

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN  
ESCUELA DE POSGRADO



TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN GESTIÓN Y  
NEGOCIOS, MENCIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS

---

“IMPACTO ECONÓMICO DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO  
ENZIMA PZ- 22X Y POLY-SES EN LA CONSERVACIÓN DE LA  
SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA  
HUÁNUCO - MARABAMBA”

---

TESISTA: Sheyla Mayumi Morales Beteta

ASESOR: PhD. Marcelino Wilman Reynaga Martínez

HUÁNUCO - PERÚ

2018

## DEDICATORIAS

Este trabajo está dedicado:

A Dios,  
quien me ha demostrado  
tantas veces su existencia,  
brindándome su infinita gracia.

A mis padres Bequer y Melia ejemplos de superación,  
dedicación, esfuerzo, paciencia; a mis hermanos  
Mirella y Miyagi quienes con su preocupación y  
recomendaciones me ayudaron a superarme.

A mi novio Michel  
quien con su apoyo y cariño  
hizo que cumpliera mis  
objetivos y metas.

Sheyla Morales.

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente estudio ha sido posible gracias al apoyo y a la confianza que me han brindado la Municipalidad de Pillco Marca y Población de Marabamba, por facilitarme el apoyo económico y 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 PhD. Ing. Reynaga Martínez Marcelino Wilman, quien con su apoyo y orientación en el curso de Seminario de Tesis motivo el desarrollo de la presente tesis.

Agradezco a los catedráticos de la Maestría en Gestión de Proyectos, por brindarme 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

Las carreteras no pavimentadas se deterioran más rápido con respecto a una vía pavimentada. Las partículas finas al aglutinarse con los agregados gruesos expuestos al medio ambiente pierden humedad; y con la acción física externa del tránsito vehicular genera disgregamiento superficial, convirtiéndose así en polvo particulado y posteriormente aparecen fallas superficiales como baches, ondulaciones, Ahuellamiento, etc.

Para poder conservar dichas superficies y que no experimenten un deterioro acelerado en el tiempo, se propuso aplicar dos estabilizantes químicos (Enzima Pz-22x y Poly-Ses) como alternativas de solución.

La construcción de estos sectores de prueba estuvo sujeta a las mismas condiciones de clima, mismas condiciones geométricas de tráfico vehicular y del mismo tipo de suelo (aporte de material de cantera). Luego de hacer el monitoreo después de aplicado, estos productos se compararon y proyectaron su desempeño en el tiempo por medio de dos indicadores: El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición en Vía No Pavimentada (ICVNP). Donde resultó que el sector patrón (sin estabilizante), presenta deterioro superficial alto y un mal estado de carretera, así mismo al aplicar el estabilizante enzima Pz- 22x se obtuvo un deterioro superficial medio y un regular estado de carretera, por lo contrario al aplicar el estabilizante Poly –Ses se obtuvo un deterioro superficial Bajo y un buen estado de carretera

Con los resultados obtenidos se pretendió incentivar las posteriores investigaciones de la gran gamma de estabilizantes de suelos que existen en el medio y bajo condiciones determinadas poder proponer su

utilización en la conservación superficial de la carpeta de rodadura en una vía no pavimentada.

Así mismo, se determinó el impacto económico que se obtuvo al aplicar los estabilizantes de suelos Poly – Ses y Enzima Pz-22x comparado 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), obteniendo mayor tiempo de recurrencia (14.97 meses), con proyección al año 20 el costo de mantenimiento es de (S/.394.50 x m<sup>2</sup>), logrando una ganancia de (S/.650.91 x m<sup>2</sup>) con respecto al sector patrón. Estos resultados sirvieron para medir el “Impacto económico”, el cual se encarga en medir la repercusión y los beneficios de las inversiones en proyectos.

# **ABSTRACT**

Unpaved roads deteriorate faster with respect to a paved road. Fine particles when agglutinated with coarse aggregates exposed to the environment lose moisture; and with the external physical action of vehicular traffic, it generates surface disintegration, thus becoming particulate dust and later superficial failures appear, such as potholes, ripples, scratching, etc.

In order to preserve these surfaces and not experience an accelerated deterioration in time, it was proposed to apply two chemical stabilizers (Enzyme Pz-22x and Poly-Ses) as solution alternatives.

The construction of these test sectors was subject to the same weather conditions, same geometric conditions of vehicular traffic and the same type of soil (contribution of quarry material). After doing the monitoring after being applied, these products were compared and projected their performance over time by means of two indicators: The International Roughness Index (IRI) and the Unpaved Road Condition Index (ICVNP). Where result that the sector standard (without stabilizer), presents high superficial deterioration and a bad state of highway, likewise when applying the enzyme stabilizer Pz-22x an average superficial deterioration and a regular state of highway was obtained, on the contrary when applying Poly stabilizer - Low surface deterioration was obtained and a good road condition

With the results obtained, it was intended to encourage further investigations of the large gamma of soil stabilizers that exist in the environment and under certain conditions can propose its use in the surface conservation of the rolling surface in an unpaved road.

Likewise, the economic impact obtained by applying soil stabilizers Poly - Ses and Enzyme Pz - 22x compared to the standard sector was determined. On



the highway Huánuco - Marabamba the conservation of the surface of rolling with greater coefficient of efficiency is the Poly - Ses (0.61), obtaining greater time of recurrence (14.97 months), with projection to the year 20 the cost of maintenance is of (S / .394.50 x m<sup>2</sup>), achieving a gain of (S / .650.91 x m<sup>2</sup>) with respect to the standard sector. These results were used to measure the "Economic impact", which is responsible for measuring the impact and benefits of investment in projects.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1. Fundamentación del problema de investigación .....	2
1.2. Justificación .....	3
1.3. Importancia o propósito .....	4
1.4. Limitaciones .....	5
1.5. Formulación del problema de investigación general y específicos .....	5
1.5.1. Problema general .....	5
1.5.2. Problemas específicos .....	5
1.6. Formulación de objetivos generales y específicos .....	6
1.6.1. Objetivo general.....	6
1.6.2. Objetivos específicos.....	6
1.7. Formulación de hipótesis generales y específicas .....	6
1.7.1. Hipótesis general .....	6
1.7.2. Hipótesis específicas .....	7
1.8. Variables .....	7
1.8.1. Variable independiente .....	7
1.8.2. Variable dependiente.....	7
1.9. Operacionalización de variables .....	7
1.10. Definición de términos operacionales .....	8
<b>CAPÍTULO II</b> .....	9
2. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. Antecedentes .....	10
2.2. Bases teóricas .....	12
2.3. Bases conceptuales .....	14
<b>CAPÍTULO III</b> .....	44
3. METODOLOGÍA .....	45
3.1. Ámbito.....	45
3.2. Población .....	45
3.3. Muestra .....	46

3.4. Nivel y tipo de estudio .....	49
3.5. Diseño de investigación .....	49
3.6. Técnicas e instrumentos .....	50
3.7. Validación y confiabilidad del instrumento .....	51
3.8. Procedimiento .....	52
3.9. Tabulación .....	60
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>61</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>62</b>
4.1. Análisis descriptivo .....	62
4.2. Análisis inferencial y contrastación de hipótesis .....	122
4.3. Discusión de resultados .....	130
4.4. Aporte de la investigación .....	133
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>135</b>
<b>RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS .....</b>	<b>139</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>145</b>
ANEXO 01: Matriz de consistencia .....	146
ANEXO 02: Ensayo de laboratorio .....	148
ANEXO 03: Análisis microbiológico del agua .....	154
ANEXO 04: Aforo vehicular .....	155
ANEXO 05: Muestreo probabilístico sistemático .....	157
ANEXO 06: Prueba de hipótesis .....	158
ANEXO 07: Precipitaciones.....	162
ANEXO 08: Panel fotográfico .....	164
<b>NOTA BIOGRÁFICA .....</b>	<b>178</b>
<b>ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE MAESTRO .....</b>	<b>180</b>
<b>AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICA DE</b>	
<b>POSGRADO .....</b>	<b>181</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Sección transversal inadecuada .....	20
Figura 2.2. Drenaje inadecuado.....	20
Figura 2.3. Ondulaciones .....	21
Figura 2.4. Baches .....	21
Figura 2.5. Ahuellamiento .....	22
Figura 2.6. Perdida de agregado .....	23
Figura 2.7. Curva de deterioro de un pavimento.....	25
Figura 2.8. Esquema de equipo de merlín .....	37
Figura 2.9. Cuadro de Escala del ICVNP.....	43
Figura 2.10. Abaco de densidades para baches – Valor Deductible.....	43
Figura 2.11. Abaco de deducibles (VD) – ICVNP .....	44
Figura 3.1. Mapa departamental de la Región Huánuco.....	45
Figura 3.2. Ubicación y disposición de los sectores de prueba.....	47
Figura 3.3. Sector A de la carretera Huánuco – Marabamba.....	48
Figura 3.4. Sector B de la carretera Huánuco – Marabamba.....	48
Figura 3.5. Sector C de la carretera Huánuco – Marabamba.....	49
Figura 3.6. Esquema de cálculo de los parámetros geométricos.....	56
Figura 4.1. Perfil longitudinal de la carretera en estudio. ....	63
Figura 4.2. Ubicación de sectores.....	66
Figura 4.3. Ubicación de cantera .....	67
Figura 4.4. Curva granulométrica del suelo de la cantera.....	71
Figura 4.5. Colocación de zaranda en cantera .....	72
Figura 4.6. Acondicionamiento de zonas para material procesado.....	72

# **INTRODUCCIÓN**

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.

Se han analizado varias alternativas constituyendo así la aplicación de un estabilizante orgánico y otro inorgánico como una posible solución a la estabilidad del suelo en la superficie de rodadura para los trabajos de mantenimiento rutinario lo que permitió un mejor confort y seguridad para el tránsito vial el cual tiene una relación directa con las irregularidades superficiales (IRI).

En el Perú y en el departamento de Huánuco si se continúa utilizando el afirmado como alternativa de solución para mejorar la conservación de la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas, ocasionará que la explotación de las canteras existentes se agote (disminución de la potencia y rendimiento de la cantera); esto encarecerá su explotación y uso.

La tecnología da el uso de estabilizantes de suelo como alternativa de solución para mejorar la conservación de la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas, en otros países está muy desarrollada a comparación del Perú y el departamento de Huánuco en especial, donde su aplicación es limitada, siendo necesario probarlas en nuestra realidad como una alternativa de solución, en lugar, del afirmado.

El estado situacional a la fecha del desarrollo del presente proyecto de investigación es de la culminación de la investigación en la aplicación de dos estabilizantes de suelos con fines de conservación superficial de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba.

Se desarrollaron las siguientes actividades:

- Aplicación de un tratamiento de suelos con estabilizantes químicos (Enzima PZ-22X y Poly -Ses) en el perfilado con aporte de material de cantera.
- Utilización de material de cantera que cumplan con las especificaciones de la norma vigentes del MTC (E-107/ASTM D-422), conforme a los requisitos mínimos que recomiendan los fabricantes.
- Se evaluó experimentalmente la eficiencia superficial del suelo estabilizado con los compuestos químicos Enzima PZ-22X y Poly -Ses por medio de un sistema de monitoreo después de aplicados.
- Proponer valores en los indicadores del sistema IRI para la medición de niveles de servicio.

Dentro de los propósitos para la presente investigación tenemos:

- Seleccionar el tramo de prueba para aplicar el Enzima PZ-22X y Poly -Ses en 2 tramos diferenciados de prueba determinando su eficiencia comparada con la de un tercer tramo de control sin estabilizante.
- Evaluar la rugosidad (IRI) en cada tramo de prueba mediante el uso del Merlín.

- Realizar una evaluación visual de la superficie de rodadura carpeta de rodadura
- Evaluar el costo beneficio de la aplicación del estabilizante de suelo
- Coeficiente de eficiencia, pérdidas económicas, etc.

De esta manera los capítulos de la tesis tratan los siguientes aspectos:

En el *capítulo I* se mencionan algunas generalidades, así como también se plantean los objetivos, hipótesis, variables, justificación de la investigación y el contenido mismo del estudio.

En el *capítulo II* se hace mención a los aspectos generales del estabilizante de suelo, es decir se desarrolla el marco teórico, indicando las bases teóricas, definiciones básicas de Deterioros superficiales, conservación vial, Estabilización química, Índice de Condición de vía no pavimentada y Índice de rugosidad internacional, así como también las bases epistémicas.

En el *capítulo III* 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 IV* se muestra la evaluación del deterioro superficial y el coeficiente de eficiencia (costo beneficio, pérdidas económicas), presentándose el resumen de resultados de los análisis y evaluaciones realizadas en el estudio.



En el *capítulo V* se presenta la contrastación de hipótesis y resultados de la investigación.

En el *capítulo VI* se mencionan las conclusiones y recomendaciones.

Finalmente se presentan las referencias bibliográficas que se han tomado en cuenta en la elaboración del presente estudio y se detallan los anexos.

# **CAPÍTULO I**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

# 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el Perú y en el departamento de Huánuco si se continúa utilizando el afirmado como alternativa de solución para mejorar la conservación de la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas, ocasionará que la explotación de las canteras existentes se agote (disminución de la potencia y rendimiento de la cantera); esto encarecerá su explotación y uso.

La potencia y rendimiento de las nuevas canteras que se utilizará será reducida, siendo necesario el uso de varias canteras para satisfacer el volumen que demanda la obra, ocasionando que la explotación y el costo de transporte del afirmado se incrementen por la lejanía de las canteras a la obra. 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

Nuestra red vial está clasificada en tres categorías: carreteras nacionales, departamentales y vecinales. Cuenta con un aproximado de 120,047 kilómetros de extensión, de los cuales 15,445 kilómetros se encuentran pavimentados (13% de la red total). La red nacional incluye 23,075 kilómetros (19%), la departamental 25,329 kilómetros (21%) y las vecinales 71,643 kilómetros (60%)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Ministerio de economía y finanzas (MEF). (2011). Análisis Funcional de Transporte Terrestre. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/boletines/boletines\\_pi/boletin7/Analisis\\_Funcional.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/boletines/boletines_pi/boletin7/Analisis_Funcional.pdf) [Consultado el 25 de agosto de 2018].

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Un estudio del impacto económico del estabilizante de suelo es de gran importancia debido a que si se tiene en cuenta que el costo adicional requerido para que la superficie de rodadura de una carretera no pavimentada sea más segura y considerando que sea mínimo con respecto a su costo total del sector patrón, podría considerarse casi como una actitud negligente realizar el mejoramiento de las carreteras sin tener en cuenta la aplicación de los estabilizantes de suelos, a fin de proteger no sólo el patrimonio de la ciudad, sino también la seguridad, economía y confort de los habitantes.

En general, se debe ante todo cuantificar el problema de deterioro superficial de la carretera no pavimentada para luego gestionar políticas de inversión, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento que minimicen los deterioros en la superficie de rodadura y las pérdidas económicas de una ciudad.

La tecnología del uso de estabilizantes de suelo como alternativa de solución para mejorar la conservación de la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas, en otros países está muy desarrollada a comparación del Perú y el departamento de Huánuco en especial, donde su aplicación es limitada (tenemos un antecedente en la carretera de Huancavelica), siendo necesario probarlas en nuestra realidad como una alternativa de solución, en lugar, del afirmado<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>Gerardo Espinoza Sumaran. Propuesta de mejoramiento de las propiedades físicas -mecánicas del suelo, utilizando estabilizantes (terrazza y zimplex pz - 22x, en proporciones de: 1 por cada 33 m<sup>3</sup> de suelo y 1 por 30 m<sup>3</sup> de suelo), en suelos de fundación de matriz limosa o arcillosa. Scribd. Weblog. [En línea] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/112496365/Plan-de-Tesis-Pregrado-Ing-Civil> [Consultado el 25 de agosto de 2018]

Para conservar la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas, para que no experimente un deterioro acelerado en el tiempo es susceptible de estudiarse tomando en cuenta los recursos de tiempo, se cuenta con acceso a informaciones de proyectos de investigación realizados anteriormente, el grado de dificultad en laboratorio es accesible mientras que experimentalmente es susceptible debido a que solo se realizará en tramos pequeños, el financiamiento con que se cuenta es mínimo ya que solo se está haciendo con fondos propios.

En otras palabras, hay que dejar constancia, en ciertos casos, que el proyecto es viable, porque disponemos de los recursos, aunque sea en pocas cantidades, los permisos nos están facilitando, y además el tiempo de investigación es corta.

De todo lo anterior se llega a la conclusión que, si es posible realizar esta investigación, para precisar el cumplimiento de dicho trabajo de investigación, sabiendo de antemano que son pocos los recursos con que se cuenta y el poco tiempo que se dispone.

### **1.3. IMPORTANCIA O PROPÓSITO**

Es importante dar mantenimiento a las carreteras no pavimentadas porque permite:

- Garantizar un confort adecuado y seguridad al usuario.
- Ahorro en los costos de operación de vehículos.
- Disminuye el tiempo perdido en el viaje.
- Mantiene la inversión en las etapas de construcción, reconstrucción o rehabilitación.

Está estimado, a menos costo por metro cuadrado y con mayor tiempo de recurrencia, el sector con o sin estabilizante es más eficaz.

#### **1.4. LIMITACIONES**

Una de las principales limitaciones del presente estudio fue tener que cumplir requerimientos mínimos del tipo de suelo para la aplicación del estabilizante de suelo.

Para la aplicación del estabilizante de suelo mínimo debe aplicarse en un tramo de 300 metros, para obtener resultados.

La falta de acceso a los planos y detalles del proceso de apertura de la carretera no pavimentada evaluada, fueron un limitante en ciertos aspectos para la aplicación de la metodología, lo cual generó mayor tiempo en el análisis.

#### **1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

##### **1.5.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es el impacto económico de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba?

##### **1.5.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- a) ¿Cuál es el estabilizante de suelo que proporciona mayor conservación y minimice los daños en la superficie de rodadura Huánuco - Marabamba?
- b) ¿Cuál es el efecto económico del uso de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la carretera Huánuco - Marabamba?

- c) ¿Cuál es el costo-beneficio de utilizar los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, para la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba?

## **1.6. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS**

### **1.6.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el impacto económico de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco – Marabamba.

### **1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Determinar el estabilizante de suelo que proporcione mayor conservación y minimice los daños en la superficie de rodadura Huánuco - Marabamba.
- b) Calcular el efecto económico del uso de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la carretera Huánuco - Marabamba.
- c) Determinar el costo-beneficio de utilizar los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, para la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba

## **1.7. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **1.7.1. HIPÓTESIS GENERAL**

“Los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses tienen un impacto económico que justifica la inversión para la conservación

de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba”.

### **1.7.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- a) “La determinación del estabilizante de suelo, proporcionará mayor conservación y minimizará los daños en la superficie de rodadura Huánuco - Marabamba”.
- b) “El cálculo del efecto económico del uso de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, contribuirá a cuantificar la inversión en la carretera Huánuco -Marabamba”.
- c) “La determinación del costo-beneficio del uso de estabilizante de suelos, contribuirá a la aprobación de la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba”.

## **1.8. VARIABLES**

### **1.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly-Ses.

### **1.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Impacto económico justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco-Marabamba.

## **1.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

### **1.9.1. DIMENSIONES**

- a) El Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
- b) El Índice de Condición en Vía No Pavimentada (ICVNP).



## 1.9.2. INDICADORES

### INDEPENDIENTES

- c) Dosificación del estabilizante de suelo Enzima Pz-22xx 1lt/30m<sup>3</sup>
- d) Dosificación del estabilizante de suelo Poly-Ses 1kg/m<sup>3</sup>
- e) Costo unitario del estabilizante de suelo Enzima Pz-22xx
- f) Costo unitario del estabilizante de suelo Poly-Ses

### DEPENDIENTE

- a) Coeficiente de recurrencia, que involucra la determinación previa del IRI e ICVNP.

## 1.10. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS OPERACIONALES

- **Estabilizante de suelo:** Producto químico, natural (a base de Poly-Ses) o sintético, que por su acción y/o combinación con el suelo, mejora una o más de sus propiedades de comportamiento.
- **Estabilización de suelos:** Concepto general que considera el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o físico - químicos.
- **Calzada:** Superficie de la vía sobre la que transitan los vehículos, puede estar compuesta por uno o varios carriles de circulación.
- **Carretera no pavimentada:** Caminos vecinales con IMDA <400 veh.
- **Superficie de rodadura:** Superficie final de una carretera por donde transitarán los vehículos, incluye la calzada y las bermas.
- **Afirmado:** Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

Las condiciones que ofrece la movilización de bienes y personas sobre las vías, constituyen uno de los principales aspectos relacionados con la productividad de una ciudad, de una región y de la misma nación, teniendo como consecuencia las ventajas comparativas que se pueden adquirir frente a otras.

Así mismo, el estado de las vías es un parámetro importante relacionado con la calidad de vida de los ciudadanos.

Las carreteras no pavimentadas (con IMDA  $\leq$  400 vehículos) en nuestro país, juegan un papel importante dentro de la red vial departamental y vecinal debido a que representan un alto porcentaje, y en su gran mayoría se encuentran desatendidas por diversas circunstancias y solo son tenidas en cuenta cuando en un evento se colapsa una troncal o vía principal.

Las vías provinciales interconectadas son alternativas de origen – destino, dando un mayor cubrimiento económico y social.

