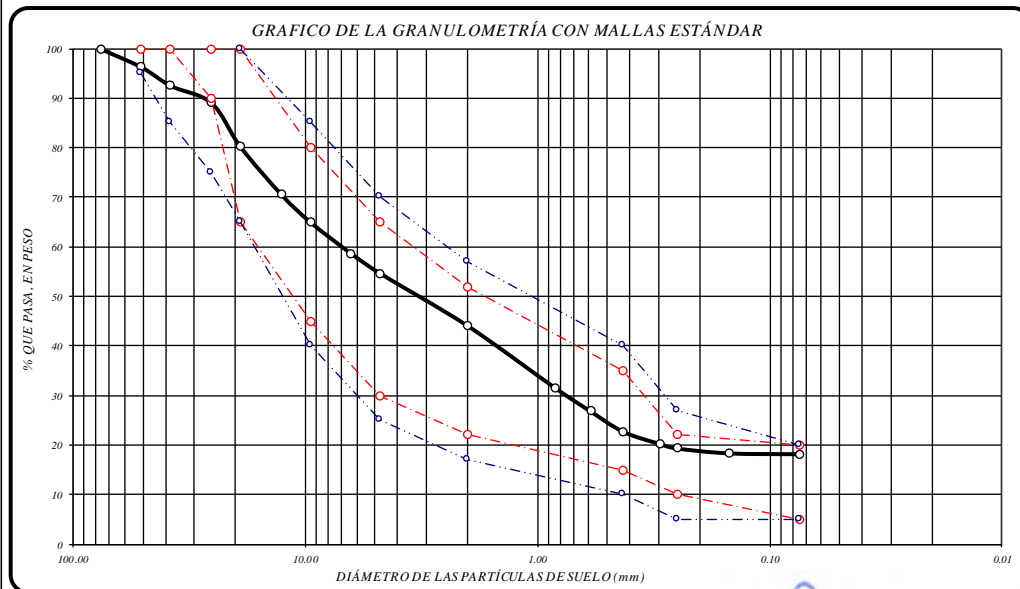
  
 JORGE CASTAÑEDA ALVARADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 188747

## ANEXO 06 RESULTADOS DE LABORATORIO

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - HUANUCO</b>							
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</b>							
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y MATERIALES</b>							
<b>PROYECTO</b>		: "IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA"					
<b>UBICACIÓN</b>		: PILLCO MARCA - DIST: PILLCO MARCA - PROV: HUÁNUCO - DEP: HUÁNUCO					
<b>MUESTRA</b>		: M - 01					
<b>CANTERA</b>		: POTRACANCHA					
<b>SOLICITA</b>		: Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta.					
<b>FECHA</b>		: Setiembre 2021					
TAMIZ No	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES TECNICAS	TAMAÑO MÁXIMO
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	299.10	3.70	3.70	96.30	100	
1 1/2"	38.100	301.40	3.73	7.43	92.57	100	
1"	25.400	281.10	3.48	10.91	89.09	90	
3/4"	19.050	715.40	8.85	19.76	80.24	65	
1/2"	12.700	777.30	9.62	29.37	70.63	-	
3/8"	9.525	451.10	5.58	34.95	65.05	45	
1/4"	6.350	512.70	6.34	41.29	58.71	-	
No 4	4.760	324.90	4.02	45.31	54.69	30	
No 10	2.000	854.20	10.57	55.88	44.12	22	
No 20	0.840	1012.30	12.52	68.40	31.60	-	
No 30	0.590	383.30	4.74	73.14	26.86	-	
No 40	0.426	334.50	4.14	77.28	22.72	15	
No 50	0.297	197.80	2.45	79.73	20.27	-	
No 60	0.250	73.50	0.91	80.64	19.36	10	
No 100	0.149	80.30	0.99	81.63	18.37	-	
No 200	0.074	13.60	0.17	81.80	18.20	5	
CAZOLETA	0.000	1471.40	18.20	100.00	0.00	-	
<b>TOTAL</b>		<b>8083.90</b>	<b>100.00</b>				

<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	
Grava Lím o arcilloso bien graduada con material granular equivalente a: <b>81.80 %</b>	
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Líquido =	29.14 %
Limite Plástico =	19.93 %
Índice Plástico =	9.21 %
Coeficiente de Curvatura =	N.P.
Coeficiente de Uniformidad =	N.P.
<b>CLASIFICACION</b>	
SUCS :	SC
AASHTO :	A2 - 4(0)
<b>OBSERVACIONES</b>	
% de Grava =	45.31%
% de Arena =	36.49%
% de Lím o y Arcilla =	18.20%
% de Humedad =	6.79 %
<b>INTERPRETACION</b>	
Bueno como terreno de fundacion	



  
 CARLOS ROBERTO YÁÑEZ MIRANDA

  
 Ing. Antonio Cornejo Maldonado  
 Asesor

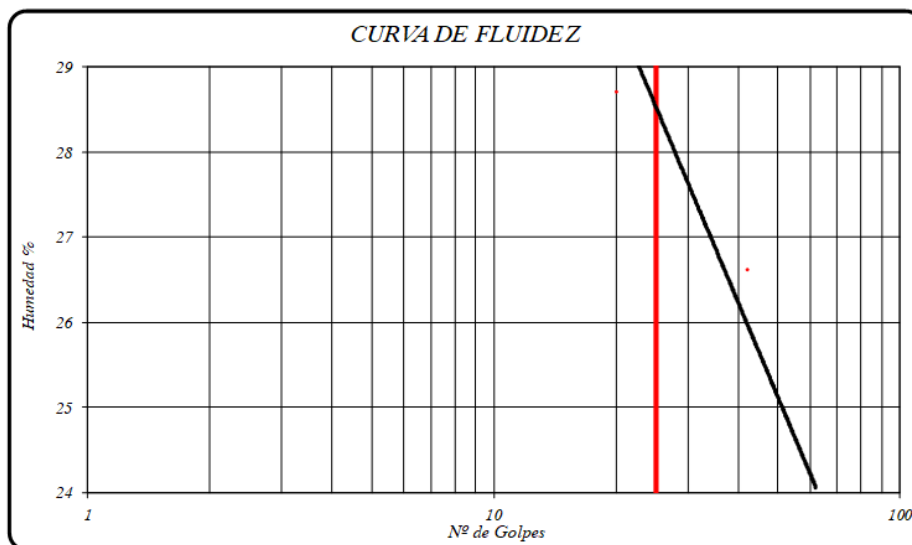
  
 Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta.  
 Tesista

  
 JORGE CASTAÑEDA ALVARADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 188747