Nuestras vías son un patrimonio muy grande que hay que mantener y rehabilitar mediante procedimientos acorde con sus solicitudes de servicio utilizando tecnologías económicas pero que igualmente sean soluciones válidas, acertadas y experimentadas<sup>3</sup>

En Colombia, Daniel Morales Zuluaga, en el año 2015, desarrolló en la Universidad de Medellín la tesis para optar el Título Profesional de

---

<sup>3</sup> Gerardo Espinoza Sumaran. Propuesta de mejoramiento de las propiedades físicas -mecánicas del suelo, utilizando estabilizantes (terrazza y zimplex pz - 22x, en proporciones de: 1 por cada 33 m<sup>3</sup> de suelo y 1 por 30 m<sup>3</sup> de suelo), en suelos de fundación de matriz limosa o arcillosa. Scribd. Weblog. [En línea] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/112496365/Plan-de-Tesis-Pregrado-Ing-Civil> [Consultado el 25 de agosto de 2018].

Ingeniero Civil: "Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas", esta investigación tuvo como objetivo general evaluar, estimar y determinar el comportamiento mecánico de las cenizas de carbón como estabilizante de suelos y evaluar su capacidad para resistir las cargas transmitidas por los vehículos, llegando a conclusiones siguientes: La Arenilla no obtuvo resultados satisfactorios al ser combinada con CC en ninguna condición, pero si obtuvo mejores resultados al utilizarse CColtejer y los mejores resultados se dieron cuando se usó una temperatura entre 40°C y 50°C en las dos condiciones de humedad, llegando al orden de 350 kPa, siendo un resultado muy satisfactorio para un ensayo UCS en un suelo arenoso ya que las propiedades fueron favorecidas en 600%, lo que afirma la presencia de material cementante por efecto de la reacción hidróxido de sodio (3.5M) – ceniza.

Las mezclas de Arcilla con CC con concentraciones de NaOH de 3.5 M obtuvieron las mejores condiciones a una humedad mayor al 95% cuando se someten a una temperatura entre 40°C y 50°C, llegando al orden de 270 kPa, sin embargo, al compararse los resultados patrón con NaOH vs CC Tamizada vs CColtejer, se observa que el uso de CC tiene un efecto negativo en todas las condiciones de curado, por lo que se recomienda realizar estudios con mayores dosificaciones de CC, realizar un tamizaje por una malla mayor para filtrar la cantidad de inquemados y usar mayores molaridades para lograr mejorar la resistencia UCS del suelo.

En Perú, Choque Sánchez Héctor Martín, en el año 2012, desarrolló en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) la tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil: "Evaluación De Aditivos Químicos En La Eficiencia De La Conservación De Superficies De Rodadura En Carreteras No Pavimentadas", esta investigación tuvo como objetivo general evaluar los aditivos químicos con fines de conservación superficial en la progresiva Km 40+000 de la carretera afirmada Ayacucho – Andahuaylas – Puente Sahuinto, analizando la relación entre ambos. Llego a conclusiones siguientes: El sector patrón (sector sin aditivo) ha presentado mayor eficiencia en el tiempo, cuyo costo de eficiencia es mucho menor en el tiempo con respecto a los sectores tratados con aditivos químicos (Cloruro de Calcio y producto PZ-22X).

En Huánuco, Gerardo Henry, Espinoza Sumaran, en el año 2010, desarrolló en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (UNHEVAL) la tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil: "Propuesta del mejoramiento de las propiedades físico – 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", esta investigación tuvo como objetivo general Mejorar las propiedades físico – mecánicas del suelo en carreteras vecinales, con suelos de fundación de matriz limosa o arcillosa, mediante la aplicación de ESTABILIZANTES DE SUELO (TERRAZYME Y ZIMPLEX PZ – 22X, EN PROPORCIONES DE: 1LT POR 33M<sup>3</sup> DE SUELO Y 1LT POR 30M<sup>3</sup> DE SUELO. Llego a conclusiones siguientes: El uso de

estabilizantes de suelo (TERRAZYME Y ZIMPLEX PZ – 22X, EN PROPORCIONES DE: 1LT POR 33M3 DE SUELO Y 1LT POR 30M3 DE SUELO), mejoro las propiedades físico –mecánicas (estabiliza) del suelo, así como también disminuyo el índice de plasticidad del suelo y aumento la capacidad de soporte (CBR) del suelo, en carreteras vecinales con suelos de fundación de matriz limosa y arcillosa.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

Estudios en ingeniería Vial han demostrado que existe una relación directa entre el deterioro superficial de la carpeta de rodadura y las pérdidas económicas es decir, para que exista un mejoramiento y rehabilitación de una carretera no pavimentada en un determinado sector, ambos conceptos deben producirse y existir respectivamente, es decir, el mejoramiento y rehabilitación, evalúa y cuantifica las consecuencias sociales y económicas provocadas por un deterioro superficial en la carpeta de rodadura, siendo los principales factores que influyen en el deterioro; el clima, las precipitaciones y la altitud, además del tráfico.

Matemáticamente se desarrolló un marco conceptual para relacionar estos parámetros, definiendo primero un índice de rugosidad internacional y después un índice de condición de vía no pavimentada cuyo resultado no depende del método y utilización de equipos en la medición de un perfil, sino tener una buena confiabilidad de técnicas, teniendo como información principal que el perfil real es aquel perfil de una carretera recién construida que tiene un IRI >0 (en estado cero) y

que, en estado de servicio debido al paso del tránsito, va elevando dicho valor representando mayores irregularidades.

Esta teoría permite determinar primeramente el deterioro superficial de la carpeta de rodadura mediante la evaluación de defectos comunes en vías sin pavimentar aplicando el método del índice de rugosidad internacional (IRI) y el Índice de condición de vía no pavimentada (ICVNP), para de esta manera obtener la rugosidad y las dimensiones de los defectos (Ahuellamiento y Baches) como consecuencia de un deterioro superficial en la carpeta de rodadura.

Una vez hallado el deterioro específico en el sector se calcula el índice de rugosidad estimado en las carreteras, el cual es un promedio para cada tipología respectiva y de igual manera para cada defecto, es decir se consideran todos los deterioros obtenidos de los tres diferentes sectores (A, B, C). Posteriormente se estima el valor de la condición de la carretera mediante la tabla de clasificación del estado de la superficie de rodadura resultando cual es el estado del camino con la aplicación del estabilizante de suelo y el sector patrón, esto nos ayudara a saber si el costo varía dependiendo el tipo de material. Luego se halla las pérdidas económicas ocasionadas por un deterioro superficial, el cual es igual al producto del costo de eficiencia y el costo de operación y mantenimiento. Con los valores de los índices de condición de vía no pavimentada, los costos de operación y mantenimiento y el porcentaje de pérdidas económicas se determina las pérdidas económicas totales en las carreteras no pavimentadas.

Finalmente con la distribución de pérdidas en función del período de retorno, los cuales están relacionados con el deterioro superficial en la carpeta de rodadura esperada en los sectores de prueba, asociada a un costo por eficiencia donde se estima “A menos costo por metro cuadrado y con mayor tiempo de recurrencia, el sector con o sin estabilizante es más eficaz”.

## **2.3. BASES CONCEPTUALES**

### **2.3.1. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS**

Las carreteras no pavimentadas cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural así como también de bajo volumen de tránsito; considerando que una carretera es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos terrestres<sup>4</sup>. La carretera se distingue de un camino porque la primera está especialmente concebida para la circulación de vehículos de transporte. El diseño de una carretera y su respectiva superficie de rodadura responde a una necesidad justificada social y económica; es decir, ambos conceptos se correlacionan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la carretera que se proyecta a fin de que los resultados buscados sean óptimos, en beneficio de la comunidad que requiere del servicio, la cual normalmente se encuentra en situación de limitaciones muy estrechas de recursos locales y

---

<sup>4</sup> Carlos Lozada Contreras, C.E.L.C. Glosario de términos - de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Perú: Ministerio de transporte y comunicaciones; 2018.



nacionales. Estas carreteras no pavimentadas pueden ser clasificadas como sigue:

a) Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.

b) Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.

c) Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm. Pudiendo ser estos: Afirmados con gravas naturales o zarandeadas, o Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.

d) Carreteras con superficie de rodadura tratada con materiales industriales:

- ✓ Afirmados con superficie tratada para el control de polvo, con materiales como: cloruros, aditivos, productos asfálticos (imprimación reforzada o diferentes tipos de sello asfáltico), cemento, cal u otros estabilizadores químicos.

- ✓ Suelos naturales estabilizados con: emulsión asfáltica, cemento, cal, cloruros, geo sintéticos y otros aditivos que mejoren las propiedades del suelo<sup>5</sup>.

Estas carreteras no pavimentadas tienen las siguientes características:

Las principales características físicas que se deben mantener en un camino para garantizar condiciones satisfactorias al tránsito vehicular son la capacidad de soporte y la regularidad superficial. La capacidad de soporte se refiere la resistencia estructural de la vía para resistir las cargas vehiculares que circulan repetidamente por ella. Con tal propósito es necesario utilizar material granular con partículas duras, resistentes a la abrasión, durables, sin partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Estas características se definen mediante especificaciones técnicas.

La regularidad superficial se refiere a las condiciones físicas de la superficie por donde circulan los vehículos en cuanto a la rugosidad, las deformaciones, la textura, estado y la limpieza. Al respecto, es de resaltar que defectos como baches, ondulaciones, encalaminados, ahuellamiento, piedras sueltas u obstáculos en la plataforma, entre otros, afectan drásticamente la comodidad, la seguridad y la economía de los usuarios. Esta característica de la regularidad superficial se determina mediante el Índice de Rugosidad Internacional- IRI. Las anteriores consideraciones

---

<sup>5</sup> Ministerio de transporte y comunicaciones, MTC. Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Perú; 2013.

conlleven a utilizar materiales granulares seleccionados y compactados debidamente para que proporcionen las condiciones de soporte y de circulación requeridas.

Los principales elementos que componen este tipo de carretera son:

La plataforma: La constituye fundamentalmente la superficie de rodadura, la cual es la franja utilizada para la circulación de los vehículos. En algunos casos, la plataforma presenta un ancho suficiente para la superficie de rodadura y para franjas laterales adyacentes que podrían considerarse como “bermas”, las cuales facilitan el estacionamiento de los vehículos y, además, sirven de franja de seguridad en caso de requerirse alguna maniobra por parte del conductor.

Las obras de drenaje: Configuran un sistema que se destina a recibir y encauzar el agua para sacarla, en forma eficiente y rápida, fuera del camino. De no hacerlo, la vía puede deteriorarse prematuramente, pues el agua lluvia cuando fluye por la plataforma arrastra el material de afirmado, puede ocasionar inestabilidad de los taludes; socavar alcantarillas, puentes, pontones, badenes y muros; erosionar los terraplenes y el terreno natural y, además, causar numerosos daños adicionales

El derecho de la vía: lo constituyen el camino y las franjas de terreno laterales contiguas a la plataforma del camino, en las cuales se encuentran obras complementarias, obras accesorias,

servicios y se incluyen los taludes de los cortes y de los terraplenes. El mantenimiento de esta zona contribuye a la seguridad de los usuarios y a la estabilidad de la vía. Normalmente, el mantenimiento es una actividad de rutina, aunque se requieren algunas acciones periódicas ocasionalmente.

Las obras de arte: lo comprenden: puentes, pontones, badenes y muros.

La señalización y elementos de seguridad vial: Las señales de tránsito se colocan en el camino con el propósito de contribuir a prevenir accidentes, reduciendo los riesgos, mediante dispositivos de información que contienen advertencias, prohibiciones o detalles de la vía o de los lugares por donde ella pasa.<sup>6</sup>

### **2.3.2. DETERIORO EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS**

El mecanismo de deterioro de un camino sin pavimentar a diferencia de las carreteras pavimentadas consiste en un proceso progresivo más acelerado. Los finos al mezclarse con la humedad aglutinan a las fracciones más gruesas, y bajo la acción abrasiva de los neumáticos (acción del tráfico) llegan a pulverizarse en condiciones secas.

Estos finos pulverizados aparecen como material particulado en suspensión (polvo) y por la constante pérdida de éstos es que los agregados gruesos están de manera suelta ante la acción del tráfico, y es así que la superficie de rodadura comienza a

---

<sup>6</sup> Ministerio de transporte y comunicaciones, MTC. Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada. Perú: Programa de Caminos Departamentales; 2006.

desgastarse de manera progresiva dando lugar a la formación de las depresiones, baches, y ondulaciones.

Estos problemas estructurales y superficiales se presentan debido a la acción del tráfico y a las condiciones climáticas (lluvias, presencia de hielo, efecto del deshielo).

El deterioro ocurre en varias etapas, desde un deterioro lento que no se percibe hasta un deterioro crítico donde se evidencia en una descomposición total del camino que involucra una nueva conformación o rehabilitación de la vía<sup>7</sup>.

Los defectos más comunes en vías sin pavimentar fueron tratados a profundidad por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, quienes publicaron un estudio llamado “Unsurfaced Road Maintenance (Special Report 87-15)” en 1987, actualizado en el reporte del 92-96.

Este estudio se basó en la evaluación de la magnitud y gravedad de los defectos donde se identificó siete situaciones o problemas tipificados de la siguiente forma:

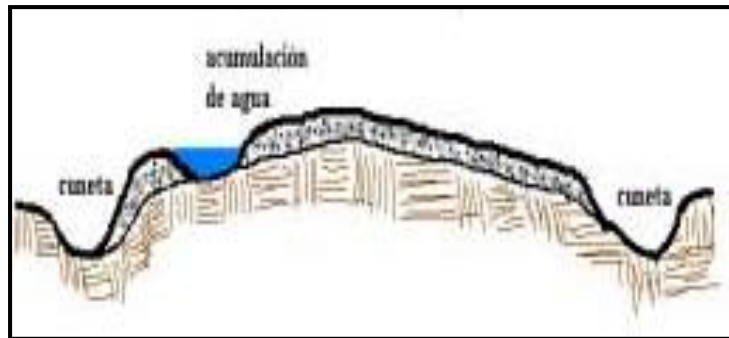
#### 2.3.2.1. Sección transversal inadecuada

Deformaciones en la superficie de la carretera que no permiten el flujo de las aguas pluviales y dificultan el tránsito.

Están relacionadas con el asentamiento diferencial de la carretera, el movimiento de los materiales del pavimento por acción de las aguas pluviales, ausencia de drenes, etc.

---

<sup>7</sup> Paterson, William Do, PWDO Deterioro de la carretera y efectos de mantenimiento. Deterioro del camino y efectos de mantenimiento: modelos de planificación y gestión. 2010 ; 1 (1)



**Figura 2.1.-** Sección transversal inadecuada.

Fuente: Catalogo centroamericano de daño a pavimentos viales

#### 2.3.2.2. Drenaje inadecuado

Se caracteriza por la acumulación de agua superficial en la plataforma, no necesariamente por el mal drenaje superficial, sino por falta de mantenimiento en las obras de arte.

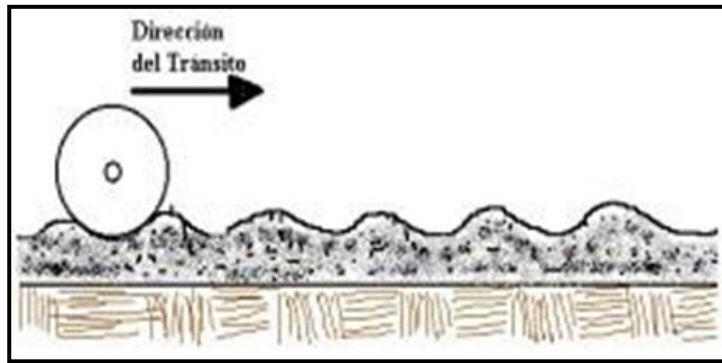


**Figura 2.2.-** Drenaje inadecuado

Fuente: Catalogo centroamericano de daño a pavimentos viales

#### 2.3.2.3. Corrugaciones

Serie de ondulaciones constituidas por crestas y depresiones perpendiculares a la dirección del tránsito, los cuales se suceden muy próximas, unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menores de 1 metro, a lo largo de la superficie.



**Figura 2.3.- Ondulaciones**

Fuente: Catalogo centroamericano de daño a pavimentos viales

#### 2.3.2.4. Baches

Cavidades en la superficie de la carretera en forma de tazón, cuyo diámetro promedio usualmente es menor de 1 m. Son muy variadas las causas que originan este daño. Se producen debido a un estado muy avanzado de otros daños, por ejemplo las corrugaciones, ahuellamientos, etc. Y también por la combinación del tránsito, clima y características de los materiales de la rodadura, son factores que influyen en la formación de este daño. Este daño tiende a desarrollarse durante la época húmeda, durante la cual cualquier deformación en la superficie, posibilita la concentración de agua.



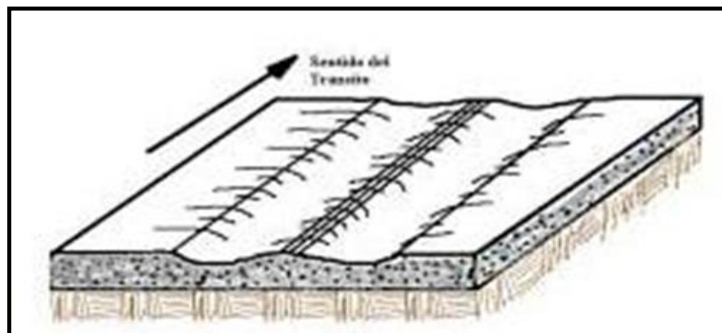
**Figura 2.4 Baches.**

Fuente: Catalogo centroamericano de daño a pavimentos viales

### 2.3.2.5. Ahuellamiento

Es una deformación longitudinal continua a lo largo de las huellas de canalización del tránsito, de longitud mínima de 6 m. En casos extremos la sección transversal de la carretera muestra un perfil en forma de W.

Es la acción de las cargas transmitidas por los neumáticos de los vehículos, así como por la frecuencia de las mismas. Las características del material de superficie y las condiciones climáticas son factores que posibilitan el desarrollo de este daño. Por ejemplo, materiales arcillosos en clima húmedo o materiales sin cohesión (arenoso) en clima seco.



**Figura 2.5.- Ahuellamiento**

Fuente: Catalogo centroamericano de daño a pavimentos viales

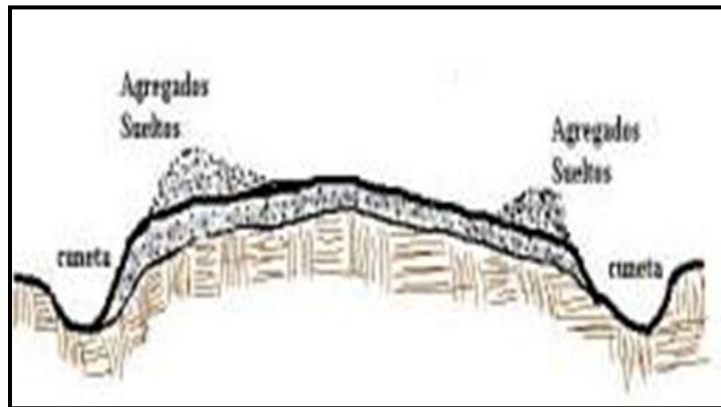
### 2.3.2.6. Perdida de agregado

Se refiere a la separación de los agregados de la capa de superficie, quedando dichos agregados en estado suelto y formando cordones a lo largo de la carretera.

Principalmente se origina por acción del tránsito sobre capas de superficie carente de finos plásticos y con



presencia de agregados cuyas partículas son mayores a 5 cm. El daño se desarrolla con mayor rapidez cuando las partículas carecen de angulosidad. El tránsito desplaza longitudinalmente los agregados gruesos a las orillas de las huellas de canalización o ahuellamiento.<sup>8</sup>



**Figura 2.6.-** Pérdida de agregado

Fuente: Catalogo centroamericano de daño a pavimentos viales

Para poder calificar la condición de una carretera afirmada se han identificado siete características: La geometría de la corona, la superficie de rodadura, las deformaciones de la superficie, los defectos especiales, el drenaje, el deterioro del medio ambiente, la señalización.

### 2.3.3. CONSERVACIÓN VIAL

Conjunto de operaciones necesarias para la preservación y mantenimiento de una carretera y de cada uno de sus elementos componentes y complementarios en las buenas condiciones para el tráfico compatibles con las características geométricas, capa de rodadura que tuvo cuando fue construida, o al estado último a que ha llegado después de las posibles mejoras que haya recibido a lo

<sup>8</sup> Jorge Coronado I, J.C.I. Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras. (3ra ed.). Guatemala; 2000.

largo del tiempo. Es importante mantener los caminos porque permite:

- Garantizar un confort adecuado y seguridad al usuario.
- Ahorro en los costos de operación de vehículos.
- Disminuye el tiempo perdido en el viaje.
- Mantiene la inversión en las etapas de construcción, reconstrucción o rehabilitación<sup>9</sup>

#### 2.3.3.1. Ciclo de vida de un camino

Los deterioros de un camino, como ya se ha mencionado, se deben en principio al efecto del agua y del tráfico. Estos influyen en el progreso de desgaste y en la transitabilidad. Por eso el mantenimiento debe hacerse sostenidamente en el tiempo de manera preventiva, para así poder extender el tiempo de vida útil y reducir las inversiones en mantenimientos periódicos y no llegar a la reconstrucción.

El ciclo de deterioro de un camino consta de cuatro fases:

- Fase 1: Construcción: En esta fase el camino se encuentra en excelentes condiciones para la satisfacción de los conductores
- Fase 2: Deterioro lento y poco visible: El camino presenta desgaste después de un tiempo, donde se evidencia de manera significativa el deterioro de la superficie

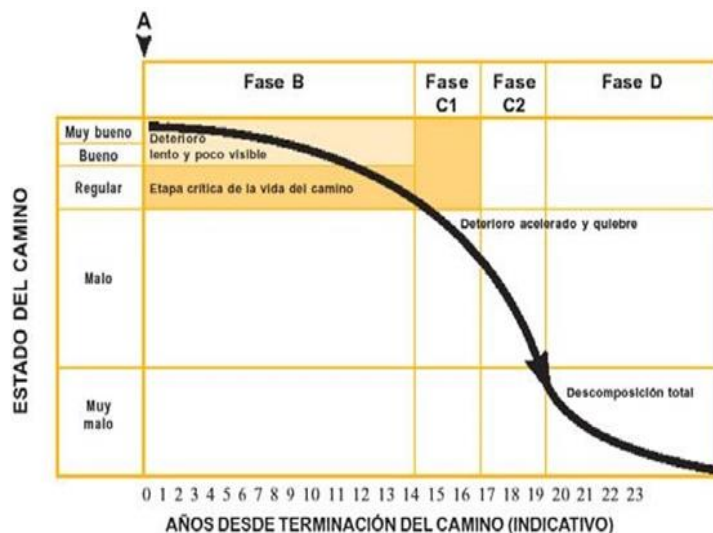
---

<sup>9</sup> José Rafael Menéndez, J.R.M. Mantenimiento Rutinario de Caminos con Micro empresas. (1er ed.). Peru; c2003.

de rodadura. Durante esta fase el camino se encuentra en buen estado.

- Fase 3: Deterioro acelerado: Aquí la carretera presenta mayor desgaste en la superficie de rodadura y en los demás elementos de la carretera. Se evidencia el deterioro acelerado y cada vez resiste menos al tránsito vehicular. Los daños comienzan a hacerse puntuales y en el tiempo se van extendiendo hasta afectar al camino. Tiene corta duración y es el comienzo de la aceleración del deterioro superficial.

- Fase 4: Descomposición Total: En esta fase los vehículos elevan sus costos de operación y tienen dificultades para circular. La capacidad del camino se ve reducida afectando así a los vehículos en los neumáticos, ejes, amortiguadores y el chasis.<sup>10</sup>



**Figura 2.7** Curva de deterioro de un pavimento

Fuente: Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas

<sup>10</sup> José Rafael Menéndez, J.R.M. Mantenimiento Rutinario de Caminos con Micro empresas. (1er ed.). Perú; c2003.

### 2.3.3.2. Mantenimiento vial

Las características funcionales de una vía tienen gran incidencia en las condiciones de seguridad y comodidad, lo que afecta económicamente a los costos de operación y mantenimiento.

Las irregularidades que presenten las vías tienen relación directa con los costos de operación de los vehículos, por consiguiente, afecta la velocidad, el desgaste de las llantas y el consumo de combustible. Estas irregularidades aparte de ocasionar desgastes en los vehículos modifican el estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura de la vía.

Se cuantifica ésta capacidad efectuándose métodos debidamente normados tales como: la extracción de testigos, ensayos de calidad de agregados, ensayo de abrasión, etc. y la comodidad del usuario se cuantifica en forma relativa de acuerdo a su percepción, teniendo relación directa con irregularidades superficiales de este. El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), fue aceptado como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino por el Banco Mundial en el año 1986, siendo obtenida por medio de una correlación con cualquier equipo de medición de rugosidad.

El IRI puede ser entendido como una especificación de construcción o el estado del pavimento, está orientado al

mantenimiento cuya incidencia se centra en funciones de aspectos económicos (IRI vs costos de usuarios), sociales (opinión de los usuarios) y técnicos (gestión de carreteras, costos de conservación vs costo Unitario).<sup>11</sup>

#### **2.3.4. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS**

Según la normativa peruana la estabilización agrupa a un concepto general que considera el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o físico-químicos.

Se puede decir que la estabilización “es el proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento para corregir alguna deficiencia o alterar sus propiedades físicas o mecánicas, de modo que se incremente o mejore un suelo, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas dándole estabilidad en cualquier condición de tiempo y servicio”. “En si lo que hace es incorporar nuevos materiales o propiedades para soportar las fuerzas externas.”<sup>12</sup>

##### **2.3.4.1 Tipos de estabilización**

Una clasificación propuesta según Winterkorn es:

- Estabilización mecánica, implica el tratamiento y la compactación de los suelos para su densificación.

---

<sup>11</sup> Pedro Nicolás Martínez Obando, PNMO Definición de un índice de rugosidad intensivo de pavimentos orientado a mantenimiento. Universidad de Chile. Weblog. [En línea] Disponible en: [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/martinez\\_po/html/index.html](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/martinez_po/html/index.html) [Consultado el 10 de agosto de 2018].

<sup>12</sup> María Graciela Fratelli, M.G.F. Academiaedu. Suelos, Fundaciones y Muro. Weblog. [En línea] Disponible en: [http://www.academia.edu/8952724/SUELOS\\_FUNDACIONES\\_y\\_MUROS\\_Maria\\_Graciela\\_Fratelli](http://www.academia.edu/8952724/SUELOS_FUNDACIONES_y_MUROS_Maria_Graciela_Fratelli) [Consultado el 20 de agosto de 2018].

- Estabilización física, comprende en buscar un buena granulometría usando materiales granulares.
- Estabilización química encierra los cambios que se le dan a las propiedades del suelo mediante el uso de agentes cementantes, ligantes asfálticos o humectantes para lograr una adecuada estabilidad.<sup>13</sup>

#### 2.3.4.2 Clasificación de estabilizantes químicos

Según el tipo de materiales<sup>14</sup>:

TIPOS DE MATERIALES	
Ligantes asfálticos	Emulsiones asfálticas
	Asfalto espumado
Ceméntales	Cemento
	Cal
	Cenizas
Compuesto químico no tradicionales	Estabilizantes (orgánico y sintético)
	Sales (cloruro de calcio, sodio y magnesio)

**Tabla 2.1.-** Tipos de estabilizantes de suelos.

Fuente: Estabilización de suelos para pavimentos

#### 2.3.4.3 Criterios de selección

Dentro de los estabilizantes de suelo que existen (tradicionales y no tradicionales) no se ha encontrado criterios para la selección de estos, es por ello que se debe analizar no sólo en el laboratorio, sino en in-situ

<sup>13</sup> Santiago Márquez, SM Estabilización de suelos. Scribd. Weblog. [En línea] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/147685749/Estabilización-de-Suelos> [consultado el 20 de agosto de 2018].

<sup>14</sup> Weeblycom. Estabilización de suelos para pavimentos. [En línea]. Disponible a partir de: <https://laultimaresistencia.weebly.com/uploads/6/8/2/7/6827657/35580425-estabilizacion-de-suelos.pdf> [Acceso el 15 de agosto de 2018].

para ser sometidos a los esfuerzos reales de tráfico, drenaje y factores externos del medio ambiente.

Para los estabilizantes de suelo deben analizarse básicamente dos características del suelo.

- Índice de plasticidad.
- Porcentaje que pasa la malla N°200.

#### 2.3.4.4 Enzima pz-22x

Las enzimas son sustancias (grandes moléculas de proteínas) derivadas de las plantas y animales, que aceleran las reacciones químicas (catalizadores químicos).

Son células vivas biodegradables y tiene efecto de acelerar las reacciones químicas sin sufrir ningún cambio; funcionan agregando la molécula del sustrato (tal como una partícula de alimento o molécula de azúcar) a un sitio molecular específico, de manera que las fuerzas electrostáticas de los átomos cercanos reducen drásticamente la energía necesaria para unirse y reformar los enlaces químicos apropiados.

##### a) Importancia

Producto en base a enzimas, en el cual se utiliza para estabilizar suelos plásticos-arcillosos. Las enzimas PZ-22X actúan como catalizadores, debido a que la estructura de sus moléculas contienen partes activas que aceleran el proceso de aglutinamiento de las

arcillas, es así como PZ-22X incrementa notablemente el proceso humectante del agua y provoca una acción aglutinante sobre los materiales finos, disminuyendo la relación de vacíos. La acción cohesiva de este proceso, produce una fuerte actividad cementante, formando finalmente un estrato resistente y permanente.

Un suelo tratado con PZ-22X que cuente con la suficiente cantidad de partículas finas cohesivas, es prácticamente no afectado por los cambios de humedad, debido a que la acción de enzimas genera que se aglutinen de forma que se disminuye parte de la relación de vacíos entre las mismas, lográndose con esto que el agua no penetre. Ante lluvias persistentes un camino tratado con PZ-22X se ve comprometido el primer centímetro por lavado del producto.

b) Especificaciones del producto

- Producto comercial en nuestro medio: Zymplex PZ-22x
- Fabricante: World Wide Enzymes Inc.
- Especificación del fabricante:

La acción catalizadora de las enzimas incrementa el proceso humectante del agua. Esto provoca a la vez, una acción aglutinante sobre los materiales plástico-arcillosos y disminuye la relación de vacíos. Como



resultado las partículas del terreno son densamente más compactadas

c) Requerimientos mínimos

Los estabilizantes de suelos requieren parámetros que deben cumplir los suelos y el agua a utilizarse en el proceso constructivo.

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

**Tabla 2.2.-** Requerimientos mínimos para el uso del producto Enzimático.

Fuente: Consorcio Royal SAC

d) Dosificación recomendada

El proveedor de estos productos químicos recomienda usar la siguiente dosificación:<sup>15</sup>

PRODUCTO QUÍMICO	DOSIFICACIÓN
Enzimático	1litro/30m3

**Tabla 2.3.-** Dosificación del enzima para alto tráfico vehicular

Fuente: Consorcio Royal SAC

2.3.4.5 Poly-Ses

Producto particularmente destinado a la impermeabilización y estabilización de suelos naturales como elemento estructural.

Su empleo permite el aprovechamiento de aquellos suelos cuyas características no cumplen con los estándares permitidos para su uso vial, cuenta con

<sup>15</sup> Paolo Chávez, P.C. Estabilizador endurecedor de suelos. Zymplex Pz-22X. 2018;1(1): 2-5.

certificados medioambientales que garantizan que no es peligroso para el medio ambiente, personal y equipos afectados a la obra.

En su aspecto genérico, POLY-SES, es un aditivo a base de polímeros, sales inorgánicas, y tensioactivos, que genera una triple reacción en el suelo a tratar:

- Promueve un intercambio iónico entre las partículas de suelo logrando que estas queden imposibilitadas de adsorber agua.
- Producto del antes mencionado intercambio iónico, las partículas de suelo se atraen entre si produciendo una ligazón química muy potente y una mayor densificación del suelo. Esto permite un mejor acomodamiento de las mismas, lo cual se refleja en una mayor capacidad densificatoria en el material, y en un menor espacio de aire en la estructura del suelo.
  - La carga electrostática conferida al suelo por el aditivo, modifica la tensión superficial de los cuerpos granulares existentes, modificando el ángulo de absorción de la gota facilitando el escurrimiento del agua que ingresa en la estructura.
  - En consecuencia, el estabilizador de suelos POLY-SES, genera una reducción en la capacidad de adsorber agua de la partícula de suelo, una mayor

densificación de la estructura, menor presencia de aire, y un mayor nivel de escurrimiento por modificación de tensión superficial de los elementos que componen el suelo a estabilizar.

- Modifica por intercambio iónico la partícula de suelo.
- Permite un mejor acomodamiento estructural.
- Modifica la tensión superficial mejorando el escurrimiento

#### a) Ventajas

- Utilización del suelo del lugar, Laboreo mecánico mínimo.
- Reduce el tiempo de trabajo consecuentemente reduce costos.
- No requiere maquinarias viales especiales, solo convencional.

#### b) Mejoras obtenidas

- Reducción del Hinchamiento
- Reducción de la permeabilidad
- Reducción del índice de plasticidad
- Aumento del valor soporte del suelo en condiciones de humedad extrema.

#### c) Principales aplicaciones

- Compactación de caminos naturales
- Sub-bases para carpetas asfálticas
- Compactación e impermeabilización de banquetas

- Tratamiento de suelo granular, evitando el lavado de finos.

- Impermeabilización de sub rasantes

d) Requerimientos mínimos

Los estabilizantes de suelos requieren parámetros que deben cumplir los suelos y el agua a utilizarse en el proceso constructivo.

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

**Tabla 2.4.-** Requerimientos mínimos para el uso del Poly -Ses.

Fuente: Polydem S.A

e) Dosificación recomendada

El proveedor de estos productos químicos recomienda usar la siguiente dosificación:

PRODUCTO QUÍMICO	DOSIFICACIÓN
Poly-Ses	1 Kg/ 10m <sup>2</sup>

**Tabla 2.5.-** Dosificación de Poly-Ses para alto tráfico vehicular

Fuente: Polydem S.A

No todos los suelos son aptos para ser estabilizados directamente. Los suelos muy arenosos son débiles, los suelos aptos para el uso del POLY-SES deben contener como mínimo 20 – 30% de arcilla.

Por ello es muy importante un análisis de los suelos a estabilizar.

En dicho análisis se determinarán las características físicas del suelo a tratar. El Estabilizante e Impermeabilizante POLY-SES es el procedimiento más económico y rápido que se puede utilizar para mejorar las propiedades de los suelos.<sup>16</sup>

### 2.3.5. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA

Para poder evaluar la eficiencia económica, nos vamos a basar en dos parámetros o índices de desempeño para poder comparar las aplicaciones de los estabilizantes de suelos con un sector patrón sin tratamiento alguno.

Estos parámetros son:

- El índice de rugosidad internacional
- El índice de condición de vía no pavimentada<sup>17</sup>

#### 2.3.5.1 Índice de rugosidad internacional

Es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento que representa la diferencia entre un perfil longitudinal teórico y uno real en el instante de la medida<sup>18</sup>.

El perfil real es aquel perfil de una carretera recién construida que tiene un IRI >0 (en estado cero) y que en estado de servicio debido al paso del tránsito, va elevando dicho valor representando mayores irregularidades<sup>19</sup>.

<sup>16</sup> Polydemcomar. Poly Ses. [En línea]. Disponible en: <http://www.polydem.com.ar/portfolio-item/polyses/> [Consultado el 18 agosto 2018].

<sup>17</sup> Héctor Martín, Choque Sánchez, H.M.C.S. Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carretera no pavimentadas. Http: // cybertesisuniedupe / bitstream / uni / 1285/1 / choque\_sh.pdf. Weblog. [En línea] Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque\\_sh.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque_sh.pdf) [Consultado el 10 de julio de 2018].

<sup>18</sup> Pradena Miquel, Mauricio, M.P.M. Redalycorg. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/1276/127619380002/> [Consultado el 21 de agosto de 2018].

<sup>19</sup> Gustavo Badilla Vargas, G.B.V. Ucraccr. [En línea]. Disponible en: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/banco-de-informacion-digital-online/07-02-13/2009/determinacion-de-procedimiento-de-ensayo-para-calculo-de-iri.PDF> [Consultado el 28 de enero del 2009].

Se determina mediante cálculos matemáticos realizado con las cotas de una línea de perfil longitudinal, obtenidas por cualquier técnica o equipo.

Una de sus ventajas del IRI es un modelo matemático cuyo resultado no depende del método y utilización de equipos en la medición de un perfil.

Se debe tener buena confiabilidad en las técnicas o equipos y de la frecuencia del muestreo.

La precisión de los equipos es un amplio tema de discusión para la medición de la rugosidad. La longitud mínima para los sitios de prueba es de 300 metros y puede ser calculado para cualquier longitud de camino. La relación que existe entre la variación de la rugosidad en el camino y su longitud es promediada.<sup>20</sup>

#### 2.3.5.1.1 Equipo de rugosidad de merlín

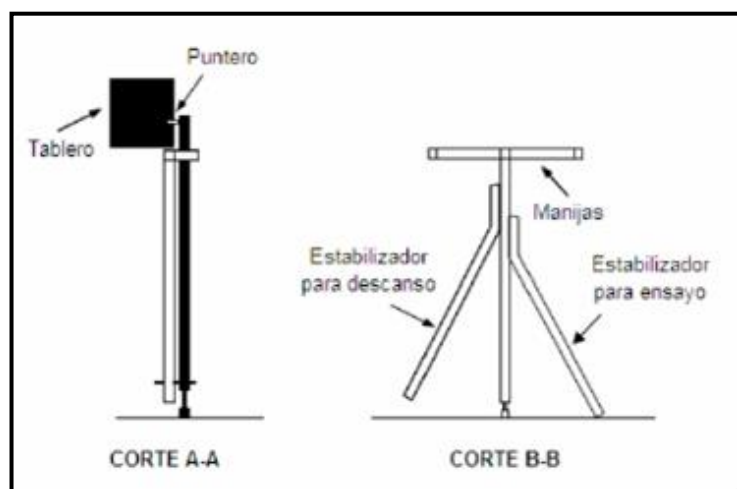
El equipo Merlín fue desarrollado por el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL), este consiste en un bastidor metálico de 1.80 m. con una rueda de bicicleta en el frente, un pie de apoyo en la parte posterior y un apoyo intermedio que se deja descansar sobre la superficie del pavimento y sirve para medir la diferencia entre la línea imaginaria que une la rueda de la bicicleta con el apoyo posterior.

---

<sup>20</sup> Ing. Gustavo Badilla Vargas, Ing. Fabián Elizondo Arrieta, Ing. Rey Jiménez. Determinación de un método de ensayo para el cálculo del IRI. [En línea]. Disponible en: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/publicaciones/ui-03-08.pdf> [Consultado el 26 de agosto de 2018].

El procedimiento de medición se hará para muestras de 300 metros de longitud el cual se presenta a continuación:

Se estacará el inicio y el fin de la vía. Se colocarán conos de seguridad por carril a medir de la vía para la seguridad del personal. En todo momento el instrumento debe reposar sobre el camino apoyado sobre 3 puntos fijos no variables: La rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo. La posición del puntero del equipo nos va a marcar lecturas que van de 1 a 50. La medición es continua y se recomienda ir a 2 km/hora. Se estaciona el equipo en la estaca inicial esperando que el puntero se estabilice y luego realizaremos la lectura de acuerdo a la escala del tablero que es anotada por el auxiliar, luego siguiendo las huellas exteriores del tráfico por un carril de la vía.



**Figura 2.8.-** Esquema de equipo de merlín

Fuente: Camineros 1993

El operador tomará las manijas del equipo y avanzará hasta completar una vuelta de la rueda; se puede colocar una marca en la llanta para que el operador pueda distinguir la vuelta completa de la llanta de tal manera que aseguremos que se cumplan los 2 metros de intervalos por medición.

Este proceso se repetirá 150 veces y luego se medirá de la misma manera en el otro carril. Para la medición de la rugosidad se utilizarán el panel de divisiones que consta de 50 divisiones el cual va a servir para medir los 150 datos.

La división 25 debe ser tal que debe corresponder a la posición central del puntero cuando coincide con la cuerda promedio, de tal forma si las dispersiones son bajas es decir si las medidas son iguales o cercanas a 5 entonces podemos decir que existe una baja rugosidad, caso contrario sería si el puntero se aleja de la posición central muchas veces (dispersiones altas) entonces intuitivamente nos da a entender que el perfil tiene muchas inflexiones o irregularidades.

Se realizara la ecuaciones de correlaciones, la TRRL desarrolló una correlación a través de una simulación computarizada de diferentes perfiles topográficos de secciones de ensayo usadas para el ensayo del IRRE (International Road Roughness



Experiment) con auspicio del Banco Mundial realizado el 1982 en Brasil. En este ensayo se pudo obtener una correlación de la rugosidad entre las unidades MERLIN y la rugosidad en unidades IRI. El proceso fue de simular computacionalmente la operación del MERLIN en cada sección para los cuales se cuenta con la rugosidad en unidades IRI y en unidades BI (Bump Integrator) por tanto con esa base de datos se pudo correlacionar mediante una regresión lineal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 D \quad (1) \text{ donde,}$$

IRI: Índice de Rugosidad Internacional, m/km

D: Rugosidad en unidades MERLIN, mm

Esta ecuación de correlación dada por el TRRL está basada en base a mediciones de rugosidad para 27 secciones de ensayo (8 en pavimentos asfálticos, 5 en tratamientos superficiales, 7 en superficies de grava y 7 sobre superficies de tierra). Los resultados de las rugosidades en escala IRI varían de 2.44 y 15.91 m/km y en unidades MERLIN varían de 41.5 y 332.4 mm.

Estos resultados nos muestran que los valores del IRI son altos por tanto la base de datos a la cual se analizó es de pavimentos con deformaciones avanzadas, evidenciando así la falta de mediciones para pavimentos nuevos o recién construidos.