  
 TRUJILLO ARIZA YELA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193288


  
 MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza  
 C.I.P. 164884

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - HUANUCO</b>					
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</b>					
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y MATERIALES</b>					
<b>PROYECTO</b>	: "IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA"				
<b>UBICACIÓN</b>	: PILLCO MARCA - DIST: PILLCO MARCA - PROV: HUÁNUCO - DEP: HUÁNUCO				
<b>MUESTRA</b>	: M - 01				
<b>CANTERA</b>	: POTRACANCHA				
<b>SOLICITA</b>	: Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta.				
<b>FECHA</b>	: Setiembre 2021				
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423</b>					
<b>N° DE GOLPES</b>	9	17	27	39	
<i>Suelo Húmedo + Tarro</i>	8.331	8.299	7.831	8.920	<b>LIMITE LIQUIDO</b> : 29.14
<i>Suelo seco + Tarro</i>	6.779	6.729	6.487	7.399	
<i>Peso de Tarro</i>	2.058	1.622	1.700	1.675	<b>LIMITE PLÁSTICO</b> : 19.93
<i>Peso del Agua</i>	1.552	1.570	1.344	1.521	
<i>Peso de Suelo Seco</i>	4.721	5.107	4.787	5.724	
<b>HUMEDAD %</b>	32.874	30.742	28.076	26.572	<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b> : 9.21
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424</b>					
<b>MUESTRA</b>	01	02	03		
<i>Suelo Húmedo + Tarro</i>	3.503	4.140	2.930		
<i>Suelo seco + Tarro</i>	3.281	3.822	2.712		
<i>Peso de Tarro</i>	2.054	2.294	1.668		
<i>Peso del Agua</i>	0.222	0.318	0.218		
<i>Peso de Suelo Seco</i>	1.227	1.528	1.044		
<b>HUMEDAD %</b>	18.093	20.812	20.881		



  
 CARLOS ROBERTO YÁÑEZ MIRANDA

  
 Ing. Antonio Cornejo Maldonado  
 Asesor

  
 Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta.  
 Tesista

JORGE CASTAÑEDA ALVARADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 188747



TRUJILLO ARIZA Yela  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193288

MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza  
 C.I.P. 164884

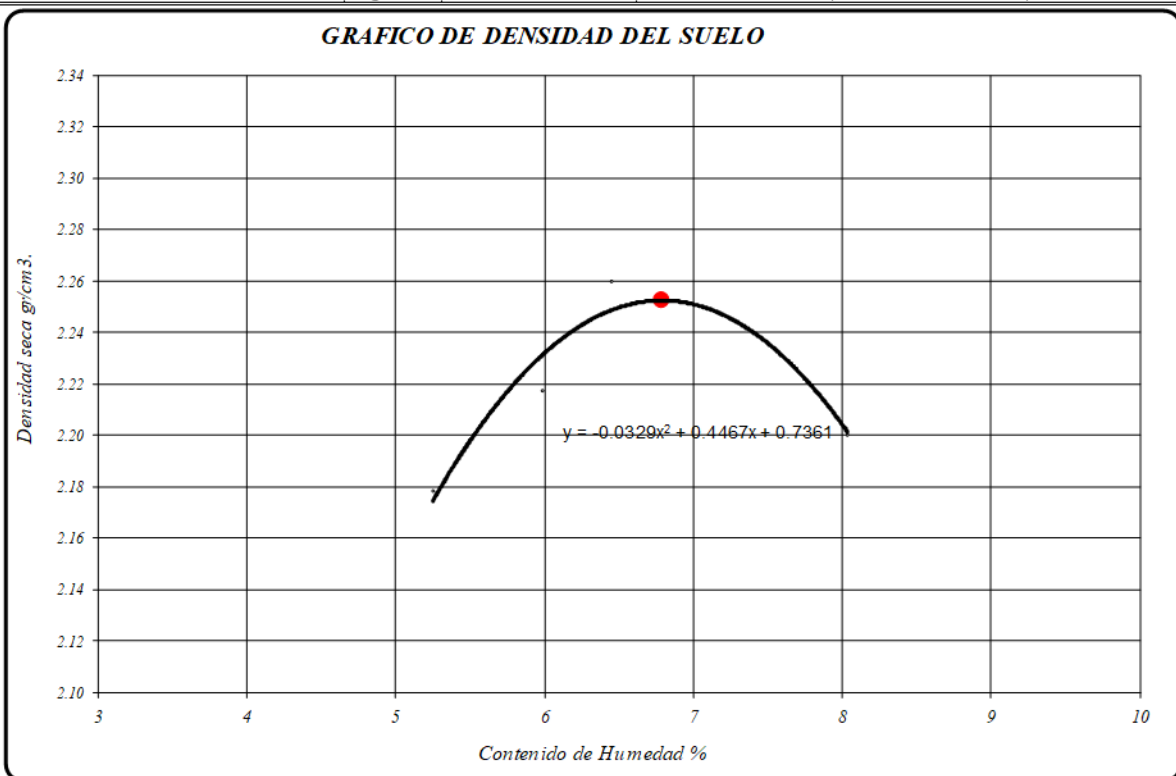
**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA**

**PROYECTO** : TESINA DE GRADO  
**UBICACIÓN** : DIST: PILLCO MARCA PROV: HUANUCO DEP: HUANUCO Nº DE CAPAS : 5  
**CANTERA** : POTRACANCHA Nº DE GOLPES POR CAPA : 56  
**SOLICITA** : Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta.  
**FECHA** : Julio 2021

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	11243.6	11365.4	11483.1	11422.5				
PESO DEL MOLDE	gr.	6374.2	6374.2	6374.2	6374.2				
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	4869.4	4991.2	5108.9	5048.3				
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup> .	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9				
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup> .	2.293	2.350	2.405	2.377				
Nº DE TARA		1	2	3	4	5	6	7	8
DETERMINACIÓN		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
PESO MUESTRA HÚMEDA + TARA	gr.	37.570	21.920	50.030	34.560	52.630	30.660	23.100	23.770
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	35.850	20.890	47.340	32.770	49.660	28.930	21.620	22.160
PESO DE LA TARA	gr.	2.200	1.770	2.690	2.670	2.660	2.670	2.650	2.690
PESO DEL AGUA	gr.	1.720	1.030	2.690	1.790	2.970	1.730	1.480	1.610
PESO MUESTRA SECA	gr.	33.650	19.120	44.650	30.100	47.000	26.260	18.970	19.470
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.11	5.39	6.02	5.95	6.32	6.59	7.80	8.27
HUMEDAD PROMEDIO	%	5.25		5.99		6.45		8.04	
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup> .	2.178		2.217		2.260		2.200	



Observaciones - Muestra proporcionada por el Solicitante  
 Densidad Máxima Seca : 2.252 gr/cm<sup>3</sup>.  
 Humedad Optima : 6.79 %

*Handwritten signature*  
 CARLOS ROBERTO YABAR MIRANDA

*Handwritten signature*  
 Ing. Antonio Cornejo Maldonado  
 Asesor

*Handwritten signature*  
 Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta.  
 Tesista

*Handwritten signature*  
 JORGE CASTAÑEDA ALVARADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 168747

*Handwritten signature*  
 TRUJILLO ARIZA Yela L.  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193288

*Handwritten signature*  
 MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza  
 C.I.P. 164884