Entonces la correlación para el equipo MERLIN desarrollada por la TRRL fue pensado para la evaluación de rugosidad en pavimentos muy deteriorados para el cálculo de los costos de operación de los vehículos en países de tercer mundo. La principal limitación de ésta ecuación es que solo se puede aplicar a pavimentos de rugosidad mínima de 2.4 m/km. Dado que el modelo matemático no considera rangos de rugosidad menores a 2.4 los pavimentos poco deformados o recién construidos no se podrán caracterizar.

En la década pasada el ingeniero peruano Pablo del Águila pudo experimentar en diferentes evaluaciones de rugosidad con el equipo Merlín durante 4 años, siendo así que los primeros pavimentos evaluados con la ecuación de correlación del TRRL incumplían con la especificación técnica para pavimentos asfálticos nuevos, establecida por el Proyecto Especial para la Rehabilitación de la Infraestructura del Transporte (PERT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC), donde nos indica que el IRI característico del tramo no debe ser mayor a 2 m/km.

Podemos concluir que existen dos ecuaciones de correlación para el IRI.

## Ecuación I.

Desarrollado por la 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):  $IRI = 0.0485 D^{21}$

### 2.3.5.2 Índice de condición de vía no pavimentada

El Índice de la condición de la vía no pavimentada es un índice numérico basado en una escala que varía de 0 (cero) a 100 (cien). Indica la integridad de la vía y sus condiciones de operación.

Esta escala y la clasificación asociada a ella se presentan en la Gráfico 2.2. Se determina a través de la medición de los defectos de la superficie de la vía. El método, en ensayos de campo, ha demostrado su eficacia para la determinación de las necesidades de mantenimiento de la infraestructura rural no pavimentada, así como la priorización posterior de las alternativas que más ajusten a las limitaciones de orden económico-operacional. Las medidas de los defectos se usan para calcular el Índice de la Condición de la Vía No Pavimentada (ICVNP) y se basan en valores deducibles.

Un valor deducible es un número de 0 a 100, donde 0 significa que el defecto no tiene impacto en la condición de la vía y 100

<sup>21</sup> Ing. Pablo del Águila Rodríguez, PAR metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión. Buscar. Weblog. [En línea] Disponible en: [http://www.academia.edu/33814971/METODOLOGIA\\_PARA\\_LA\\_DETERMINACION\\_DE\\_LA\\_RUGOSIDAD\\_DE\\_LOS\\_PAVIMENTOS\\_CON\\_EQUIPO\\_DE\\_BAJO\\_COSTO\\_Y\\_GRAN\\_PRECISION\\_1](http://www.academia.edu/33814971/METODOLOGIA_PARA_LA_DETERMINACION_DE_LA_RUGOSIDAD_DE_LOS_PAVIMENTOS_CON_EQUIPO_DE_BAJO_COSTO_Y_GRAN_PRECISION_1) [Consultado el 21 de agosto de 2018].

significa que la vía está completamente comprometida por el defecto.<sup>22</sup>

Para calcular este índice se siguen los siguientes pasos:

- Calcular la densidad para cada tipo de defecto como:  
Sección transversal impropia, drenaje inadecuado, ondulaciones, baches, surcos de rueda y pérdida de agregados.
- $Densidad = Cantidad\ de\ defectos \times K \times 100 / \text{Área de la Unidad Simple}$
- Utilizando las curvas de deducción de valores, se buscan valores deducibles para cada tipo de defectos y el nivel de gravedad.
- Se encuentra el Valor deducible (VD) y el valor de q.  
El VD es la suma de todos los valores deducibles, mientras que “q” es el número de valores individuales de Valores Deducibles mayores a 5.

En la presente investigación solo se tomó en cuenta el defecto de baches.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> Héctor Martín, Choque Sánchez, H.M.C.S. Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carretera no pavimentadas. [Http: // cybertesisuniedupe / bitstream / uni / 1285/1 / choque\\_sh.pdf](http://cybertesisuniedupe/bitstream/uni/1285/1/choque_sh.pdf). Weblog. [En línea] Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque\\_sh.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque_sh.pdf) [Consultado el 10 de julio de 2018].

<sup>23</sup> Héctor Martín, Choque Sánchez, H.M.C.S. Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carretera no pavimentadas. [Http: // cybertesisuniedupe / bitstream / uni / 1285/1 / choque\\_sh.pdf](http://cybertesisuniedupe/bitstream/uni/1285/1/choque_sh.pdf). Weblog. [En línea] Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque\\_sh.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque_sh.pdf) [Consultado el 10 de julio de 2018].



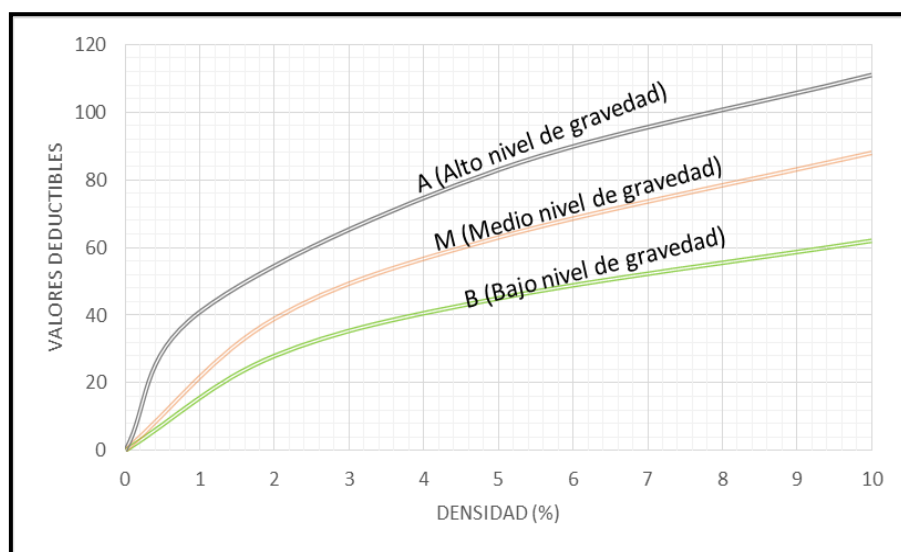
**Figura 2.9.-** Cuadro de Escala del ICVNP

Fuente: Dalcio Pickler Baesso (DPB), Fernando Luiz R (FLR) y Goncalves.

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

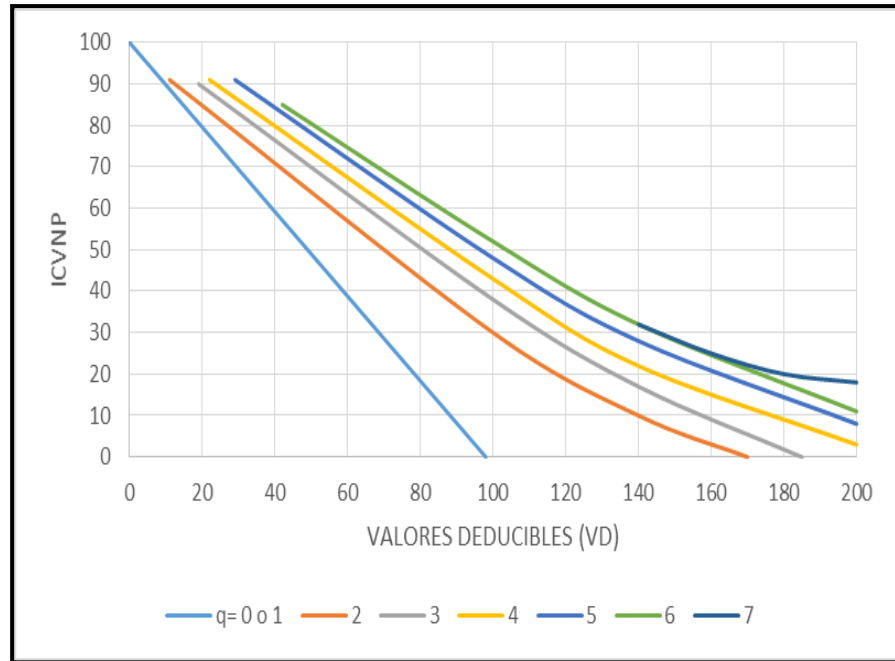
**Tabla 2.6.-** Valor de K para los diferentes tipos de defecto

Fuente: Dalcio Pickler Baesso (DPB), Fernando Luiz R (FLR) y Goncalves.



**Figura 2.10.-** Abaco de densidades para baches – Valor Deductible

Fuente: Dalcio Pickler Baesso (DPB), Fernando Luiz R (FLR) y Goncalves.



**Figura 2.11.-** Abaco de deducibles (VD) – ICVNP

Fuente: Dalcio Pickler Baesso (DPB), Fernando Luiz R (FLR) y Goncalves.

# **CAPÍTULO III**

## **METODOLOGÍA**

### 3. METODOLOGÍA

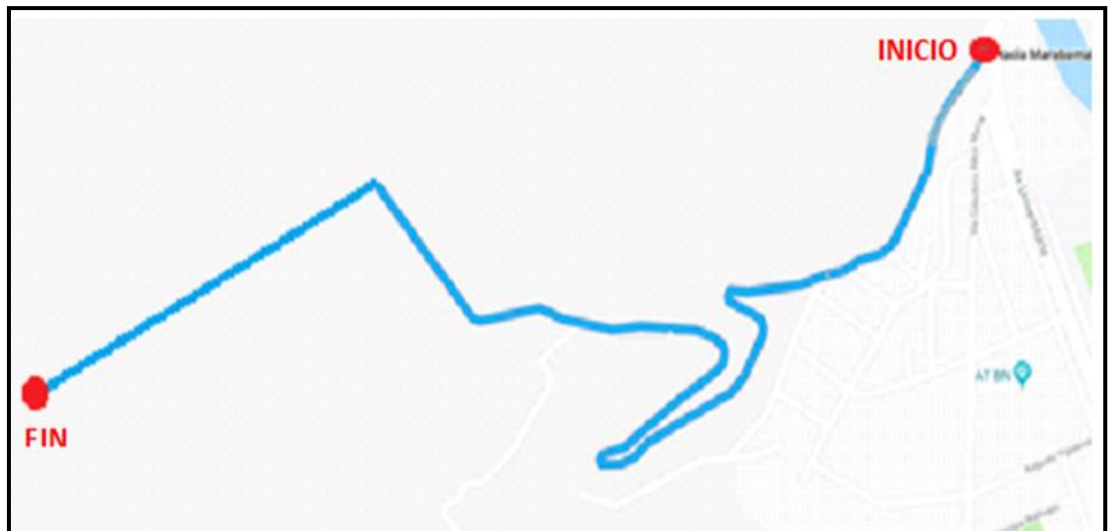
#### 3.1. ÁMBITO

Carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba

#### 3.2. POBLACIÓN

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

- Lugar : Huánuco – Loc. Marabamba
- Distrito : Huánuco
- Provincia : Huánuco
- Departamento : Huánuco
- Longitud : L= 3.00 Km



**Figura 3.1.-** Mapa departamental de la Región Huánuco.

Fuente: Elaboración Propia



### 3.3. MUESTRA

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

A los sectores de prueba se les coloca una superficie de rodadura con material seleccionado de cantera. Del cual se obtendrá las muestras para los respectivos ensayos de laboratorio.

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

**Tabla 3.1.-** Muestreo probabilístico sistemático de la carretera Huánuco - Marabamba.

Fuente: Elaboración Propia

a) Muestreo Probabilístico Sistemático por el autor Carlos Ochoa<sup>24</sup>

Elaboramos una lista ordenada de los N tramos de la población, lo que sería el marco muestral.

$$N = L \text{ total} / L \text{ tramo} = 10$$

Dividimos el marco muestral en n fragmentos, donde n es el tamaño de muestra que deseamos. El tamaño de estos fragmentos será:

$$K = N/n = 3.3$$

Donde K recibe el nombre de intervalo o coeficiente de elevación.

<sup>24</sup> Carlos Ochoa. Muestreo probabilístico: muestreo sistemático. <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-sistematico> (accedido el 25 de julio del 2018).

Número de inicio: obtenemos un número aleatorio entero A, menor o igual al intervalo.

Este número corresponderá al primer sujeto que seleccionaremos para la muestra dentro del primer fragmento en que hemos dividido la población.

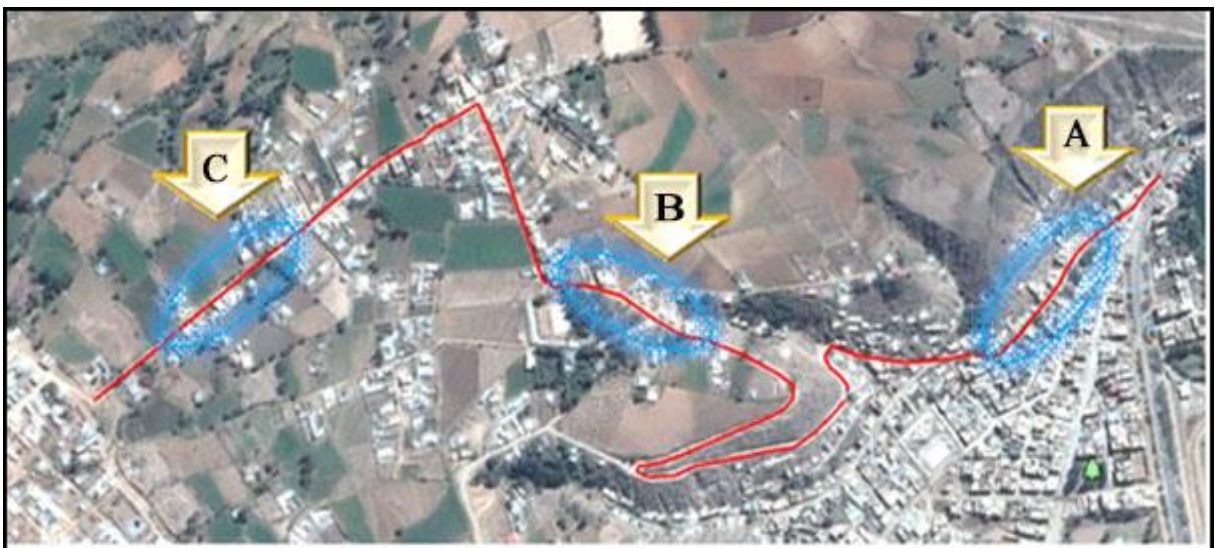
$$A = 2$$

Selección de los n-1 individuos restantes: Seleccionamos los siguientes individuos a partir del individuo seleccionado aleatoriamente, mediante una sucesión aritmética, seleccionando a los individuos del resto de fragmentos en que hemos dividido la muestra que ocupan la misma posición que el sujeto inicial. Esto equivale a decir que seleccionaremos los individuos.

Tramo 1 = 2.00 Prog. 300 al 600

Tramo 2 = 6.00 Prog. 1500 al 1800

Tramo 3 = 10.00 Prog. 2700 al 3000



**Figura 3.2.-** 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 3.3.-** Sector A de la carretera Huánuco – Marabamba.

Fuente: Elaboración Propia

Este estudio se basó en la evaluación de la magnitud y gravedad de los defectos donde se identificó siete situaciones y problemas tipificados.



**Figura 3.4.-** Sector B de la carretera Huánuco – Marabamba.

Fuente: Elaboración Propia

El deterioro ocurre en varias etapas, desde un deterioro lento que no se percibe hasta un deterioro crítico donde se evidencia en una descomposición total del camino que involucra una nueva conformación o rehabilitación de la vía.



**Figura 3.5.-** Sector C de la carretera Huánuco – Marabamba.

Fuente: Elaboración Propia

### **3.4. NIVEL Y TIPO DE ESTUDIO**

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

### **3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

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

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

### 3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Se utilizaron los siguientes Técnicas e instrumentos:

I. Instrumentos de recolección de información de trabajo de campo.

- Libreta de campo (Levantamiento topográfico).
- Formato de recolección de datos IRI
- Formato de aforo vehicular (Anexo 4 Formato MTC).
- Formato de muestreo probabilístico sistemático (Anexo 5).
- Perfil estratigráfico del suelo.

II. Instrumentos de recolección de información de laboratorio.

a) Guías de laboratorio

- Métodos estándar de ensayo para: Limite líquido, limite plástico, y el índice de plasticidad de los suelos (Anexo ASTM D 4318-05).
- Método del análisis del tamaño de las partículas de suelo (Anexo ASTM D 422-63).
- Método de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelos y rocas por masa (Anexo ASTM D 2216-98).
- Métodos de ensayos estándar para: Determinar la relación humedad-densidad de suelos y mezclas de suelo-agregado usando un martillo de 4.54 kg (10lb) y una caída de 457 mm (18 pulgadas) (Anexo ASTM D 1557-78)

b) Instrumentos de laboratorio

- Equipo Merlín.
- Tamices.
- Equipo CBR

- Equipo Proctor

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

Se **observaron directamente**, la situación actual de la vía, el número de carriles, longitud de la vía, ancho de la calzada, grado de deterioro (baches). La información proveniente de la observación directa fue seleccionada y ordenada sobre la base de un esquema general de trabajo, el cual consistió en agrupar el material de acuerdo a la tipo de la carretera. Para **sistematizar y procesar los datos**, se utilizó la estadística descriptiva, específicamente para la obtención de frecuencias y porcentajes para cada ítem, luego se aplicó la metodología de índice de rugosidad internacional y índice de condición de vía no pavimentada obteniéndose los resultados, **representándolos** en cuadros identificándose el nivel de rugosidad y deterioro de la carretera no pavimentada, posteriormente se graficaron en diagramas barras y mapas para una mejor visualización, que facilitaron el análisis e interpretación de los resultados.

Para contrastar la hipótesis se va utilizar el T – STUDEN para comparar las diferencias en los promedios de las diferencias de los resultados del ensayo.

### **3.7. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO**

Para la validación y confiabilidad de los instrumentos utilizados, se contó permanentemente con la verificación y aprobación de mi asesor de Tesis PhD. Marcelino Wilman Reynaga Martínez.

### **3.8. PROCEDIMIENTO**

Una de las características más importantes de los estudios de los estabilizantes de suelos es que la metodología que se utiliza en la evaluación de la conservación de la superficie de rodadura debe ser comparativa, para que se pueda aplicar a grandes áreas o a un gran conjunto de carreteras no pavimentadas.

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.

#### **3.8.1. TÉCNICAS DE APLICACIÓN**

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

- Aplicación superficial típicamente rociada, implica rociar superficialmente después de haber sido conformada la superficie. Su tiempo de aplicación es corto y requieren más aplicaciones para lograr su efectividad.<sup>25</sup>
- Aplicaciones mezcladas in-situ o aplicaciones íntimas, se mezcla el estabilizante con el suelo in-situ previamente tratado utilizándose equipos especiales.

---

<sup>25</sup> United States Department of Agriculture. Forest Service. Technology & Development. Program dust palliative selection and application guide. Pag.29-30.

Esa mezcla puede realizarse en la cantera y luego ser colocada en campo.

Por otro lado, la aplicación íntima se realiza cuando se escarifica el material existente o se coloca material procesado de cantera.<sup>26</sup>

La metodología a utilizarse es de aplicaciones mezcladas in-situ o aplicaciones íntimas.

#### 3.6.1.1 Evaluación del sector a aplicar

Para poder evaluar la aplicación íntima de los estabilizantes de suelos se buscará escenarios con iguales condiciones y así se podrá comparar su efectividad.

##### a) Principios de selección:

La influencia de la condición de las carreteras en los costos de operación de los vehículos es significativa. Estos costos son mínimos si las condiciones de circulación son óptimas que se asocian con una carretera bien conservada, recta, en terreno plano y sin problemas de tránsito. La presencia de deficiencias en la superficie, de pendientes o grados de curvaturas inadecuados, afectan estas condiciones. Por lo tanto, los criterios de selección serán escogidos en base a la geometría,

---

<sup>26</sup> Jonathan Q. Addo, PE. Thomas G. Sanders, Ph.D., PE. Melanie Chenard, E.I.T. Road Dust Suppression: Effect on maintenance Stability, Safety and the Environment Phases 1-3. Pag.29-30. USA. May 2004.



morfología y tránsito vehicular. Los factores que influyen en la conservación vial de una carretera son:

- La geometría de la carretera (Curvatura media horizontal e inclinación media),
- Acción del medio sobre la carretera (Las precipitaciones y la altitud)
- La acción del tráfico sobre la carretera (Flujo vehicular).<sup>27</sup>

b) Geometría de la carretera:

Según los niveles establecidos, en el “Safety at Road Geometry Standars in some European Countries”, la inclinación y el grado de curvatura se pueden calcular con el procedimiento establecido por el Banco Mundial en su publicación “Estimating Vehicle Operating Cost”.

- Inclinación media: Se define como el promedio de metros ascendidos y descendidos que un vehículo circulando por la carretera realiza a lo largo de un tramo analizado. Se expresa en porcentaje (%) (m/km)<sup>28</sup>.

---

<sup>27</sup> Héctor Martín, Choque Sánchez, H.M.C.S. Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carretera no pavimentadas. [Http: // cybertesisuniedupe / bitstream / uni / 1285/1 / choque\\_shpdf](http://cybertesisuniedupe/bitstream/uni/1285/1/choque_shpdf). Weblog. [En línea] Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque\\_sh.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque_sh.pdf) [Consultado el 10 de julio de 2018].