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES**

**PROYECTO** : TESINA DE GRADO NUMERO DE CAPAS : 3  
**UBICACIÓN** : DIST: PILLCO MARCA PROV: HUANUCO DEP: HUANUCO N° DE GOLPES POR CAPA : 56  
**SOLICITA** : Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta. PESO DEL PISON : 10 LB.  
**CANTERA** : POTRACANCHA COMPACTACION : TIPO C  
FECHA : JULIO, 2021

MUESTRA	01		02		03	
N° DE GOLPES	56		25		10	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Peso del molde + suelo hum edo	gr. 12264.7	12359.9	12040.2	12154.5	11781.7	12016.9
Peso del molde	gr. 7138.5	7138.5	7127.0	7127.0	7139.9	7139.9
Peso del suelo hum edo	gr. 5126.2	5221.4	4913.2	5027.5	4641.8	4877.0
Volumen del suelo	cm <sup>3</sup> 2123.9	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9
Densidad hum eda	gr/cc 2.4	2.5	2.3	2.4	2.2	2.3
Humedad	%		%		%	
Densidad seca	gr/cc 2.259		2.163		2.042	
<b>IDENTIFICACION DE TARA</b>						
Peso tara + suelo hum edo	gr. 1	2	3	4	5	6
Peso tara + suelo seco	gr. 47.82	57.27			60.65	48.82
Peso de la tara	gr. 44.76	53.99			56.82	45.87
Peso del agua	gr. 2.68	2.68			2.68	2.67
Peso de los sólidos	gr. 3.06	3.28			3.83	2.95
humedad	gr. 42.08	51.31			54.14	43.20
Promedio de humedad	% 7.27	6.39			7.07	6.83
	%		%		%	
	6.83		6.95		7.05	

**E X P A N S I O N**

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
21/08/2014	10:32		0.0			0.0			0.0		
22/08/2014	10:30		0.0			1.0			7.0		
23/08/2014	10:35		0.0			3.0			10.0		

**P E N E T R A C I O N**

PENETRACION EN PULGADAS	MUESTRA N° 01				MUESTRA N° 02				MUESTRA N° 03			
	LECTURA DIAL	CORRECCION			LECTURA DIAL	CORRECCION			LECTURA DIAL	CORRECCION		
		L libras	L b/Pulg 2.			L libras	L b/Pulg 2.			L libras	L b/Pulg 2.	
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.008	20	158.1	52.7	190.0	13.0	102.7	34.2	146.0	7.0	55.3	18.4	57.0
0.023	48	379.4	126.5	410.0	37.0	292.4	97.5	310.0	21.0	166.0	55.3	123.0
0.040	75	592.8	197.6	610.0	64.0	505.8	168.6	475.0	36.0	248.5	82.8	165.0
0.064	124	980.0	326.7	800.0	93.0	735.0	245.0	607.0	51.0	403.1	134.4	210.0
0.100	169	1335.7	445.2	1035.0	153.0	1209.2	403.1	775.0	79.0	624.4	208.1	273.0
0.158	267	2110.2	703.4	1360.0	201.0	1588.6	529.5	965.0	99.0	782.4	260.8	348.0
0.228	361	2853.2	951.1	1645.0	245.0	1936.4	645.5	1130.0	117.0	924.7	308.2	418.0
0.291	455	3596.1	1198.7	1880.0	280.0	2213.0	737.7	1250.0	135.0	1067.0	355.7	463.0
0.378	624	4931.8	1643.9	2134.0	335.0	2647.7	882.6	1393.0	161.0	1272.5	424.2	507.0
0.500	749	5919.7	1973.2	2380.0	350.0	3003.3	1001.1	1540.0	187.0	1478.0	492.7	557.0

CARLOS ROBERTO YAÑAR MIRAMÉ

  
 Ing. Antonio Comejo Maldonado  
 Asesor

  
 Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 Tesista

  
 JORGE CASTAÑEDA ALVARADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 168747

  
 TRUJILLO ARIZA Yela  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193288

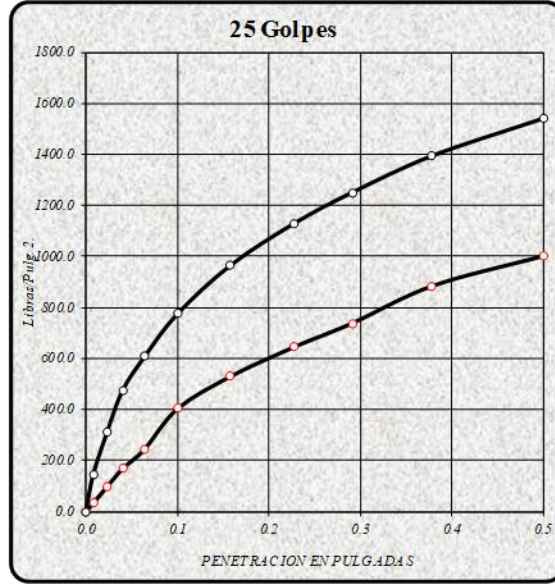
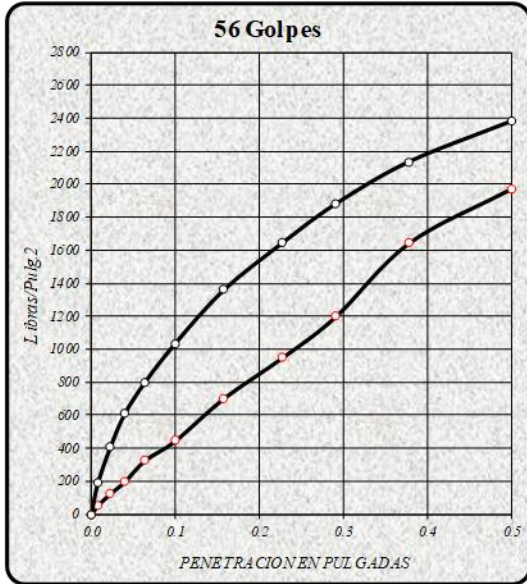
  
 MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza  
 C.I.P. 164884

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES**

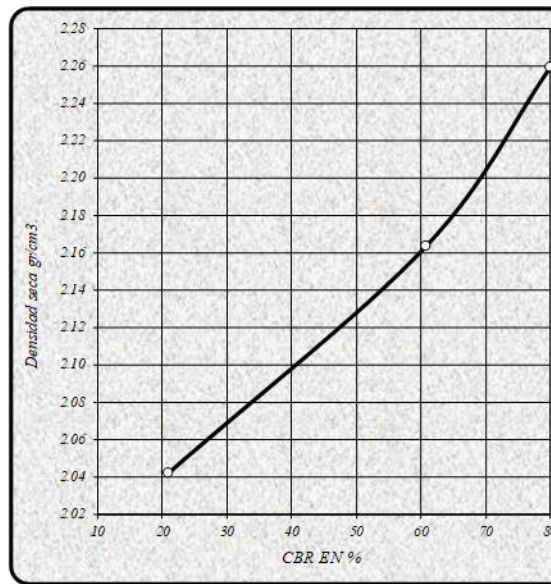
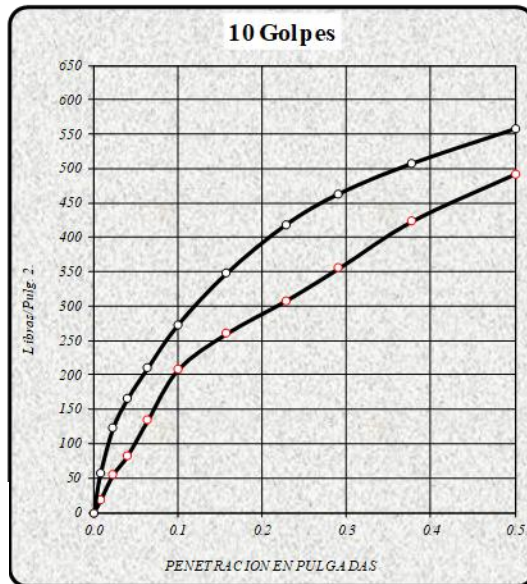
**PROYECTO** : TESINA DE GRADO  
**UBICACIÓN** : DIST: PILLCO MARCA PROV: HUANUCO DEP: HUANUCO  
**SOLICITA** : Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta.  
**CANTERA** : POTRACANCHA

**COMPACTACION** : TIPO C  
**FECHA** : JULIO, 2021



DENSIDAD SECA 2.259 gr/cm<sup>3</sup>.  
 CBR a 0.1" = 80.0 %  
 CBR a 0.2" = 90.7 %

DENSIDAD SECA 2.165 gr/cm<sup>3</sup>.  
 CBR a 0.1" = 60.7 %  
 CBR a 0.2" = 64.3 %



DENSIDAD SECA 2.042 gr/cm<sup>3</sup>.  
 CBR a 0.1" = 21.0 %  
 CBR a 0.2" = 23.2 %

RESULTADOS DEL ENSAYO: CBR 1" DENSIDAD  
 CBR CON 56 GOLPES = 80.0 % 2.26 gr/cm<sup>3</sup>.  
 CBR CON 25 GOLPES = 60.7 % 2.16 gr/cm<sup>3</sup>.  
 CBR CO 10 GOLPES = 21.0 % 2.04 gr/cm<sup>3</sup>.  
 CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX 80.0 %  
 CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX 55.6 %

*Handwritten signature*  
 CARLOS ROBERTO YABAR MIRANDA

*Handwritten signature*  
 Ing. Antonio Comejo Maldonado  
 Asesor

*Handwritten signature*  
 Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta  
 Tesisista

*Handwritten signature*  
 JORGE CASTAÑEDA ALVARADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 168747

*Handwritten signature*  
 TRUJILLO ARIZA Yela L.  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193288

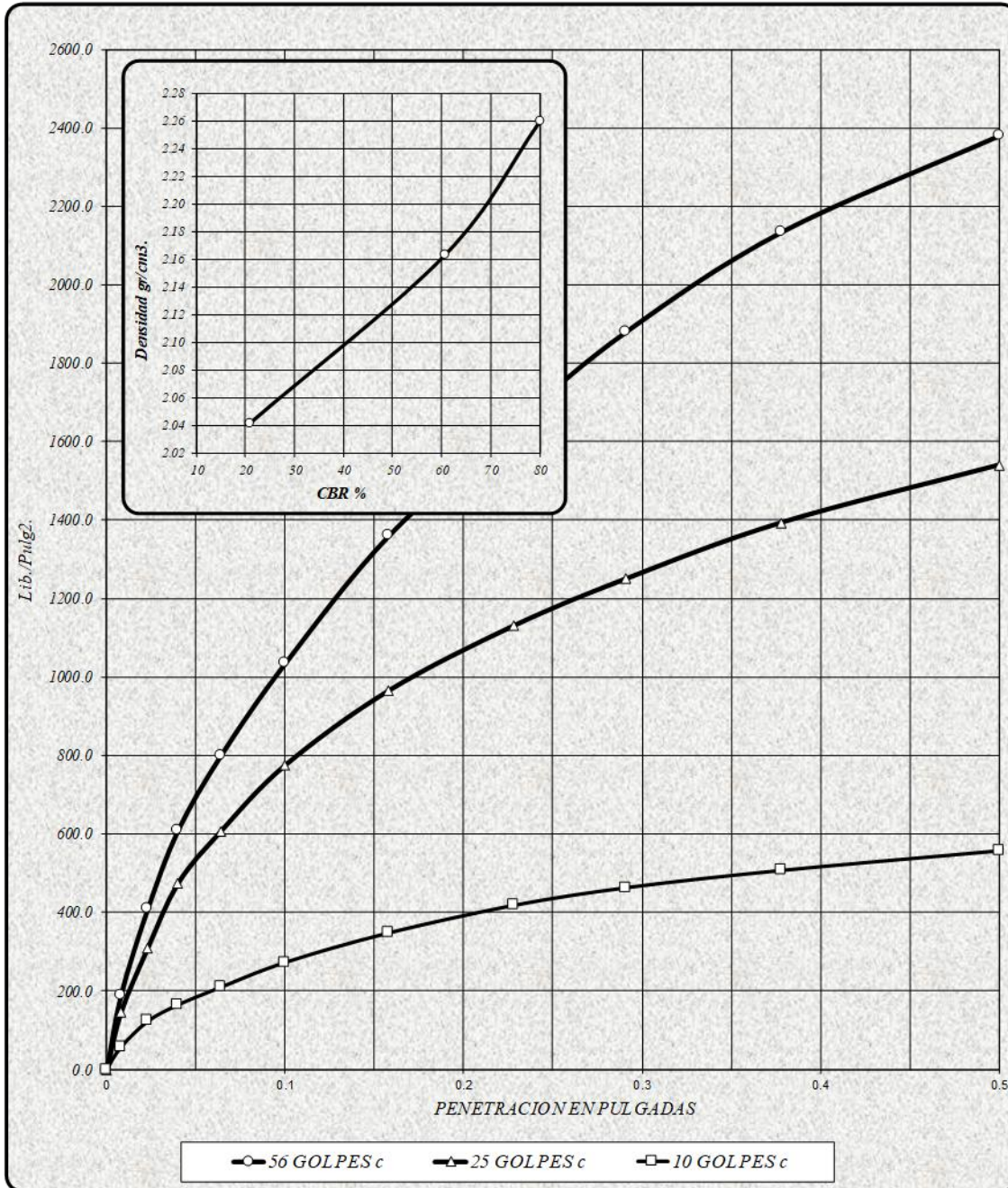
*Handwritten signature*  
 MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza  
 C.I.P. 164884

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES**

**PROYECTO** : TESINA DE GRADO  
**UBICACIÓN** : DIST: PILLCO MARCA PROV: HUANUCO DEP: HUANUCO  
**SOLICITA** : Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta.  
**CANTERA** : POTRACANCHA