<sup>28</sup> Ramón Crespo del Río, RCR Medidas de la Geometría de Carretera. (1er ed.). [En línea] : Ingeniero de Caminos; 1999. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/99904213/Geometria-de-Carreteras> [Consultado el 10 de agosto de 2018].

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

**Tabla 3.2.-** Inclinación media y su calificación.

Fuente: Ramón Crespo del Río

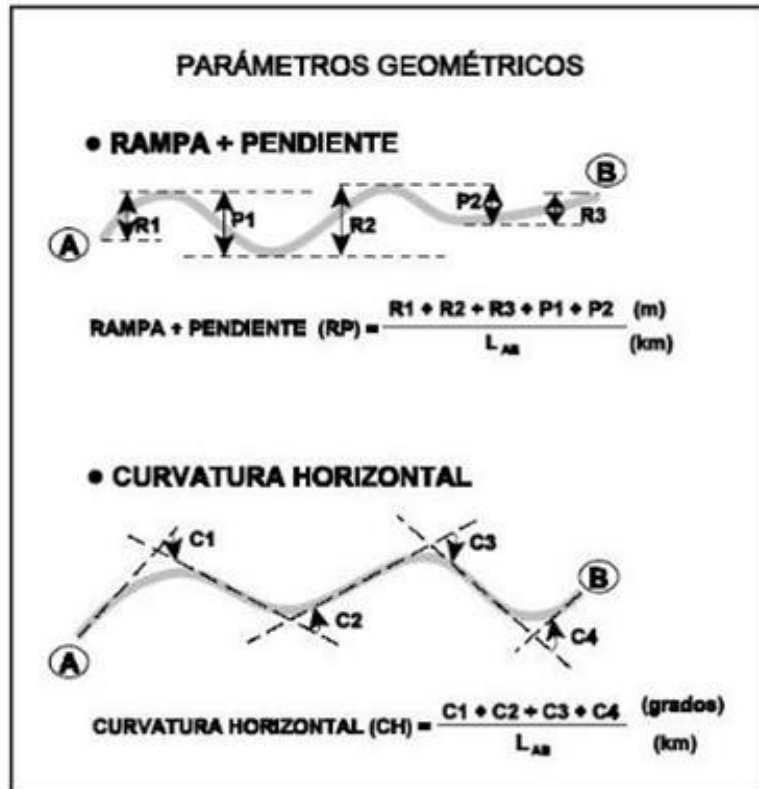
- **Curvatura media:** La curvatura horizontal analiza el trazado en planta y se define como el promedio de los ángulos entre alineaciones horizontales que un vehículo, circulando por la carretera, efectúa a lo largo de su recorrido. Se expresa en grados por kilómetro. Un tramo de carretera se clasifica utilizando la curvatura media como se muestra en la tabla siguiente:<sup>29</sup>

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

**Tabla 3.3.-** Curvatura media y su calificación.

Fuente: Ramón Crespo del Río

<sup>29</sup> Ramón Crespo del Río, RCR Medidas de la Geometría de Carretera. (1er ed.). [En línea] : Ingeniero de Caminos; 1999. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/99904213/Geometria-de-Carreteras> [Consultado el 10 de agosto de 2018].



**Figura 3.6.-** Esquema de cálculo de los parámetros geométricos.

Fuente: Ramón Crespo del Río

- Acción del medio sobre la carretera: El clima, las precipitaciones y la altitud, además del tráfico, son los principales factores que influyen frecuentemente en el deterioro de una carretera.<sup>30</sup>

### 3.6.1.2 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.

<sup>30</sup> Ramón Crespo del Río, RCR Medidas de la Geometría de Carretera. (1er ed.). [En línea] : Ingeniero de Caminos; 1999. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/99904213/Geometria-de-Carreteras> [Consultado el 10 de agosto de 2018].

### 3.8.2. TÉCNICA DE MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Para la evaluación de la rugosidad de la superficie de rodadura de la carretera Huánuco - Marabamba se decidió aplicar la “metodología del índice de rugosidad internacional” propuesta por un grupo de investigadores de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica en 1982, que fue desarrollada para unificar criterios para la medición de la regularidad superficial, considerando diferentes carreteras, equipos y métodos de cálculo. A partir de esta información el Banco Mundial en 1986, define que IRI se calcula como la razón del movimiento relativo acumulado por la suspensión del vehículo patrón, dividido por la distancia recorrida por el vehículo.

Algunas de las razones que se tomaron en cuenta para elegir esta metodología fueron:

- a) Es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento que representa la diferencia entre un perfil longitudinal teórico y uno real en el instante de la medida
- b) Se puede aplicar en estudios a nivel urbano.
- c) Se tiene la experiencia de haberse aplicado en diferentes ciudades de Brasil y Argentina con buenos resultados y como consecuencia se adoptó oficialmente por el Banco Mundial.
- d) Se ha aplicado en Colombia en valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante

activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas en 2015 (Morales, 2015).

- e) Se ha aplicado en diversos trabajos como los de Choque, 2012, Espinoza, 2010, etc.
- f) En el Perú, se ha aplicado esta metodología en la ciudad de Ayacucho y con motivo de la realización de la presente tesis, en la ciudad de Huánuco, contribuyendo a obtener los escenarios de deterioro superficial, objetivo general de la tesis.

El método presenta una escala única de valores para la medida de la regularidad superficial de las carreteras, apoyándose en cálculos matemáticos realizado con las cotas de una línea de perfil longitudinal, obtenidas por cualquier técnica o equipo.

El método califica la rugosidad de las carreteras tratando de distinguir las diferencias existentes en un mismo tipo de construcción o tipología. Esta metodología considera aspectos de los planos en planta y elevación, el estado de conservación, el tipo y organización del sistema resistente, la calidad de los materiales, etc. Luego de aplicar algunas consideraciones propias de la metodología se determina el índice de condición de vía no pavimentada, el cual es un valor numérico que representa la calidad de la carretera no pavimentada mediante la observación de sus características físicas.

### **3.8.3. TÉCNICA DE MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE VÍA NO PAVIMENTADA (ICVNP)**

El método consiste en hacer una calificación de la carretera no pavimentada mediante la observación de sus características físicas, apoyándose en cálculos comparativos, identificando los parámetros más relevantes que controlan el deterioro de la carretera causados por el uso y aspectos ambientales, realizando así una calificación de la conservación de la carpeta de rodadura mediante un coeficiente denominado Índice de condición de vía no pavimentada (ICVNP). El método relaciona, el índice de condición de vía no pavimentada obtenido, con el grado de deterioro global que sufre la carpeta de rodadura, medido por la escala.

Algunas de las razones que se tomaron en cuenta para elegir esta metodología fueron:

- a) Es un índice numérico que cuenta con su clasificación cualitativa de la condición de la superficie de rodadura.
- b) Proporciona una medida de la condición actual de la carpeta de rodadura en base a lo observado en la superficie de la carretera.
- c) No puede medir la capacidad estructural, ni proporciona la medición directa de la resistencia de rodadura o rugosidad.
- d) Proporciona una objetiva y racional base para determinar las necesidades de mantenimiento y reparación y cuáles son las prioridades.

- e) Indica las condiciones de funcionamiento y la integridad de la superficie de rodadura.
- f) Cuenta con los niveles de intervención:

RANGO	CALIFICACIÓN	INTERVENCIÓN
100 a 71	Bueno	Mantenimiento
31 a 70	Regular	Rehabilitación
0 a 30	Malo	Construcción

**Tabla 3.4.-** Nivel de Intervención.

Fuente: MTC

### 3.9. TABULACIÓN

La inclinación media se calificó de acuerdo al siguiente cuadro:

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

**Tabla 3.5.-** Inclinación media y su calificación.

Fuente: Ramón Crespo del Río

La curvatura media se calificó de acuerdo al siguiente cuadro:

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

**Tabla 3.6.-** Curvatura media y su calificación.

Fuente: Ramón Crespo del Río

# **CAPÍTULO IV**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

#### 4.1.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para evaluar las aplicaciones íntimas de los estabilizantes de suelo se buscó escenarios con iguales condiciones y así se pudo comparar su efectividad.

#### 4.1.2. SECTORIZACIÓN

Para la pendiente media podemos agruparlas en 4 variables como se muestra en el cuadro N° 4.1. Para la curvatura media también podemos agruparlas en 4 variables como se muestra en el cuadro N° 4.2.

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

**Tabla 4.1.-** Criterio para pendiente o inclinación media.

Fuente: Ramón Crespo del Río, Geometría (Inclinación)

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

**Tabla 4.2.-** Criterio para curvatura media

Fuente: Ramón Crespo del Río, Geometría (Curvatura)

Como punto de partida estableceremos la condición de elección de los sectores que tengan una curva por kilómetro; esto se debe al hecho de que para efectos de medición de la regularidad superficial (IRI) se buscarán sectores lo menos sinuosos de tal manera que no se distorsione la medida. Las altitudes se agruparon en tramos teniendo en cuenta como cota base los 2000 msnm (debido a que los vehículos conforme ascienden a cotas mayores de 2000 comienzan a tener mayores exigencias operativas) y los pisos altitudinales; tal como se muestra en el cuadro N° 4.3.

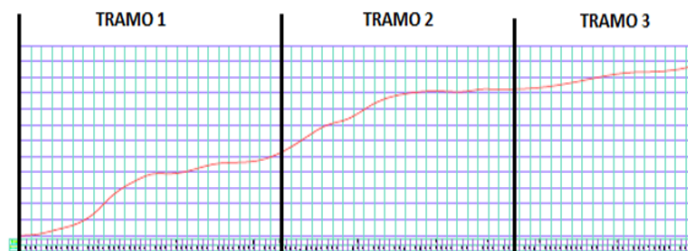
REGIONES	CALIFICACIÓN	VARIABLE
Yunga	De 500 a 2000	H1
Quechua	De 2000 a 3000	H2
Suni	De 3000 a 4000	H3
Puna	Mayores a 4000	H4

**Tabla 4.3.-** Criterio de altitudes.

Fuente: Ramón Crespo del Río, Geometría (Regiones)

#### 4.1.3. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN

Mediante el muestreo probabilístico sistemático y el perfil longitudinal que se elaboró se pudo hacer una gran sectorización, tomando en cuenta la altura de los 2040 msnm y los rangos de las altitudes consideradas.



**Figura 4.1.-** Perfil longitudinal de la carretera en estudio.

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvieron 3 tramos que se dividieron en subtramos en los siguientes rangos:

TRAMOS	LONGITUD DEL TRAMO	PROGRESIVA	
		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

**Tabla 4.4.-** Tramos seleccionados.

Fuente: Elaboración Propia

Se agruparon sectores de longitud de 0+300 kilómetro con sus respectivas pendientes medias (P.M), curvaturas medias (C.M), altura media (A.M) y la cantidad de curvas por cada 0+300 kilómetro. Luego se buscó los sectores que sólo tengan la menor cantidad de curvas. Estos se identificaron a lo largo de la carretera. (Cuadro N° 4.5)

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

**Tabla 4.5.-** Sectorización resultante

Fuente: Elaboración Propia

En cada subtramos se buscará las siguientes condiciones:

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

**Tabla 4.6.-** Sector con mayor pendiente.

Fuente: Elaboración Propia

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

**Tabla 4.7.-** Sector con menor pendiente.

Fuente: Elaboración Propia

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

**Tabla 4.8.-** Sector con mayor curvatura.

Fuente: Elaboración Propia

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

**Tabla 4.9.-** Sector con menor curvatura.

Fuente: Elaboración Propia

Las lluvias tienen origen orográfico con valores que fluctúan entre promedio de 114 mm (a 1,947 msnm). No se evidencian grandes diferencias en las zonas alrededor de toda la carretera.

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

**Tabla 4.10.-** Precipitaciones máximos de acuerdo a la altitud.

Fuente: Elaboración Propia

De los 10 sectores resultantes se escogió el sector que tenga un escenario desfavorable:

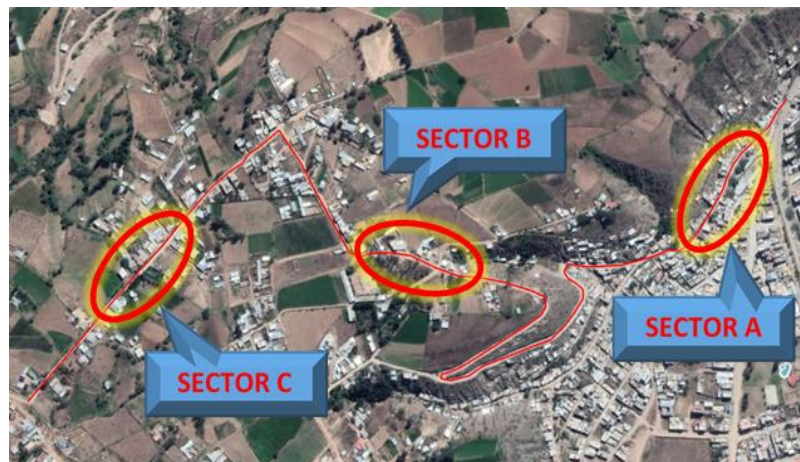
- Precipitaciones acumuladas mensuales es 114 mm, con 1947 msnm de altitud.

- Curvatura normal para efectos de la medición del IRI (Índice de Rugosidad Internacional).
- Pendiente Montañoso.

#### 4.1.4. RESULTADO DE SELECCIÓN

Se escogió los siguientes sectores con las siguientes características:

- 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 4.2.-** Ubicación de sectores.

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.5. DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES

La estabilización de suelos se hará bajo el esquema de hacer una reposición con aporte de material en las zonas

identificadas como sectores de prueba. El tramo de prueba tiene un promedio de 5.0 metros de ancho con lugares donde llegan a 4.5 metros aproximadamente. El estado superficial que se encuentra la carpeta de rodadura es regular teniéndose el problema de levantamiento de polvo cuando pasan vehículos de carga pesada de gran tonelaje que pasan por la zona de prueba. Las cunetas están sucias, siendo indispensable limpiarlas así como también las alcantarillas existentes. La temperatura en época de estiaje a partir de las 9:00 am hasta las 3:00 pm se acentúa y después de esa hora hay ocurrencias de vientos y la disminución de temperatura gradualmente. En época de invierno las temperaturas disminuyen y las precipitaciones son más constantes.

#### 4.1.6. ESTUDIO DE CANTERA

##### 4.1.6.1. Ubicación

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



**Figura 4.3.-** Ubicación de cantera.

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.6.2. Potencia

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

#### 4.1.6.3. Requerimientos

El material que se extrae de la cantera debe cumplir de acuerdo a la norma técnica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC- EG-200) con los siguientes requerimientos:<sup>1</sup>

Los agregados para la construcción del afirmado deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométrica.

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

**Tabla 4.11.- Usos granulométricos AASHTO M-147.**

Fuente: MTC-EG-200

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)

<sup>1</sup> Héctor Martín, Choque Sánchez, H.M.C.S. Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carretera no pavimentadas. Http: // cybertesisuniedupe / bitstream / uni / 1285/1 / choque\_shpdf. Weblog. [En línea] Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque\\_sh.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque_sh.pdf) [Consultado el 10 de julio de 2018].

- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad: 4 - 9 (MTC E 111)
- CBR (1) : 40% mín. (MTC E 132)
- 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 )

#### 4.1.6.4. Ensayos de laboratorio

Se extrajo muestra de la cantera y se enviaron para ser analizadas en el laboratorio de mecánica de suelos.

Se realizaron los siguientes ensayos:

- Contenido de Humedad (MTC E-108/ASTM D-2216)
- Límite de Consistencia (MTC E-110,MTC E-111/ASTM D-4318)
- Granulometría (MTC E-107/ASTM D-422)
- Proctor Modificado
- California Bearing Ratio CBR
- Ensayo de durabilidad
- Ensayo de equivalente de arena

#### 4.1.6.5. Resultado

Se analizaron las muestras de la cantera potracanCHA 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)

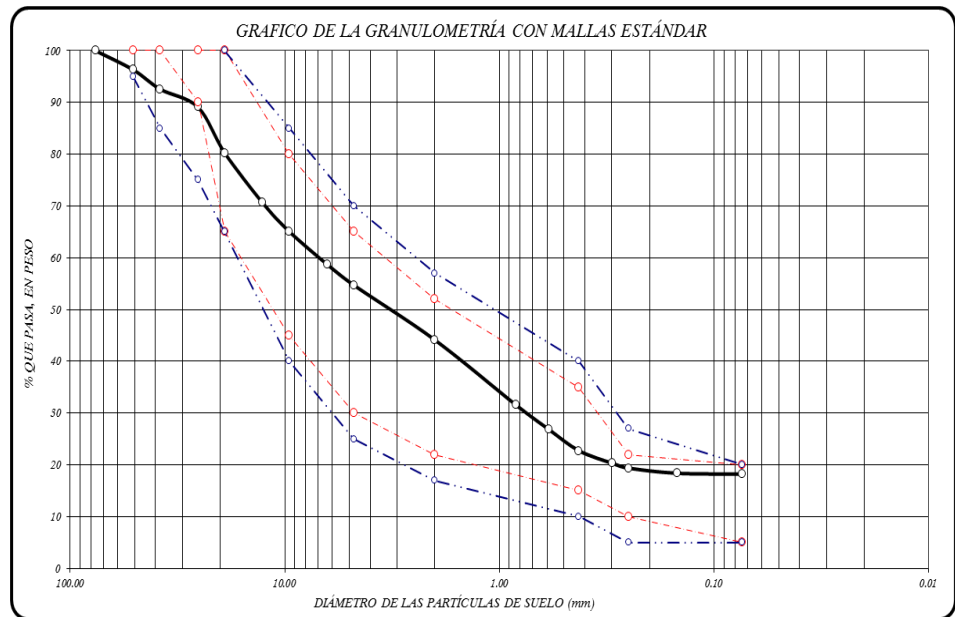


- CBR: OK (80%>40%)
- Otros resultados:
- El suelo es grava limo arcilloso bien graduada.
- La humedad óptima es de 6.79%
- La densidad máxima seca es de 2.252 gr/cm<sup>3</sup>
- Granulometría

TAMIZ No	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
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>		

**Tabla 4.12.-** Resultados de laboratorio

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 4.4.-** Curva granulométrica del suelo de la cantera

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.7. PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO

##### 4.1.7.1. Ubicación

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

##### 4.1.7.2. Equipos

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

Para el transporte de material de afirmado se emplearon: un volquete de capacidad de 15 metros cúbicos cada uno.

#### 4.1.7.3. Instalación de zaranda

Se usó una zaranda mecánica que fue fabricada de varillas de acero dispuestas de tal forma que sólo pasen las partículas menores a 2 pulgadas. Se evaluó la disposición en campo de las zonas donde se iba a depositar el material procesado. Como un alcance de campo y después de varias pruebas se pudo establecer como ángulo de inclinación de la zaranda de 55 grados para la adecuada caída del material. En la siguiente imagen se muestra la disposición que se logró en la zaranda



**Figura 4.5.-** Colocación de zaranda en cantera.

Elaboración Propia de zaranda



**Figura 4.6.-** Acondicionamiento de zonas para material procesado

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.7.4. Proceso de zarandeo

Con el equipo dispuesto en obra se hicieron trabajos mixtos en cantera. La retroexcavadora afloja el material del banco, luego se desplaza para zarandear el material y por ultimo lleva el material y carga al volquete.

#### 4.1.7.5. Transporte de material de afirmado

El material de afirmado ya procesado es transportado por el volquete y dispuesto en obra en un lado del carril.

El proceso duró 5 días. Se tuvo bastante cuidado en la seguridad del material acopiado en la plataforma de la carretera.

### 4.1.8. FUENTES AGUA

#### 4.1.8.1. Ubicación

Se identificó dos fuentes de agua cerca de la zona de prueba que se ubica en la siguiente progresiva:

KM	CÓDIGO
2+300	FA1
2+950	FA2

**Tabla 4.13.-** Ubicación de las fuentes de agua (FA).

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.8.2. Análisis de laboratorio

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

**Tabla 4.14.-** Resumen de resultados del laboratorio de las F.A

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.8. PROCESO CONSTRUCTIVO SIN ESTABILIZANTE DE SUELO (SECTOR A)

Para establecer los cálculos en el cálculo de la cantidad de agua necesaria para el perfilado con aporte de material se contó con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar dicha información.

- 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> (%).

##### 4.1.8.1. Preparación del terreno

El proceso de estabilización se hizo con material de préstamo de la cantera.

Para la compactación se tomó en cuenta como espesor máximo de 20 cm y mínimo de 7.5 cm, esto se debe a que a mayor de 20 centímetros se debe construir en dos estratos para lograr una adecuada compactación.

La superficie existente se humedeció previamente antes del perfilado con aporte de material.

#### 4.1.8.2. Preparación la dosificación de agua

Para el cálculo de agua se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento (Fuente de agua usado km 2+300).

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
Optimo 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

**Tabla 4.15.-** Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.8.3. Pruebas insitu

Para hallar el contenido de humedad natural insitu se efectuó la prueba del carburo de calcio (MTC E 126-2000). Se obtuvo como humedad natural insitu de 10.12%

#### 4.1.8.4. Mezclado y Homogenización

En esta etapa lo que se pretendió lograr restablecer el equilibrio de los finos con los demás agregados.