**COMPACTACION** : TIPO C  
**FECHA** : JULIO, 2021



56 GOLFES	25 GOLFES	10 GOLFES	CBR DE DISEÑO
DENSIDAD SECA 2.26 gr/cm <sup>3</sup> .	DENSIDAD SECA 2.16 gr/cm <sup>3</sup> .	DENSIDAD SECA 2.04 gr/cm <sup>3</sup> .	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX = 80.0 %
CBR a 0.1" = 80.0 %	CBR a 0.1" = 60.7 %	CBR a 0.1" = 21.0 %	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX = 55.6 %
CBR a 0.2" = 90.7 %	CBR a 0.2" = 64.3 %	CBR a 0.2" = 23.2 %	

*Carlos Roberto Yáñez Miranda*  
**CARLOS ROBERTO YÁÑEZ MIRANDA**

*Ing. Antonio Cornejo Maldonado*  
**Ing. Antonio Cornejo Maldonado**  
 Aseor

*Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta*  
**Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta**  
 Tesista

*Jorge Castañeda Alvarado*  
**JORGE CASTAÑEDA ALVARADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 168747

*Trujillo Ariza Yela L.*  
**TRUJILLO ARIZA Yela L.**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193288

*MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza*  
**MSc. Ing. Alexander Lambruschini Espinoza**  
 C.I.P. 164884



## ANEXO 07 PRECIPITACIONES

PRECIPITACION - NOVIEMBRE 2021												
Día/mes/año	Temperatura	Temperatura	Temperatura Bulbo			Temperatura Bulbo			Precipitación (mm)		Dirección	Velocidad
	Max (°C)	Min (°C)	7	13	19	7	13	19	7	19	Viento 12h	Viento 15h (m/s)
1	23.5	16.5	17.7	21.7	19.4	15.7	16.9	15.9	0		NW	4
2	26.2	14.9	16.9	20.8	21.5	14.9	17.5	18.3	0	0	N	8
3	29.9	17.1	17.9	20.4	22.8	15.7	18.7	14.9	0	0	N	8
4	28.9	16	18.3	20.8	22.8	13.3	17.1	15.5	0	0	C	
5	28.5	16.8	17.2	20.3	21.9	15	17.9	18.3	0	0.1	N	4
6	27.5	17.3	17.9	22.5	21.2	15.5	17.7	18.1	0		N	2
7	23.9	16.5	17.4	23.7	19	15.9	16.7	15.3	1.3	0.4	NE	8
8	29.4	14.9	16.4	20.2	23	14.5	18.1	17.3	0	0	N	10
9	24.9	18.3	18.9	20.4	19.7	15.9	18.9	18.1	0	0.5	N	4
10	28.2	18	17.2	28.1	21.9	15.4	17.4	18.3	0	0	NE	8
11	28.5	15.9	16.4	28.3	21.4	15.1	17.7	18.2	9.9	0	N	8
12	29.9	16.5	17.4	28.9	21	15.1	18.1	18.1	0	0.2	N	2
13	25.3	17.2	17.9	25.1	19.8	18.2	17.8	18	0	0	N	10
14	27.9	18.3	17	25.3	22.9	14.4	17.4	18.3	0	0	N	8
15	27.3	18.9	17.2	24.2	22.3	18.8	18.2	18.8	2.8	6.5	NE	4
16	27.4	17.2	18	28	21.4	18.5	18.1	18.9	0	0	NE	8
17	29.9	18.8	17.5	25.7	21.3	15	17.1	18.1	0	0	NE	2
18	22	17	17.6	20	18	15.9	18.3	18.1	0.3	2.8	C	
19	25.5	14.5	16.4	25.3	19.8	14.3	16.9	15.5	0	0	N	8
20	27	15.3	16.9	28.5	22.1	14.8	17.1	18.4	0	0	NE	8
21	29.4	17.3	18.2	29.2	21.7	18.1	18.8	18.1	0	0	NE	10
22	29	17	18.5	28.9	22.8	18.4	18.5	18.8	0	0	NE	8
23	28.9	17.5	18.8	27.5	19.7	18.5	18	15.9	0	0	NE	10
24	25.9	16	15.8	25.2	20.8	14.5	17	18.1	0	0.4	N	8
25	27.2	16.5	17.4	22.2	21.8	15.7	17.1	18.6	0		C	
26	30.5	17	17.4	27.3	23.1	15.7	18.3	17	0	0	NW	4
27	30.4	17.7	18.4	28.9	22.5	18.9	17.7	18.9	0.7	0	N	8
28	17.3	15.7	16.2	18.3	16	15.4	14.9	14.7	9.4	12.5	C	
29	27	15.5	18.4	28.9	21.8	15.3	18.7	18.5	0.4		N	8
30	28.3	15.7	18.3	25.9	20.9	18.1	18.3	17.9	0.5	0.7	NE	8
									25.90	24.10		

PRECIPITACION - DICIEMBRE 2021												
Día/mes/año	Temperatura	Temperatura	Temperatura Bulbo			Temperatura Bulbo			Precipitación (mm)		Dirección	Velocidad
	Max (°C)	Min (°C)	7	13	19	7	13	19	7	19	Viento 12h	Viento 15h (m/s)
1	28.9	18.6	18	28.7	17.3	18.5	18.9	18.1	0	2	N	4
2	28.7	18.1	18.8	28.4	16.7	18	17.9	14.8	1.2	19.7	NE	4
3	25.2	14.5	18.2	24.8	20.9	14.8	18.3	15.8	18.5	0	NE	8
4	22.9	18.7	17.3	21.5	16.4	18	18.9	18.5	0	2.3	N	2
5	23.3	18.4	17	23	17.1	18.2	17.8	18.2	5.3	3	NW	4
6	22.5	14.7	15.3	22.2	17.9	14.5	18.1	15.9	3.8	0	N	4
7	28.9	15.8	18.9	28.8	21.5	15.4	17.7	15.9	1	0	NE	4
8	27.9	15.8	18.9	27	22.5	15.3	18.1	18.3	0	0	NE	2
9	27.3	15.2	18.8	27	18.4	15	17.8	18.5	0	1.7	N	2
10	29.9	14.5	15.9	29	23.4	14.2	19.3	17.9	0	0	NE	8
11	20.1	18.2	18.8	19.7	18	15	18.1	14.4	0	0.2	N	8
12	29.5	15.1	18.2	29.3	21.9	14.8	18.9	14.7	0	0	N	8
13	29	14.2	14.7	28.9	21.8	13.3	17.7	15.7	0	0	N	8
14	29.5	12.9	19.5	28.9	21.8	12.7	18.8	15.8	0	0	N	8
15	24.5	17.5	18.1	20.5	21.1	15.9	18.3	18.2	0	0.1	NE	8
16	29.5	18.8	17.3	28	23.3	15.2	17.2	18.9	0	0	N	4
17	30.1	17.4	17.7	29.3	17.1	19	18.9	15	1	0.7	NE	8
18	28.9	18.2	17.2	28.8	22.4	15.5	18.9	18.9	1.7	0	N	8
19	21.8	15.4	15.8	18.8	18.9	15	18.1	15.8	25.8	4.8	NE	2
20	28.5	15.7	18.8	27.9	21.4	15.3	17.9	18.1	0	0	NE	8
21	27.9	17.2	17.7	27.4	21.3	15.7	17.7	18.1	0	0	N	8
22	25.9	17	17.8	24.1	20.9	18	18.9	15.7	0	0	N	10
23	28.4	18.2	18.8	28.2	21.4	15.2	17.4	15.9	0	0	N	8
24	28.9	15.8	18.3	28.7	20.5	15.4	17.9	14.9	0	0	NE	8
25	28.5	15.2	15.7	24	20	14.3	17.5	15.8	0	0	N	8
26	25.9	15.7	18.2	23.9	20.8	14.8	18.8	15.4	0	0	N	8
27	28.3	15.5	15.9	25.5	19.4	15.1	17.3	15	8	0.2	NW	4
28	29.5	15.9	18.7	28	18.9	15.3	17.1	18.8	0.7	1.2	N	8
29	24.1	15.4	16.7	21.5	20.8	15.2	16.9	15.4	18	6.8	SE	2
30	25	18.5	17.3	21.9	20.5	15.7	18.2	18	0	0	N	4
31	24.2	15.5	18.3	22.7	19.9	15	17.3	18.1	0	5.9	N	4
									82.80	48.40		