Teniendo en cuenta la velocidad de la motoniveladora, el ángulo longitudinal de la cuchilla (posición transversal al eje de la vía), y un correcto ángulo de incidencia.

Se humedeció el sector sin estabilizante, luego se mezcló y reproceso las cantidades necesarias hasta lograr una homogeneidad en todo el suelo. Para tener mejores resultados se tuvo previsto realizar un cálculo del caudal de la cisterna (2000 Galones) que se usó para el mezclado del material.

A una velocidad de 10 KMH se hizo el recorrido en pendiente positiva y los resultados son los siguientes:

- Día de prueba: 09 de Noviembre 2017
- Hora de Prueba: 09:20 am

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

**Tabla 4.16.-** Cálculo del gasto de la cisterna

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.8.5. Conformación y Perfilado

Luego de humedecer el material para mezclarlo y llegar a una homogeneidad, se procedió a conformar la plataforma dándole un bombeo del 2%.

Luego se procedió a perfilar con el mismo material puesto en obra dándole la cantidad de pasadas necesarias hasta obtener uniformidad en el acabado.

#### 4.1.8.6. Compactación

Conforme las motoniveladoras esparcen el material se procedió a compactar teniendo en cuenta que tiene que llegar al O.C.H (Óptimo contenido de humedad) dato que se obtuvo de la prueba de la humedad de campo insitu con el Speedy. Usando los rodillos vibro – compactadores. Sólo es necesario 4 pasadas.

Para la etapa final se pasó el rodillo sin vibración y así se evitó las grietas excesivas en la superficie causadas por el rápido secado de la misma.

La superficie se aplano hasta lograr una apariencia uniforme y sellada.

#### 4.1.9. PROCESO CONSTRUCTIVO CON ENZIMA PZ -22X (SECTOR B)

Para establecer los cálculos en el cálculo de la cantidad de estabilizante se contó con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar las proporciones necesarias:

- 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  $w_n$  (%).
- Dosificación y/o rendimiento del estabilizante a emplear.

#### 4.1.9.1. Preparación de la dosificación del estabilizante

De acuerdo a las especificaciones de los fabricantes se usarán la siguiente dosificación siguiente: Enzimático =1litro/30m<sup>3</sup>, para el cálculo de agua se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento:

<b>REQUERIMIENTO</b>	
% 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
<b>DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO</b>	
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
<b>AGUA PARA HUMEDAD OPTIMA</b>	
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

**Tabla 4.17.-** Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H

Fuente: Elaboración Propia

La mezcla se hizo cuando se abasteció a la cisterna en la fuente de agua aprovechando el movimiento por la succión del agua. No presentó ningún problema para la manipulación debido a que el líquido es biodegradable

#### 4.1.9.2. Proceso de aplicación de un sello superficial.

Según recomendación del fabricante indica que en el caso del producto enzimático, se dosificó con el 100% del líquido al suelo. Solo se pasó un ligero regado con agua a la superficie después de terminado.

#### 4.1.9.3. Pruebas in situ

Para hallar el contenido de humedad natural in situ se efectuó la prueba del carburo de calcio (MTC E 126-2000). Se obtuvo como humedad natural in situ de 10.12%

#### 4.1.9.4. Mezclado y Homogenización

En esta etapa lo que se pretendió lograr es restablecer el equilibrio de los finos con los demás agregados. Teniendo en cuenta la velocidad de la motoniveladora, el ángulo longitudinal de la cuchilla (posición transversal al eje de la vía), y un correcto ángulo de incidencia.

De acuerdo a la cantidad de material se pudo hacer en dos etapas, primero mezclando y esparciendo que sirvió como base para la segunda mezcla. Se humedeció luego se

mezcló y reproceso las cantidades necesarias hasta lograr una homogeneidad en todo el suelo.

#### 4.1.9.5. Compactación

Conforme las motoniveladoras esparcen el material se procedió a compactar teniendo en cuenta que tiene que llegar al O.C.H (Optimo contenido de humedad) dato que se obtiene de la prueba de la humedad de campo insitu con el Speedy. Usando los rodillos vibro – compactadores sólo es necesario de 2 a 4 pasadas.

Para la etapa final se pasó el rodillo sin vibración y así se evitó las grietas excesivas en la superficie causadas por el rápido secado de la misma.

La superficie se aplanó hasta lograr una apariencia uniforme y sellada. Se necesitó humedecer un poco la superficie.

#### 4.1.9.6. Proceso de curado

La carretera tratada con el estabilizador enzimático, se curó normalmente de 48 a 72 horas. Se abrió el pase en la noche del mismo día de la aplicación.

Teniendo en consideración que en climas secos la carretera puede abrirse inmediatamente al tráfico y condiciones lluviosas pueden aumentar el tiempo de secado.

#### 4.1.10. PROCESO CONSTRUCTIVO CON POLY-SES (SECTOR C)

Para establecer los cálculos en el cálculo de la cantidad de estabilizante se contó con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar las proporciones necesarias:

- 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.<sup>2</sup>

##### 4.1.10.1. Preparación de la dosificación del estabilizante

De acuerdo a las especificaciones de los fabricantes se usará la siguiente dosificación siguiente:

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

Para el cálculo de agua se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento:

---

<sup>2</sup> Héctor Martín, Choque Sánchez, H.M.C.S. Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carretera no pavimentadas. [Http:// cybertesisuniedupe / bitstream / uni / 1285/1 / choque\\_sh.pdf](http://cybertesisuniedupe/bitstream/uni/1285/1/choque_sh.pdf). Weblog. [En línea] Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque\\_sh.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque_sh.pdf) [Consultado el 10 de julio de 2018].

<sup>3</sup> Paolo Chavez, P.C. Estabilizador endurecedor de suelos. Zymplex Pz-22X. 2018;1(1): 2-5.

<b>REQUERIMIENTO</b>	
% finos mayores al 18%	18.20
IP* (entre 4 y 10)	9.21
PH** agua (entre 5.5 a 8)	7.45
<b>DOSIS RECOMENDADA</b>	
Tráfico Pesado (kg/m <sup>2</sup> )	0.1
Primera aplicación (75%) Kg/m <sup>3</sup>	0.75
Segunda aplicación (25%) Kg/m <sup>3</sup>	0.25
<b>DATOS DE CAMPO Y LABORATORIO</b>	
Longitud (m)	300
Ancho (m)	4.5
Espesor (m)	0.2
Volumen suelo suelto (m <sup>3</sup> )	337.5
Volumen suelo compactado (m <sup>3</sup> )	270
MDD* (kg/m <sup>3</sup> )	2.252
OCH*(%)	6.79
Insitu***(%)	10.12
Agua (%)	1.18
<b>AGUA PARA HUMEDAD OPTIMA</b>	
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

**Tabla 4.18.-** Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H

Fuente: Elaboración Propia

La mezcla se hizo cuando se abasteció a la cisterna en la fuente de agua aprovechando el movimiento por la succión del agua. No presentó ningún problema para la manipulación debido a que el líquido es biodegradable

#### 4.1.10.2. Pruebas in situ

Para hallar el contenido de humedad natural in situ se efectuó la prueba del carburo de calcio (MTC E 126-2000). Se obtuvo como humedad natural in situ de 10.12%

#### 4.1.10.3. Mezclado y Homogenización

En esta etapa lo que se pretendió lograr es restablecer el equilibrio de los finos con los demás agregados. Teniendo en cuenta la velocidad de la motoniveladora, el ángulo longitudinal de la cuchilla (posición transversal al eje de la vía), y un correcto ángulo de incidencia.

De acuerdo a la cantidad de material se pudo hacer en dos etapas, primero mezclando y esparciendo que sirvió como base para la segunda mezcla. Se humedeció luego se mezcló y reproceso las cantidades necesarias hasta lograr una homogeneidad en todo el suelo.

#### 4.1.10.4. Conformación y Perfilado

Luego de humedecer el material para mezclarlo y llegar a una homogeneidad, se procedió a conformar la plataforma dándole un bombeo del 2% para después perfilar con el mismo material puesto en obra dándole la cantidad de pasadas necesarias hasta obtener uniformidad en el acabado

#### 4.1.10.5. Compactación

Conforme las motoniveladoras esparcen el material se procedió a compactar teniendo en cuenta que tiene que llegar al O.C.H (Optimo contenido de humedad) dato que se obtiene de la prueba de la humedad de campo insitu con el

Speedy. Usando los rodillos vibro – compactadores sólo es necesario de 2 a 4 pasadas. Para la etapa final se pasó el rodillo sin vibración y así se evitó las grietas excesivas en la superficie causadas por el rápido secado de la misma.

La superficie se aplanó hasta lograr una apariencia uniforme y sellada. Se necesitó humedecer la superficie.

#### 4.1.10.6. Proceso de aplicación de un sello superficial.

Según recomendación del fabricante se dosificó con el 75% del líquido al suelo y luego con el 25% restante se procedió a echar en forma de sello con ayuda de la cisterna.

#### 4.1.10.7. Proceso de curado

En caso del Poly Ses la apertura al tránsito es inmediata y no necesita curarse.

### **4.1.11. FRECUENCIA DE MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)**

Para establecer los cálculos en el cálculo de la cantidad de estabilizante se contó con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar las proporciones necesarias:

#### 4.1.11.1. Sistema de monitoreo sin estabilizante (Sector A)

Se programó 04 mediciones para la rugosidad, se hicieron tres pasadas por cada carril en cada sector de prueba, los resultados se muestran a continuación:

## a. Primer Monitoreo: 14/12/2017 al 16/12/2017

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		

**Tabla 4.19.-** Resultados del primer monitoreo IRI- Sector sin estabilizante

Fuente: Elaboración Propia

## b. Segundo Monitoreo: 15/01/2018 al 17/01/2018

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		

**Tabla 4.20.-** Resultados del segundo monitoreo IRI- Sector sin estabilizante

Fuente: Elaboración Propia

## c. Tercer Monitoreo: 15/02/2018 al 17/02/2018

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		

**Tabla 4.21.-** Resultados del tercer monitoreo IRI- Sector sin estabilizante

Fuente: Elaboración Propia



## d. Cuarto Monitoreo: 14/03/2018 al 16/03/2018

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		

**Tabla 4.22.-** Resultados del cuarto monitoreo IRI- Sector sin estabilizante

Fuente: Elaboración Propia

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

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 14/12/2017 y culminando con el cuarto monitoreo el 16/03/2018, obteniendo los resultados como se muestra a continuación

## a. Primer Monitoreo: 14/12/2017 al 16/12/2017

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		

**Tabla 4.23.-** Resultados del primer monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x

Fuente: Elaboración Propia

## b. Segundo Monitoreo: 15/01/2018 al 17/01/2018

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		

**Tabla 4.24.-** Resultados del segundo monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x

Fuente: Elaboración Propia

## c. Tercer Monitoreo: 15/02/2018 al 17/02/2018

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		

**Tabla 4.25.-** Resultados del tercer monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x

Fuente: Elaboración Propia

## d. Cuarto Monitoreo: 14/03/2018 al 16/03/2018

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		

**Tabla 4.26.-** Resultados del cuarto monitoreo IRI- Sector enzima pz-22x

Fuente: Elaboración Propia

## 4.1.11.3. Sistema de monitoreo con Poly-Ses (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 14/12/2017 y culminando con el cuarto monitoreo el 16/03/2018, obteniendo los resultados como se muestra a continuación.

## a. Primer Monitoreo: 14/12/2017 al 16/12/2017

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		

**Tabla 4.27.-** Resultados del primer monitoreo IRI- Sector Poly-Ses

Fuente: Elaboración Propia

## b. Segundo Monitoreo: 15/01/2018 al 17/01/2018

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		

**Tabla 4.28.-** Resultados del segundo monitoreo IRI- Sector Poly-Ses

Fuente: Elaboración Propia

## c. Tercer Monitoreo: 15/02/2018 al 17/02/2018

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		

**Tabla 4.29.-** Resultados del tercer monitoreo IRI- Sector Poly-Ses

Fuente: Elaboración Propia

## d. Cuarto Monitoreo: 14/03/2018 al 16/03/2018

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		

**Tabla 4.30.-** Resultados del cuarto monitoreo IRI- Sector Poly-Ses

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.12. MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE VÍAS NO PAVIMENTADAS (ICVNP)

##### 4.1.12.1. Sistema de monitoreo sin estabilizante (Sector A)

Para el sector sin estabilizante la mayor falla que se presentó en campo es la formación de baches. Se hizo el levantamiento de la información paralelamente con la medición de la rugosidad.

Se tomó como referencia el catálogo centroamericano de fallas en pavimentos viales y el catálogo de fallas del Banco Mundial se establecieron los siguientes criterios de medición y luego se cuantificó con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.

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

**Tabla 4.31.-** Criterios de medición

Fuente: Catálogo de Fallas

a. Primer Monitoreo: 14/12/2017 al 16/12/2017

No se presentó ningún bache en el sector patrón

b. Segundo Monitoreo: 15/01/2018 al 17/01/2018

No se presentó ningún bache en el sector patrón

c. Tercer Monitoreo: 15/02/2018 al 17/02/2018

Presencia de 66 baches donde lo más frecuente que se encuentra son de diámetro promedio de 40 cm y profundidad promedio de 2.13 cm

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

**Tabla 4.32.-** Diámetro promedio de baches – Nivel bajo

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	M (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

**Tabla 4.33.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Medio

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	Á (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

**Tabla 4.34.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Alto

Fuente: Elaboración Propia

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			

**Tabla 4.35.-** Tercer monitoreo – Sector A (sin estabilizante)

Fuente: Elaboración Propia

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

**Tabla 4.36.-** ICVNP – Sector A (sin estabilizante)

Fuente: Elaboración Propia

## d. Cuarto Monitoreo: 14/03/2018 al 16/03/2018

Presencia de 248 baches donde se encuentra con mayor frecuencia baches de diámetro promedio de 61 cm y profundidad promedio 2.80 cm.

Se observa la presencia de alta severidad, después de cinco meses la reacción del sector patrón es alta.

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

**Tabla 4.37.-** Diámetro promedio de baches – Nivel bajo

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	M (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
7.20	0.83	5.98

**Tabla 4.38.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Medio

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	Á (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

**Tabla 4.39.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Alto

Fuente: Elaboración Propia

TRAMOS CADA 60 M	B (cm2)	M (cm2)	A (cm2)	TOTAL (cm2)	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			

**Tabla 4.40.-** Cuarto monitoreo – Sector A (sin estabilizante)

Fuente: Elaboración Propia

Área (m2)	Severidad		K	D (cm2)	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

**Tabla 4.41.-** ICVNP – Sector A (sin estabilizante)

Fuente: Elaboración Propia

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

Para el sector con enzima pz-22x presentó menor falla con respecto al sector patrón. Se hizo el levantamiento de la información paralelamente con la medición de la rugosidad.

Se tomó como referencia el catálogo centroamericano de fallas en pavimentos viales y el catálogo de fallas del Banco Mundial se establecieron los siguientes criterios de medición y luego se cuantificó con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.



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

**Tabla 4.42.-** Criterios de medición

Fuente: Catálogo de Fallas

a. Primer Monitoreo: 14/12/2017 al 16/12/2017

No se presentó ningún bache en el sector patrón

b. Segundo Monitoreo: 15/01/2018 al 17/01/2018

No se presentó ningún bache en el sector patrón

c. Tercer Monitoreo: 15/02/2018 al 17/02/2018

Presencia de 21 baches. Se encontró en su mayoría baches de diámetro de 0.37 cm y profundidad de 0.65 cm en promedio. Se encuentra la presencia en los últimos 30 metros un estado de severidad media

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

**Tabla 4.43.-** Diámetro promedio de baches – Nivel bajo

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	M (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

**Tabla 4.44.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Medio

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	Á (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

**Tabla 4.45.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Alto

Fuente: Elaboración Propia

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	0.03	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			

**Tabla 4.46.-** Tercer monitoreo – Sector B (enzima pz-22x)

Fuente: Elaboración Propia

Área (m <sup>2</sup> )	Severidad		K	D (cm <sup>2</sup> )	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

**Tabla 4.47.-** ICVNP – Sector B (enzima pz-22x)

Fuente: Elaboración Propia

d. Cuarto Monitoreo: 14/03/2018 al 16/03/2018

Presencia de 37 baches. Se encontró en su mayoría baches de diámetro de 53 cm y profundidad de 0.99 cm en promedio. Dentro los últimos 15 metros se encuentra 1 bache de un nivel alto.

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

**Tabla 4.48.-** Diámetro promedio de baches – Nivel bajo

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	M (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

**Tabla 4.49.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Medio

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	A (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

**Tabla 4.50.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Alto

Fuente: Elaboración Propia

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	0.18	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			

**Tabla 4.51.-** Cuarto monitoreo – Sector B (enzima pz-22x)

Fuente: Elaboración Propia

Área (m <sup>2</sup> )	Severidad		K	D (cm <sup>2</sup> )	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

**Tabla 4.52.-** ICVNP – Sector B (enzima pz-22x)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.12.3. Sistema de monitoreo con Poly-Ses (Sector C)

Para el sector con Poly-Ses presentó menor falla que el sector patrón. Se hizo el levantamiento de información paralelamente con la medición de la rugosidad.

Tomando como referencia el catálogo centroamericano de fallas en pavimentos viales y el catálogo de fallas del Banco Mundial se establecieron los siguientes criterios de medición y luego se cuantificarán con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.

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

**Tabla 4.53.-** Criterios de medición

Fuente: Catálogo de Fallas

##### a. Primer Monitoreo: 14/12/2017 al 16/12/2017

No se presentó ningún bache en el sector patrón

##### b. Segundo Monitoreo: 15/01/2018 al 17/01/2018

No se presentó ningún bache en el sector patrón

c. Tercer Monitoreo: 15/02/2018 al 17/02/2018

Presencia de 8 baches. Se encontró en su mayoría baches de diámetro de 11 cm y profundidad de 9 cm en promedio.

No se encontró baches de un nivel alto.

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

**Tabla 4.54.-** Diámetro promedio de baches – Nivel bajo

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	M (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

**Tabla 4.55.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Medio

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	Á (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

**Tabla 4.56.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Alto

Fuente: Elaboración Propia

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			

**Tabla 4.57.- Tercer monitoreo – Sector C (Poly Ses)**

Fuente: Elaboración Propia

Área (m <sup>2</sup> )	Severidad		K	D (cm <sup>2</sup> )	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

**Tabla 4.58.- ICVNP – Sector C (Poly Ses)**

Fuente: Elaboración Propia

d. Cuarto Monitoreo: 14/03/2018 al 16/03/2018

Presencia de 23 baches. Se encontró en su mayoría baches de diámetro de 24 cm y profundidad de 21 cm en promedio.

No se encontró baches de un nivel alto.

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

**Tabla 4.59.- Diámetro promedio de baches – Nivel bajo**

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	M (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

**Tabla 4.60.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Medio

Fuente: Elaboración Propia

PROFUNDIDAD (cm)	DIÁMETRO (cm)	A (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

**Tabla 4.61.-** Diámetro promedio de baches – Nivel Alto

Fuente: Elaboración Propia

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			

**Tabla 4.62.-** Cuarto monitoreo – Sector C (Poly Ses)

Fuente: Elaboración Propia

Área (m <sup>2</sup> )	Severidad	K	D (cm <sup>2</sup> )	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

**Tabla 4.63.-** ICVNP – Sector C (Poly Ses)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.13. ANÁLISIS Y ORGANIZACIÓN DE DATOS

##### 4.1.13.1. Índice de rugosidad internacional (IRI)

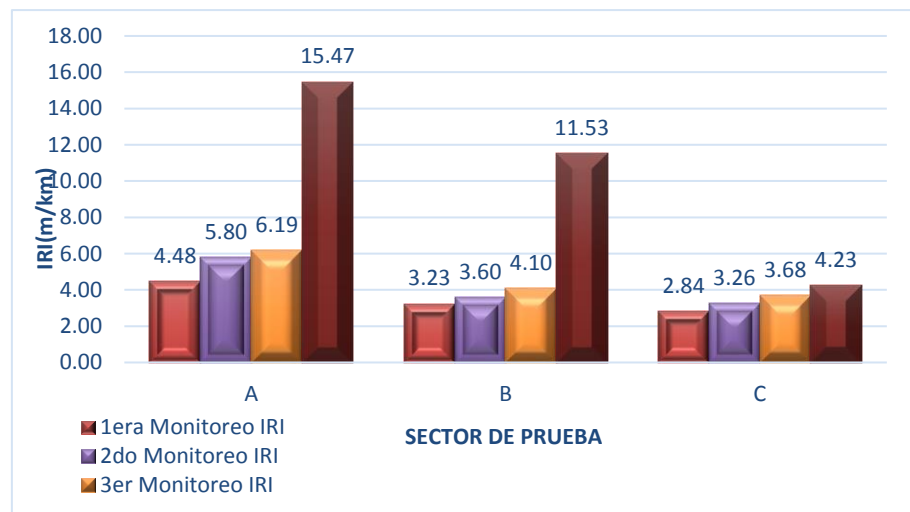
###### a. Progreso del deterioro por sector de prueba

Obteniendo los resultados finales en cada sector de prueba se puede observar el progreso de deterioro por 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

**Tabla 4.64.-** Resumen de los resultados del IRI en cada sector de prueba

Fuente: Elaboración Propia



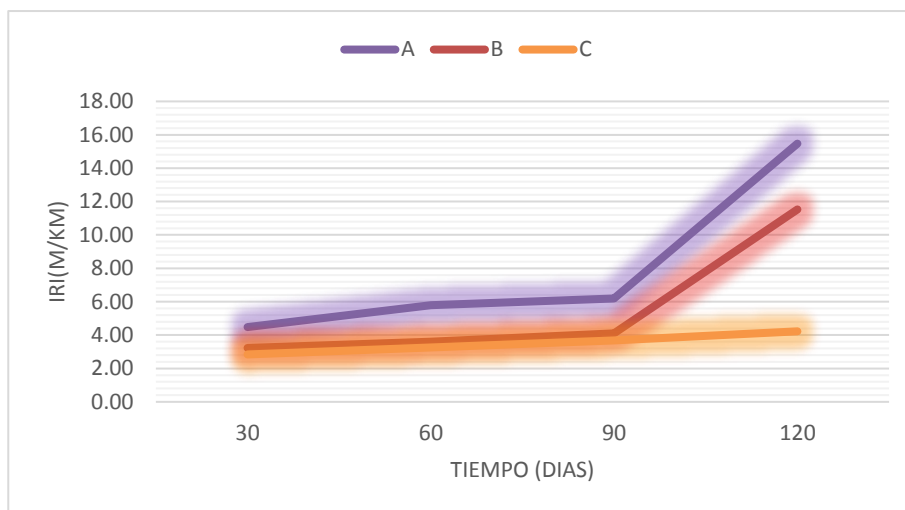
**Gráfico 4.1.-** Resumen de los resultados de IRI

Fuente: Elaboración Propia

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

El siguiente gráfico muestra como está progresivamente aumentando la rugosidad a medida que pasa el tiempo.