PRECIPITACION - ENERO 2022													
Díames/año	Temperatura		Temperatura Bulbo			Temperatura Bulbo			Precipitación (mm)		Dirección del		Velocidad del
	Max (°C)	Min (°C)	Húedo (%)			Húedo (%)			7	19	Viento 15h		Viento 15h (m/s)
			7	19	19	7	19	19					
1	24.8	15.2	15.8	22.8	19.9	16	17.5	15.9	0.8	0	N		2
2	21.3	15.8	18.3	20.3	18.5	15.1	18.1	14.9	0	0	N		2
3	27.9	15.1	15.5	27.5	20.8	14.9	18	15.9	0	0	N		8
4	22.4	15	15.5	18.8	18.8	14.8	15.9	15.7	7.9	2.3	SE		2
5	28.5	15.2	15.8	24.8	21.5	14.9	17.1	18.3	11.8	0.3	N		4
6	23.5	15.5	15.8	22.3	18.1	15.2	17.4	15.8	8	2.2	C		
7	27.1	15.8	18.8	28.9	18	15.4	17.9	15.5	0	0	N		8
8	17.5	14.2	14.4	18	15.9	12.9	18.8	14.3	8.9	5.2	C		
9	23.3	14.1	15	22.7	19.8	13.9	18.7	14.1	0	0	N		4
10	24.7	14.3	15.3	22.9	20.9	13.9	15.8	15.1	0	0.3	N		4
11	28.5	15.5	18.8	23.8	21.1	15.1	18.8	15.7	0.5	0	N		4
12	27.1	15.1	18.1	27	21.2	14.8	18.1	18	0	0	N		8
13	25.1	15.8	18.8	23.5	17.2	15.3	17.5	15.1	3.4	0	N		8
14	23	14	15.4	22.2	19.9	13.8	18.8	15.8	0.4	0.1	N		8
15	25.7	13.3	14.4	21.9	17.5	13.1	18.2	15.3	12.7	1	C		
16	28.4	14.8	15.5	25	20.3	14.3	17.5	15.5	0	0	NW		4
17	24.2	14.9	15.7	22.3	20.2	14.8	18.7	15.5	0	0.1	N		8
18	24.4	15.3	18.1	21.5	18.7	14.9	17.1	15.5	7.8	0.8	NW		4
19	23.7	15.2	18	17.9	18.7	14.8	18.1	15.8	0	2.5	N		2
20	22.7	15.5	18.2	21.9	18.9	15.3	18.3	15.4	0.4	5	N		4
21	28.4	14	15	24.8	21.3	13.7	18.7	18.1	0.8	0	N		8
22	23.8	15.5	18.1	21.9	17.5	15.1	18.1	15.4	0.7	0.7	N		10
23	24.1	15.3	18.1	22.3	20.2	15	17.2	14.9	0.1	0.1	N		4
24	27.2	11.2	11.5	28.8	20.9	10.8	17.3	15.4	4.9	0	N		8
25	28.9	14.1	18.3	28.7	21.7	13.8	17.4	18.5	0	0	N		8
26	29	14.2	14.4	28.8	19.5	13.5	17.8	18	0	0	N		8
27	29.3	12	12.8	29	23	11.7	18.3	17	0	0	N		8
28	27.9	12.8	12.8	27.1	20.7	12	17.9	15.8	0	0	N		8
29	29.5	14.7	15.3	29	22.8	14.3	17.4	18.2	0	0	NE		8
30	30	13.8	14.3	28.8	24	13.5	18.4	18.7	0	0	N		10
31	30.8	14.5	15.7	28.9	22.5	14.1	18.7	18.3	0	0	N		8
									88.80	20.60			

PRECIPITACION - FEBRERO 2022													
Díames/año	Temperatura		Temperatura Bulbo			Temperatura Bulbo			Precipitación (mm)		Dirección del		Velocidad del
	Max (°C)	Min (°C)	Húedo (%)			Húedo (%)			7	19	Viento 15h		Viento 15h (m/s)
			7	19	19	7	19	19					
1	30.3	15.8	18.5	29.8	22.9	15.1	18.5	18.8	0	0	NW		8
2	28.1	18	18.8	28.9	23.3	15.1	17.4	18.7	0	0	N		8
3	28.9	17.1	18	28.5	22	18	18.4	17.2	0	0	N		8
4	29.4	18.8	17.7	28.5	22.9	15.2	18.8	18.4	0	0	NE		8
5	27.5	17.5	18.2	25.8	20.1	18.4	17.5	18.9	0	0	NE		8
6	27.9	15.7	18.8	27.8	23.1	15	17.7	18.8	3.8	0	NE		8
7	27.1	18.8	17.7	25.5	22.5	18	17.4	17.7	0	0	N		8
8	27.3	18.8	17	28.8	21.3	18.3	18.1	18.2	4.8	0	NW		8
9	28	18.2	18.8	25.8	20.9	15.7	17.5	15.4	8.5	0	N		8
10	23.7	14.5	15.8	21.2	18.9	14.2	18.2	15.3	8.7	0	NW		4
11	25.9	15.5	18.4	25.5	21.5	15.2	18.8	15.7	7.8	0	N		8
12	25.3	18	18.4	21.8	20.7	15.3	18.5	15.8	0	0.2	N		2
13	28	15.9	18.3	27.9	22.5	15.7	17.8	18.7	0	0	NE		8
14	20	17	17.5	17.4	17.8	18.8	16.8	18.1	0.8	5.5	N		2
15	24	15.4	18.4	23.4	18.8	15.7	17.5	17.2	5.8	0	N		8
16	23.7	15.3	15.5	21.3	21.2	15	18.7	18	8	5	N		4
17	28.7	15.4	18	25.3	21	15.1	18	18.5	0	0	N		8
18	27.5	18.3	18.9	28.9	20.3	18.1	18.9	18.5	1.4	0	N		8
19	24.1	15	15.8	23.8	15	14.7	17.8	14.5	18.2	3.2	NW		8
20	25.7	13.8	14.5	25.4	18.9	13.8	17.5	15.7	0.1	0.7	N		8
21	28.8	14.5	15.9	28.4	17.9	14.1	17.9	14.9	0	0	N		8
22	27.5	15.4	18.2	28.8	21.8	14.3	17.7	18.2	0	0	N		8
23	22.3	14.7	15.8	21	18.8	14.4	15.7	15.3	4.2	0	NE		2
24	25.8	14.5	15	25	19.9	14.1	17.1	18.3	0	0	N		8
25	23.5	18	18.5	22.7	18.9	15.7	17.5	15.3	1	2	SE		2
26	25.5	15.3	18	22.7	21.5	15	18.8	18.2	0	0	NE		8
27	28.7	15.4	18	25.3	21.7	15.1	17.7	18.4	0	0	N		8
28	27.4	18.9	17.4	28.3	21.9	15.8	18.4	18.5	0	0	N		8
									88.30	18.90			