**Gráfico 4.2.-** Progreso del deterioro por sector de prueba

Fuente: Elaboración Propia

c. Variaciones del IRI en cada monitoreo

FECHA MONITOREO	TIEMPO (DÍAS)	IRI (m/km)		
		A	B	C
14/12/17 - 16/12/17	30	4.48	3.23	2.84
15/01/18 - 17/01/18	60	5.80	3.60	3.26
15/02/18 - 17/02/18	90	6.19	4.10	3.68
14/03/18 - 16/03/18	120	15.47	11.53	4.23

**Tabla 4.65.-** Datos del IRI de acuerdo a los monitoreos realizados

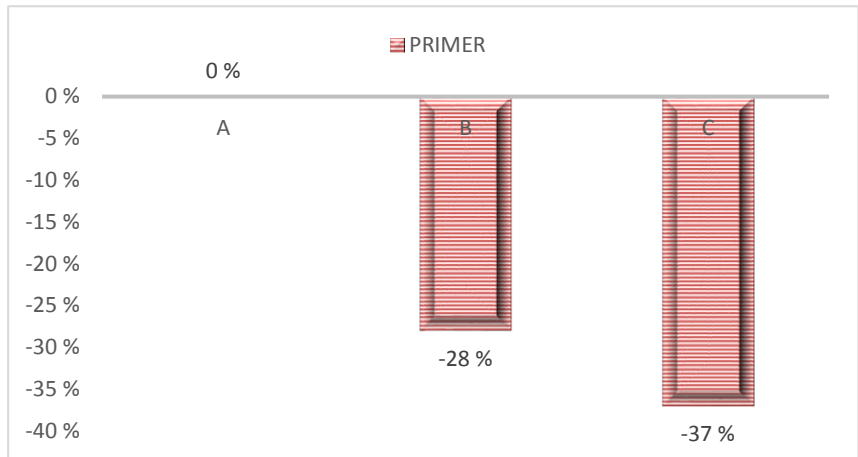
Fuente: Elaboración Propia

Los presentes gráficos muestran, con respecto a la primera medida del sector patrón, como es el progreso (%) del deterioro en cada uno de los sectores donde se aplicaron los estabilizantes de suelo.

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 %

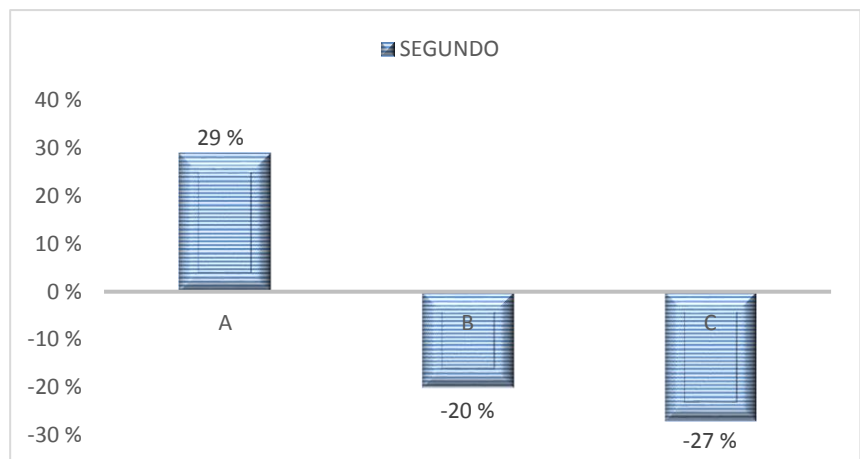
**Tabla 4.66.-** Resumen de las variaciones del IRI por cada monitoreo.

Fuente: Elaboración Propia



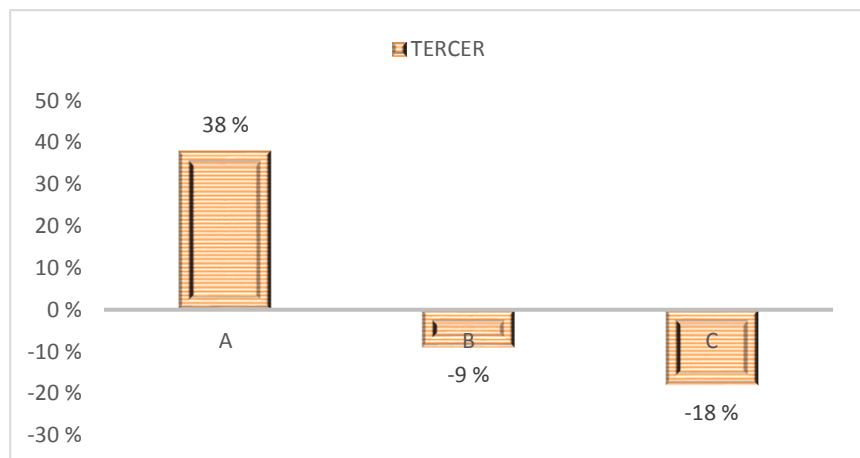
**Gráfico 4.3.-** Variación del IRI en el primer monitoreo

Fuente: Elaboración Propia



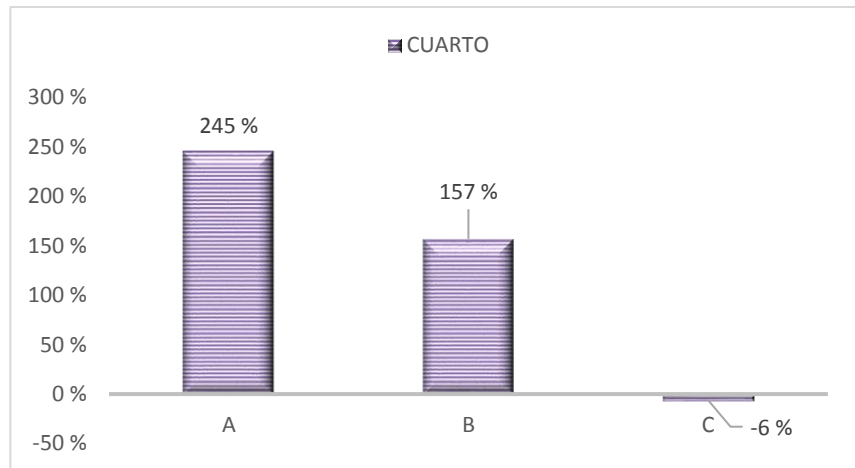
**Gráfico 4.4.-** Variación del IRI en el segundo monitoreo

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.5.-** Variación del IRI en el tercer monitoreo

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.6.-** Variación del IRI en el cuarto monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

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

**Tabla 4.67.-** Leyenda de casa sector

Fuente: Elaboración Propia

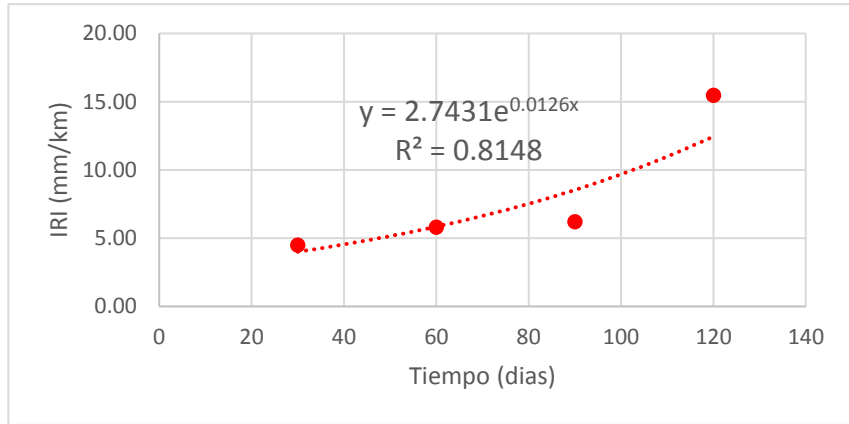
#### d. Progresión de rugosidad

- o Sector A

SECTOR A		
FECHA MONITOREO	TIEMPO (DIAS)	IRI (m/km)
09/11/2017	EXPERIMENTO	
14/12/17 - 16/12/17	30	4.48
15/01/18 - 17/01/18	60	5.80
15/02/18 - 17/02/18	90	6.19
14/03/18 - 16/03/18	120	15.47

**Tabla 4.68.-** Datos del IRI en el sector A

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.7.-** Curva de deterioro para el sector A.  
Fuente: Elaboración Propia

Entonces:

De la regresión no lineal tenemos:

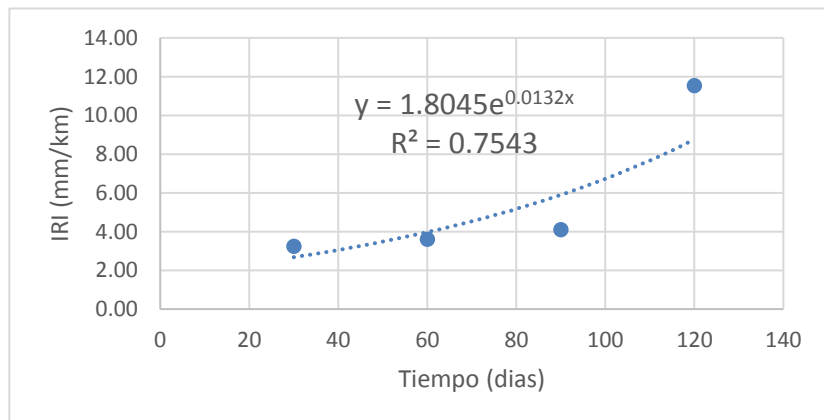
Ecuación =  $2.7431e^{0.0126x}$  ..... (a)

$R^2 = 0.8148$

- o Sector B

SECTOR B		
FECHA MONITOREO	TIEMPO (DÍAS)	IRI (m/km)
09/11/2017	EXPERIMENTO	
14/12/17 - 16/12/17	30	3.23
15/01/18 - 17/01/18	60	3.60
15/02/18 - 17/02/18	90	4.10
14/03/18 - 16/03/18	120	11.53

**Tabla 4.69.-** Datos del IRI en el sector B  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.8.-** Curva de deterioro para el sector B  
Fuente: Elaboración Propia

Entonces:

De la regresión no lineal tenemos:

$$\text{Ecuación} = 1.8045e^{0.0132x} \dots\dots\dots (b)$$

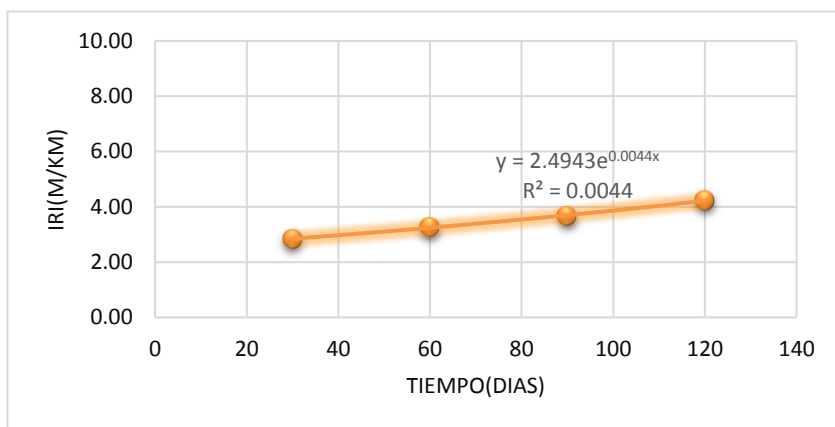
$$R^2 = 0.7543$$

- o Sector C

SECTOR C		
FECHA MONITOREO	TIEMPO (DÍAS)	IRI (m/km)
09/11/2017	EXPERIMENTO	
14/12/17 - 16/12/17	30	2.84
15/01/18 - 17/01/18	60	3.26
15/02/18 - 17/02/18	90	3.68
14/03/18 - 16/03/18	120	4.23

**Tabla 4.70.-** Datos del IRI en el sector C

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.9.-** Curva de deterioro para el sector C

Fuente: Elaboración Propia

Entonces:

De la regresión no lineal tenemos:

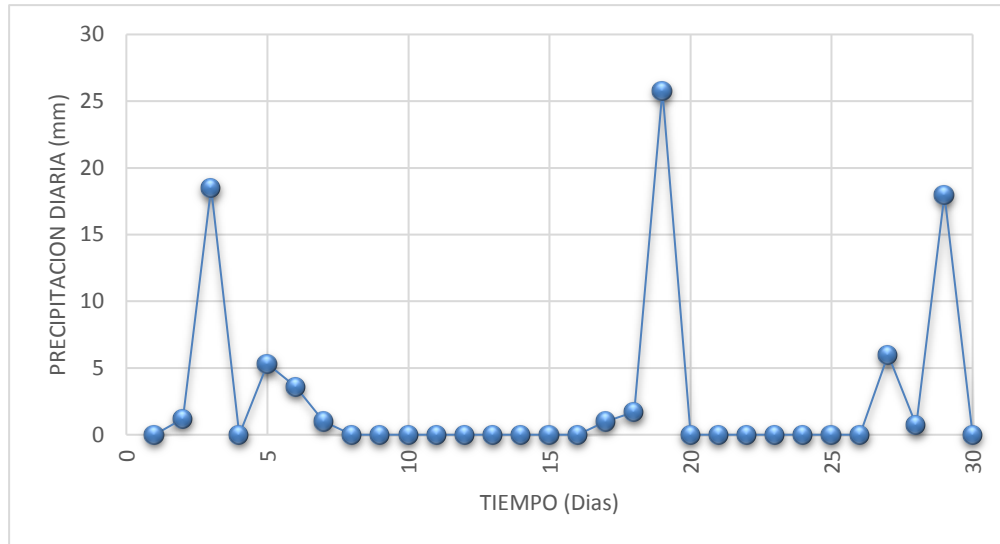
$$\text{Ecuación} = 2.4943e^{0.0044x} \dots\dots\dots (c)$$

$$R^2 = 0.0044$$

e. Progresión de rugosidad

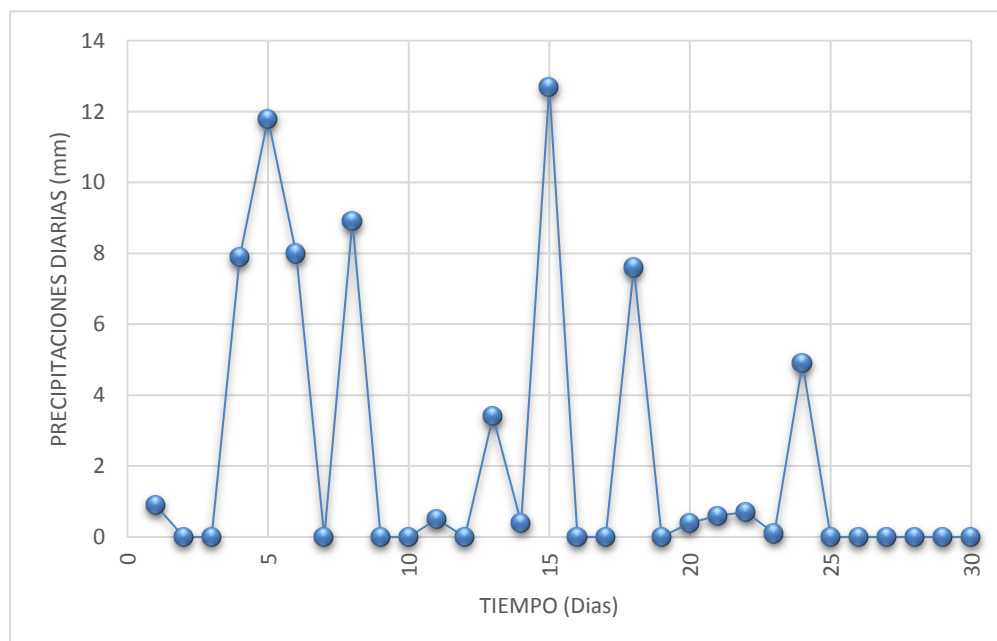
Mediante la Senamhi se obtuvo las precipitaciones de cada mes (Diciembre, Enero, Febrero y Marzo), con

respecto al tiempo desde inicio de la aplicación hasta el término del monitoreo están representadas en los siguientes gráficos.



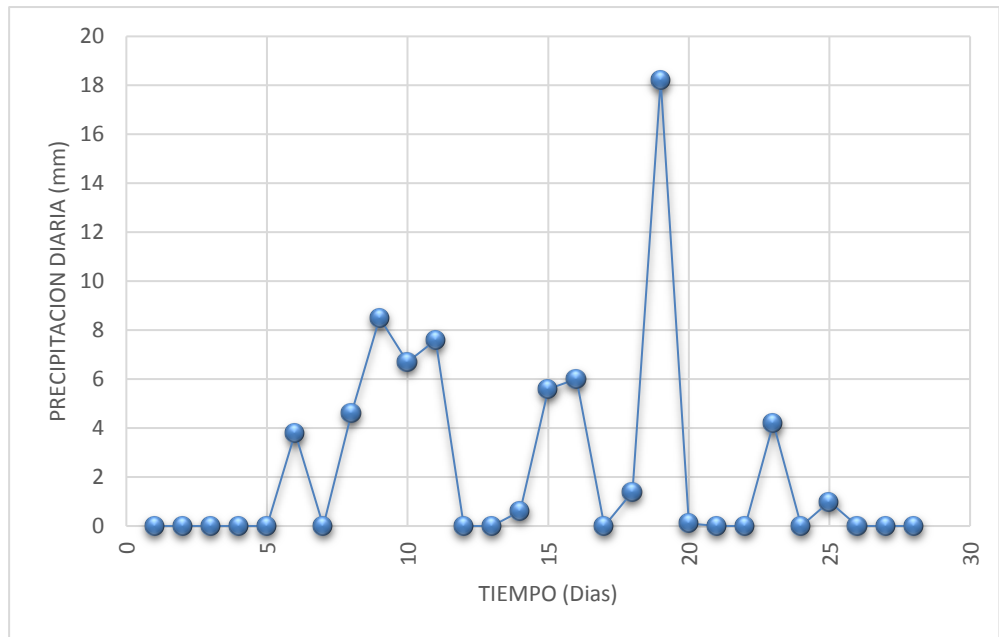
**Gráfico 4.10.-** Precipitación del mes de diciembre

Fuente: Elaboración Propia



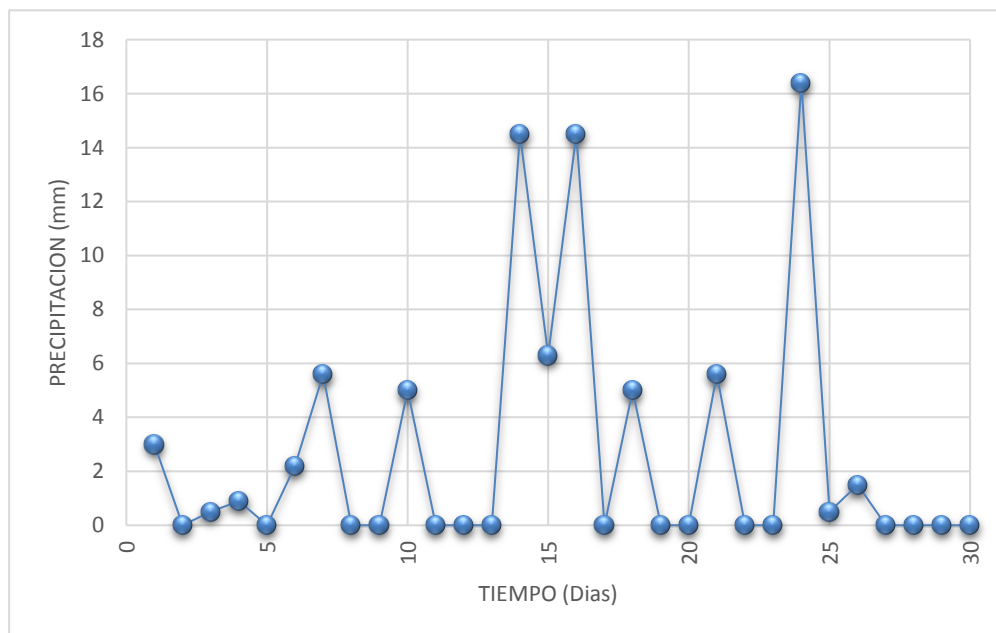
**Gráfico 4.11.-** Precipitación del mes de enero