PRECIPITACION - MARZO 2022												
Día/mes/año	Temperatura		Temperatura Bulbo			Temperatura Bulbo			Precipitación (mm)		Dirección del	Velocidad del
	Max (°C)	Min (°C)	Seco (%)			Húmedo (%)			7	19	Viento 15h	Viento 15h (m/s)
			7	19	19	7	19	19	7	19		
1	23.5	15.5	19	20.7	19.2	15.1	18.3	15.5	3	0.1	N	4
2	28.2	14.3	15.2	25.3	21.3	14	17.2	18.1	0	0	N	8
3	27	18	18.5	25.5	22.3	15.5	18.9	18.3	0.5	0	N	2
4	28.8	18	17.3	28	20.4	15.8	18.9	15.5	0.9	0.1	C	
5	28.8	15.8	17.2	23.4	22.5	15.5	15.9	15.5	0	1	C	
6	24.9	14.5	15.4	24.5	19.9	14.3	17	15.1	2.2	0	N	8
7	25.4	14.4	15.3	23.8	20.7	14.1	18.3	15.5	5.8	0	NW	8
8	24.5	13.8	14.8	24.1	20.8	14.1	17.9	15.9	0	0	C	
9	27.5	18.5	17.4	27.4	21.5	15.9	17.5	15.9	0	0	N	8
10	27.2	18.2	18.8	27	21	18	17.7	15.9	5	0	N	10
11	28.4	14.2	15.3	25.5	20.8	14.4	17.5	18	0	0	N	8
12	27.7	15.5	18.7	28.8	21.7	15.3	17.4	18.2	0	0	N	8
13	27.9	15.2	15.9	27.4	21.8	15	18	15.9	0	0	N	10
14	24.7	15.8	18	23.3	21	15.4	18.9	18.3	14.5	0	NW	8
15	28.7	14.8	15.4	28.4	22	14.5	17.5	18.3	8.3	0	N	8
16	25.9	15.2	15.3	24.5	21	14.7	17.3	15.3	14.5	0	NE	4
17	28	18.4	17	24.9	21.7	15.8	17.5	15.7	0	0	NE	4
18	28.4	15.3	18.1	25.9	18.2	14.9	17.8	15	5	0	N	8
19	25.9	15.5	18.2	25.1	18.5	14.3	18	15.2	0	0	NE	4
20	28.9	14.4	15.4	28.7	21.8	14.7	18.1	18.8	0	0	N	4
21	25.8	15.5	18	24.4	20.3	15.1	17.5	18.3	5.8	0	N	8
22	22.5	18.5	17.3	18.9	19.3	15.8	18.5	15.8	0	0.5	N	2
23	25.2	14.2	18	25	19.4	14	17.2	17	0	0.1	N	4
24	25.7	15.1	15.9	25.5	20.3	15.3	17.5	18.3	18.4	0	NE	8
25	27.4	18.3	17.3	28.8	21.7	15.8	18.3	15.9	0.5	0	N	8
26	23.4	15.1	15.8	21.8	18	15.3	18.5	14.8	1.5	0.1	NW	8
27	25.9	13.5	14.8	25.1	20.2	13.7	17.3	15.5	0	0	N	8
28	28.8	14.5	15.5	28.8	20.8	14.3	17.9	15.9	0	0	NE	4
29	28.9	17	17.8	28.4	21.3	15.7	18.3	18.4	0	0	N	8
30	25.4	18.9	17.5	25.2	20.8	18	17.5	18.1	0	0	N	8
31	28.1	18.8	17.2	25.7	21.2	18.4	18.1	15.9	1.3	0	N	8
									82.80	1.90		

## ANEXO 08 PANEL FOTOGRÁFICO

### A. RECONOCIMIENTO A LAS INSTITUCIONES Y POBLACIÓN

*Figura 65 I. E. P. PILLCO MOZO MARABAMBA*



*Figura 66 Municipalidad del C.P – Marabamba*



*Figura 67 Ingreso a Marabamba*



## B. FUENTES DE AGUA

*Figura 68 Fuente de Agua N°01*



*Figura 69 Fuente de Agua N°02*



*Figura 70 Vista frontal de fuente de agua*



### C. DETERIORO DE LA CARRETERA

*Figura 71 Deterioro en el Sector A*



*Figura 72 Deterioro en el Sector B*



*Figura 73 Deterioro en el Sector C*



*Figura 74 Deterioro Superficial de la carpeta de rodadura*



*Figura 75 Deterioro superficial de la Carpeta de Rodadura*



*Figura 76 Situación de cunetas*



#### D. ELABORACIÓN DE MATERIAL DE CANTERA

*Figura 77 Deposito de material*



*Figura 78 Movilizando Material Seleccionado*



*Figura 79 Selección de material (Zarandeo) en cantera*





*Figura 80 Acarreo de Material Seleccionado*



*Figura 81 Colocación de Señales de Seguridad*



*Figura 82 Clausura de la vía para la aplicación de los estabilizantes*



E. APLICACIÓN DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELOS EN SECTORES DE PRUEBAS - PRODUCTO ENZIMA PZ-22X

*Figura 83 Determinación de contenido de humedad insitu (Medidor Humedad tipo Speedy)*



*Figura 84 Proceso de combinación del Enzima Pz - 22x*



*Figura 85 Transporte del material seleccionado para la aplicación con el estabilizante*



*Figura 86 Trazo y replanteo preliminar*



*Figura 87 Aplicación de Enzima Pz-22x*



*Figura 88 Sistema de tendido de material seleccionado*



*Figura 89 Aplicación del Estabilizante de suelo Polyses*



*Figura 90 Sistema de compactación*



*Figura 91 Acabado final después de la aplicación del estabilizante de suelo*



*Figura 92 Primer Monitoreo*



*Figura 93 Segundo Monitoreo*



*Figura 94 Cuarto Monitoreo*



## F. APLICACIÓN DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELOS EN SECTORES DE PRUEBAS - PRODUCTO POLYSES

*Figura 95 Colocación de la cisterna para humedecer el sector*



*Figura 96 Primero se humedeció el sector y se continuó con el tendido del material acopiado de la cantera*



*Figura 97 Tendido del material antes de aplicar el estabilizante de suelo (Polyses)*



*Figura 98 Aplicación de estabilizante de suelo Polyses*



*Figura 99 Mezclado y Homogenizado del materia con el estabilizante de suelo (Polyses)*



*Figura 100 Sistema de compactado*



*Figura 101 Acabado final después de la aplicación del estabilizante de suelo*



*Figura 102 Primer Monitoreo*



*Figura 103 Cuarto Monitoreo*





*Figura 104 Situación actual – Marzo 2022*



*Figura 105 Situación actual – Marzo 2022*



## NOTA BIOGRÁFICA

**Sheyla Mayumi Morales Beteta**, nació el 14 de setiembre de 1992 en la ciudad de Huánuco, de padre profesor y madre técnica en enfermería, es la primera hija de tres hermanos creció en la ciudad de Huánuco, cursó sus estudios primarios en el Colegio Eclesial la Inmaculada Concepción y secundarios en la I.E. Cristóbal de Lozada y Puga, para luego estudiar la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad de Huánuco en la ciudad de Huánuco, por su interés en los proyectos ha continuado su formación con una maestría en Gestión y Negocios con mención en Gestión de Proyectos para posteriormente continuar sus estudios de Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de la ciudad de Huánuco. Profesionally labora como Especialista de Obra en el Programa Agua Segura para Lima y Callao del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y también como docente en el Programa Académico Profesional de Ingeniería Civil en la Universidad de Huánuco,

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 099-2019-SUNEDU/CD



*Huánuco – Perú*

**ESCUELA DE POSGRADO**

Campus Universitario, Pabellón V "A" 2do. Piso – Cayhuayna  
Teléfono 514760 -Pág. Web. [www.posgrado.unheval.edu.pe](http://www.posgrado.unheval.edu.pe)



**ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE DOCTOR**

En la Plataforma Microsoft Teams de la Escuela de Posgrado; siendo las **19:30h**, del día **jueves 08 DE SETIEMBRE DE 2022**; la aspirante al **Grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible**, **Doña Sheyla Mayumi MORALES BETETA**, procedió al acto de Defensa de su Tesis titulado: **"IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA"** ante los miembros del Jurado de Tesis señores:

Dr. Amancio Ricardo ROJAS COTRINA	Presidente
Dr. Fernando Jeremias GONZALES PARIONA	Secretario
Dr. Fermin Rolando MONTESINOS CHAVEZ	Vocal
Dr. Ruben Max ROJAS PORTAL	Vocal
Dr. Zosimo Pedro JACHA AYALA	Vocal

**Asesor (a) de tesis:** Dr. Antonio Salustio CORNEJO Y MALDONADO (Resolución N° 01253-2020-UNHEVAL/EPG-D)

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación de la aspirante a Doctor, teniendo presente los criterios siguientes:

- Presentación personal.
- Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y solución a un problema social y recomendaciones.
- Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado planteó a la tesis **las observaciones** siguientes:

.....  
.....  
.....

Obteniendo en consecuencia la Doctorando la Nota de..... *Diecisiete* ..... ( *17* )  
Equivalente a *Muy Bueno* ....., por lo que se declara *Aprobado* .....  
(Aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado firman la presente **ACTA** en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las *21:20* horas del 08 de setiembre de 2022.

.....  
**PRESIDENTE**  
DNI N° *07025628*

.....  
**SECRETARIO**  
DNI N° *22491216*

.....  
**VOCAL**  
DNI N° *07746441*

.....  
**VOCAL**  
DNI N° *06511922*

.....  
**VOCAL**  
DNI N° *22407189*

**Leyenda:**  
19 a 20: Excelente  
17 a 18: Muy Bueno  
14 a 16: Bueno

(Resolución N° 02522-2022-UNHEVAL/EPG-D)



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN



ESCUELA DE POSGRADO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

*El que suscribe:*

**Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina**

### HACE CONSTAR:

Que, la tesis titulada: **“IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA”**, realizado por la Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, **Sheyla Mayumi MORALES BETETA** cuenta con un **índice de similitud del 13%**, verificable en el Reporte de Originalidad del software **Turnitin**. Luego del análisis se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio; por lo expuesto, la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 20% establecido en el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Cayhuayna, 01 de setiembre de 2022.



**Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO**

NOMBRE DEL TRABAJO

**IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA**

AUTOR

**SHEYLA MAYUMI MORALES BETETA**

RECUENTO DE PALABRAS

**23375 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**125325 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**132 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**7.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 1, 2022 5:09 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 1, 2022 5:10 PM GMT-5**

### ● 13% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

### 1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado		Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	X
----------	--	----------------------	--	-----------	----------	--	-----------	---

Pregrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	
Escuela Profesional	
Carrera Profesional	
Grado que otorga	
Título que otorga	

Segunda especialidad (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	
Nombre del programa	
Título que Otorga	

Posgrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Nombre del Programa de estudio	MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
Grado que otorga	DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

### 2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Apellidos y Nombres:	MORALES BETETA SHEYLA MAYUMI							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	996999093
Nro. de Documento:	72424772					Correo Electrónico:	mayumimb@outlook.com	

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

### 3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos** según **DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	X	NO			
Apellidos y Nombres:	CORNEJO Y MALDONADO ANTONIO SALUSTIO			ORCID ID:	0000-0001-7751-2483	
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte	C.E.	Nro. de documento:	07951959

### 4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los **Apellidos y Nombres** completos según **DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	ROJAS COTRINA AMANCIO RICARDO
Secretario:	GONZALES PARIONA FERNANDO JEREMIAS
Vocal:	MONTESINOS CHAVEZ FERMIN ROLANDO
Vocal:	ROJAS PORTAL RUBEN MAX
Vocal:	JACHA AYALA ZOSIMO PEDRO
Accesitario	


**5. Declaración Jurada:** (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

<b>a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado:</b> (Ingrese el título tal y como está registrado en el <b>Acta de Sustentación</b> )
IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA
<b>b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de:</b> (tal y como está registrado en <b>SUNEDU</b> )
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

**6. Datos del Documento Digital a Publicar:** (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)



Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el <b>Acta de Sustentación</b> )			2022
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	X	Tesis Formato Artículo
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	IMPACTO AMBIENTAL	CONSERVACIÓN	CARRETERA NO PAVIMENTADA
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):	SI	NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:			

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



### 7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma:			
Apellidos y Nombres:	MORALES BETETA SHEYLA MAYUMI		Huella Digital
DNI:	72424772		
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Fecha: 28/03/2023			

### Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.