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.12.-** Precipitación del mes de febrero

Fuente: Elaboración Propia

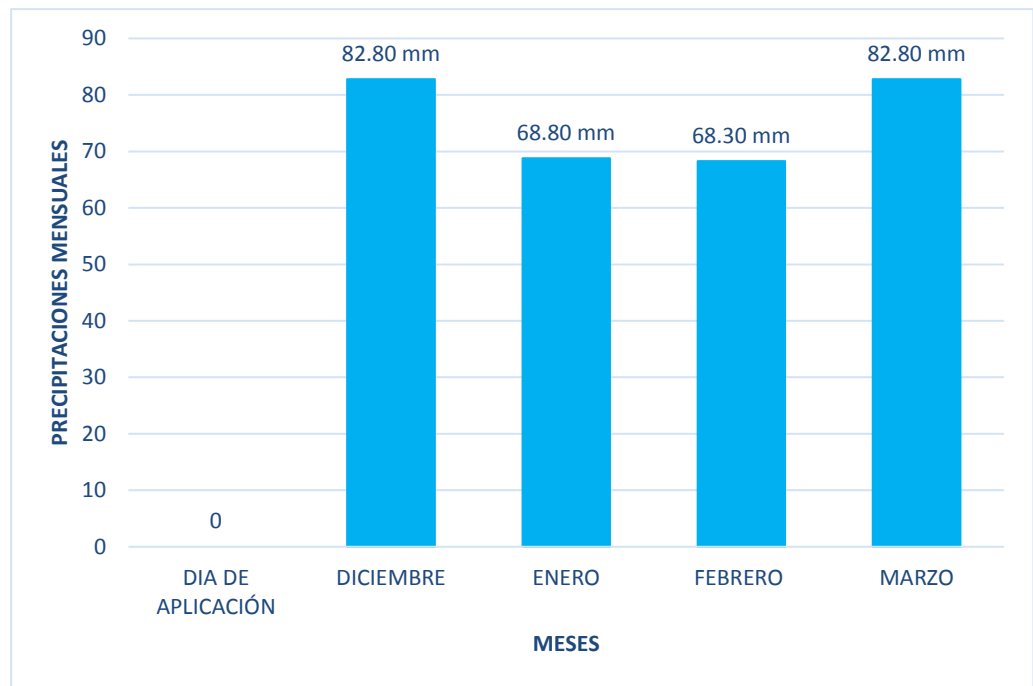


**Gráfico 4.13.-** Precipitación del mes de marzo

Fuente: Elaboración Propia

Las precipitaciones acumuladas con respecto al tiempo desde el inicio de la aplicación de las pruebas a los

sectores elegidos hasta el término del sistema de monitoreo están representadas en el siguiente gráfico:



**Gráfico 4.14.-** Precipitación acumuladas desde el inicio de aplicación

Fuente: Elaboración Propia

f. Progreso del IRI con respecto a las precipitaciones acumuladas

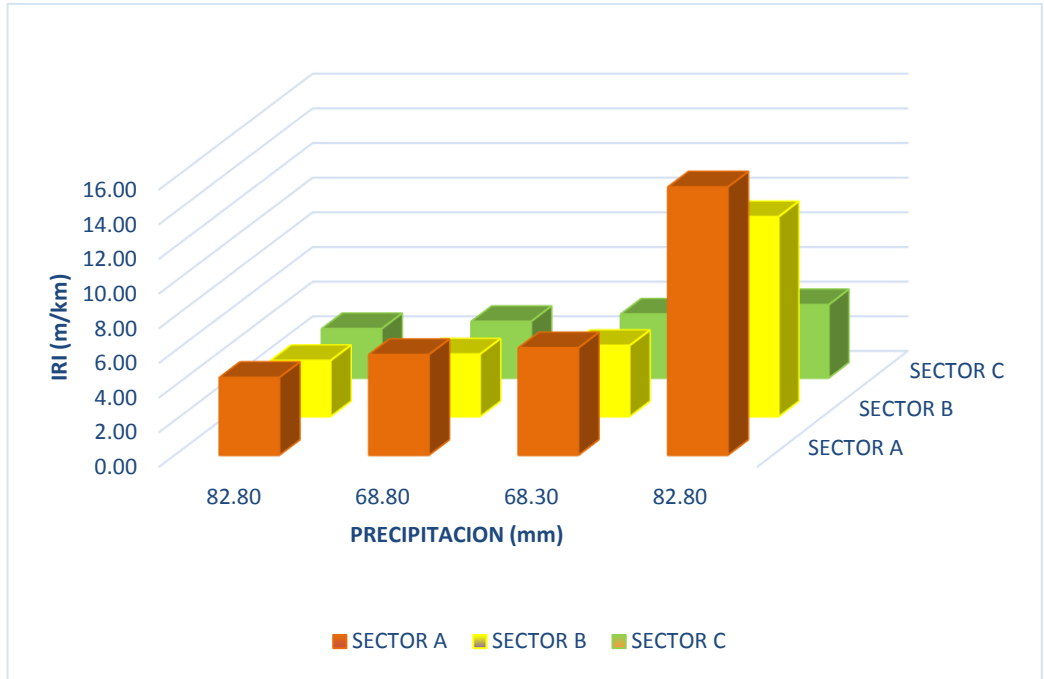
Las precipitaciones acumuladas en el tiempo de acuerdo a los registros de precipitaciones diarias se relacionaron con la medición de la rugosidad a lo largo de la experimentación.

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

**Tabla 4.71.-** Precipitaciones acumuladas en el tiempo de medición del IRI.

Fuente: Elaboración Propia

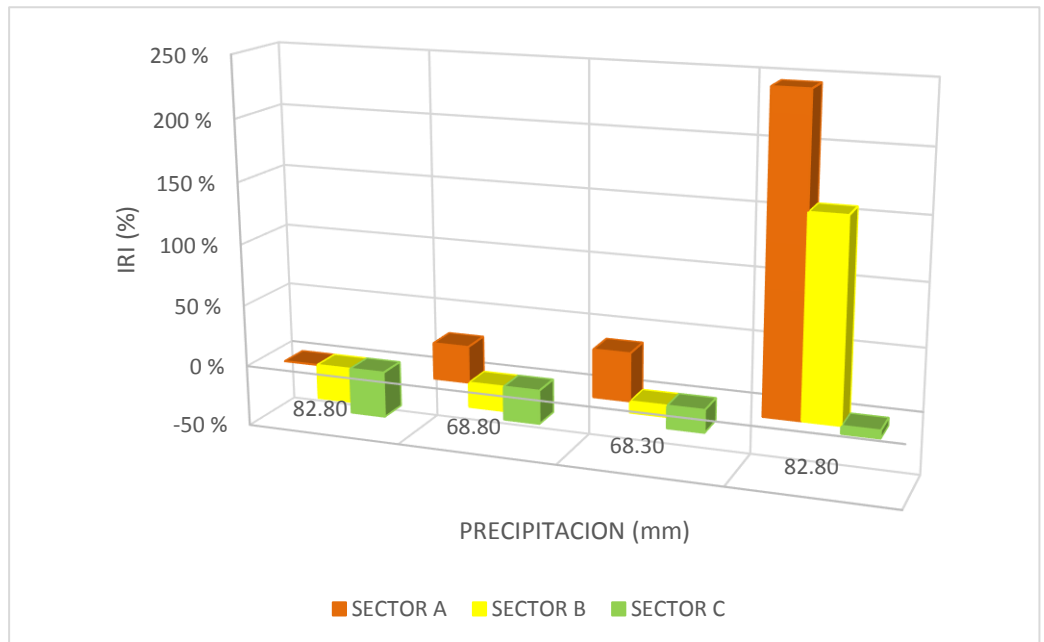




**Gráfico 4.15.-** Precipitaciones acumuladas en el progreso del IRI

Fuente: Elaboración Propia

g. Variaciones del IRI con respecto a las precipitaciones acumuladas



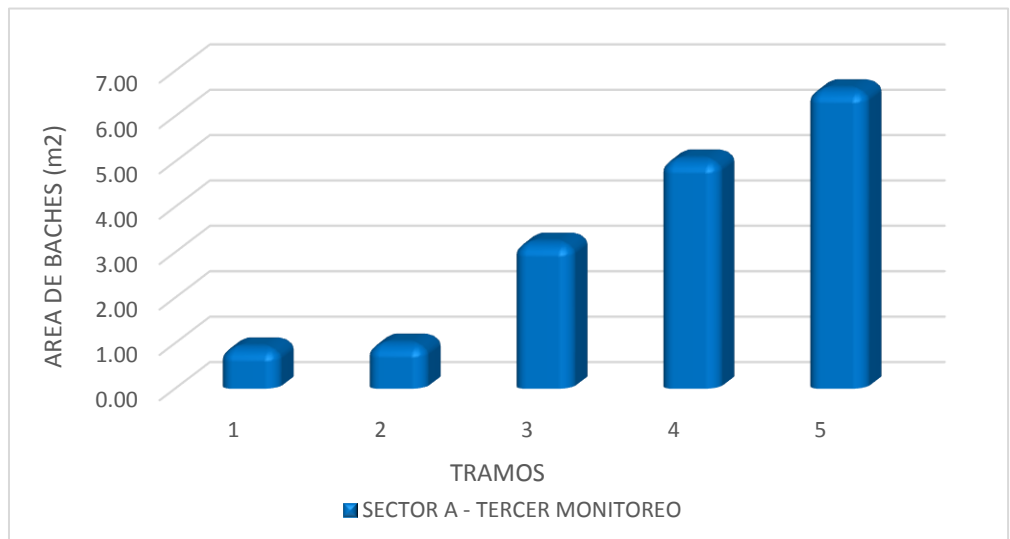
**Gráfico 4.16.-** Variaciones del IRI con respecto a las precipitaciones.

Fuente: Elaboración Propia

4.1.13.2. Índice de condición de vía no pavimentada (ICVNP)

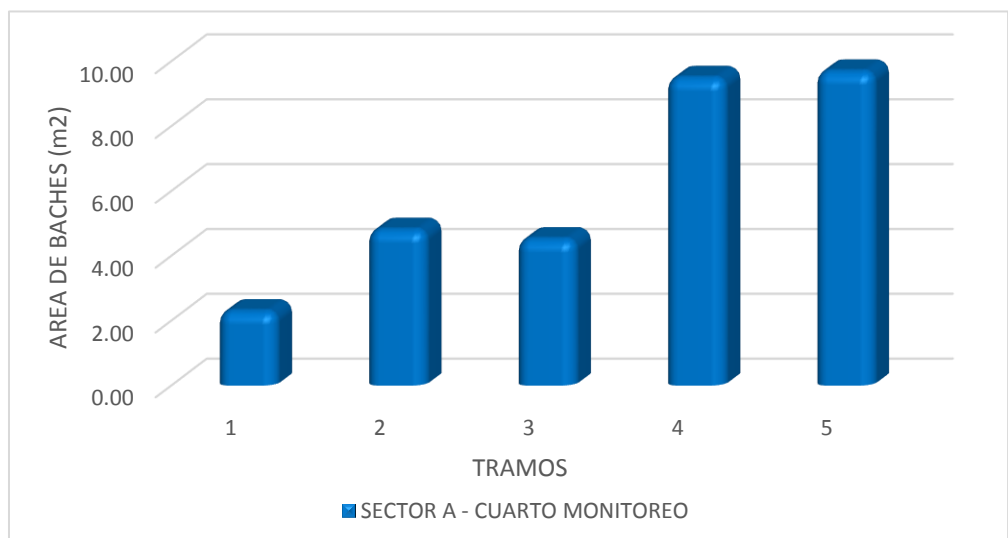
a. Deterioro superficial por la formación de baches

Se hizo una evaluación del deterioro superficial por los tramos dividido en cada sector siendo los siguientes resultados que se muestran mejor gráficamente en las figuras.



**Gráfico 4.17.-** Deterioro superficial (baches) – Sector sin estabilizante

Fuente: Elaboración Propia

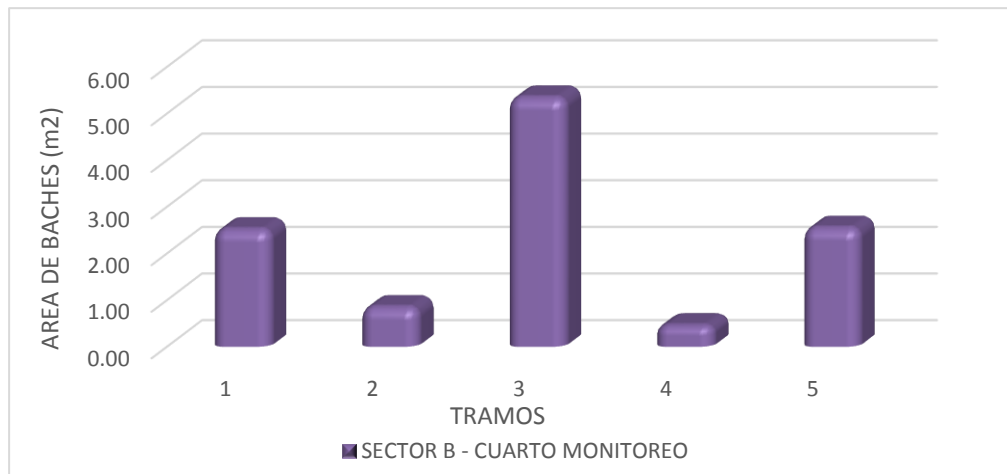


**Gráfico 4.18.-** Deterioro superficial (baches) – Sector sin estabilizante

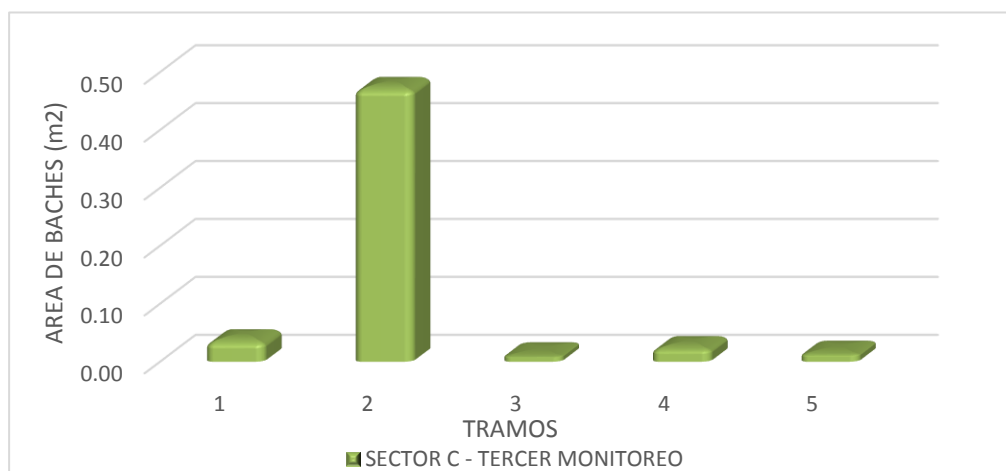
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.19.-** Deterioro superficial (baches) – Sector con enzima pz-22x  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.20.-** Deterioro superficial (baches) – Sector con enzima pz-22x  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.21.-** Deterioro superficial (baches) – Sector con Poly Ses  
Fuente: Elaboración Propia

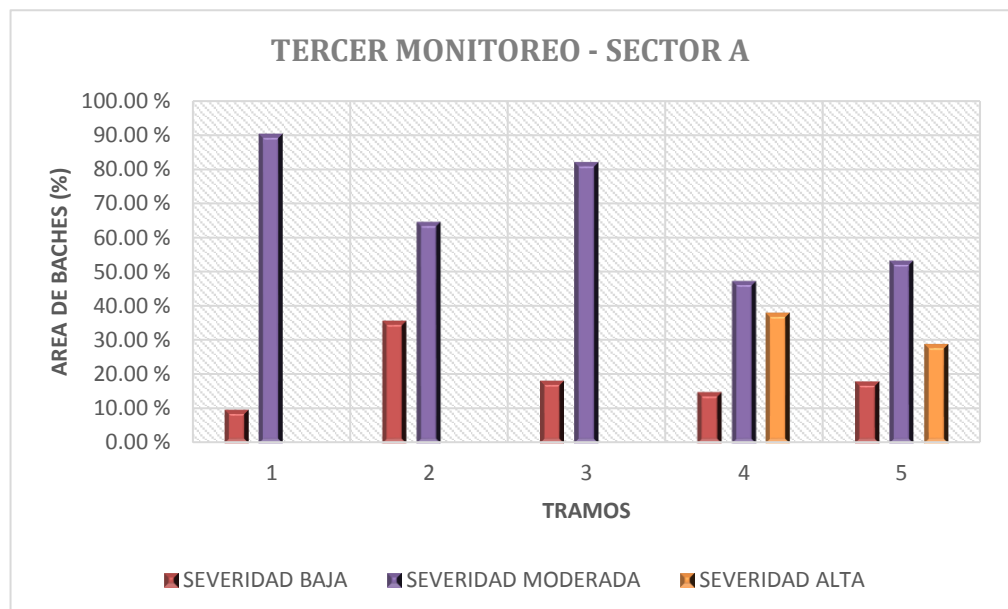


**Gráfico 4.22.- Deterioro superficial (baches) – Sector con Poly Ses**

Fuente: Elaboración Propia

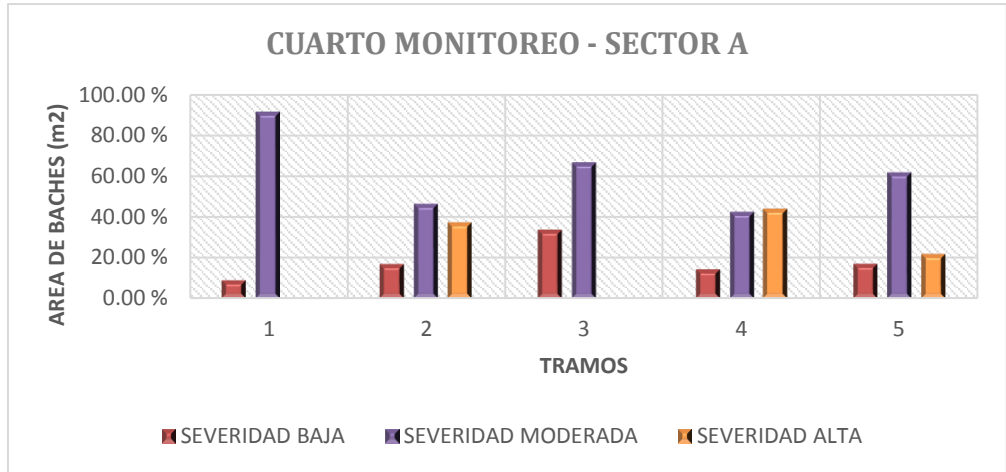
b. Deterioro superficial por la formación de baches

Se hizo una evaluación de la severidad por los tramos dividido en cada sector siendo los siguientes resultados que se muestran mejor gráficamente en las figuras.

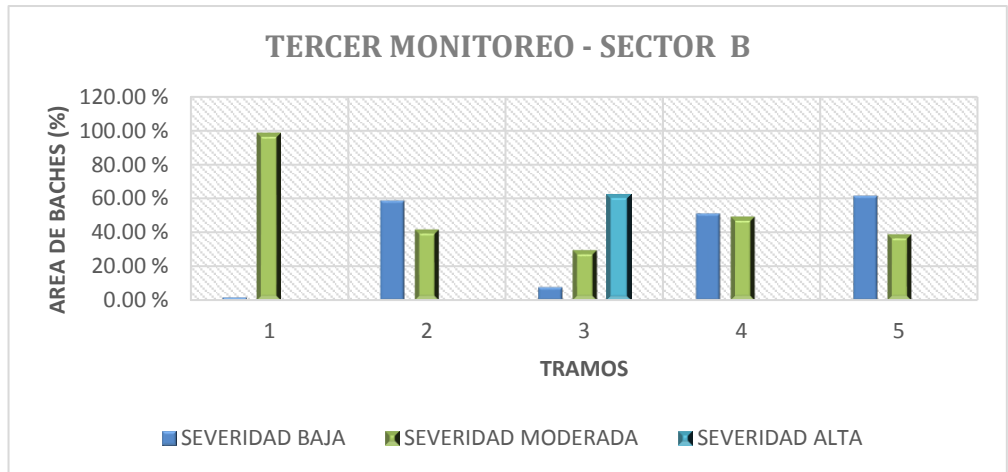


**Gráfico 4.23.- Porcentaje de severidad – Sector sin estabilizante**

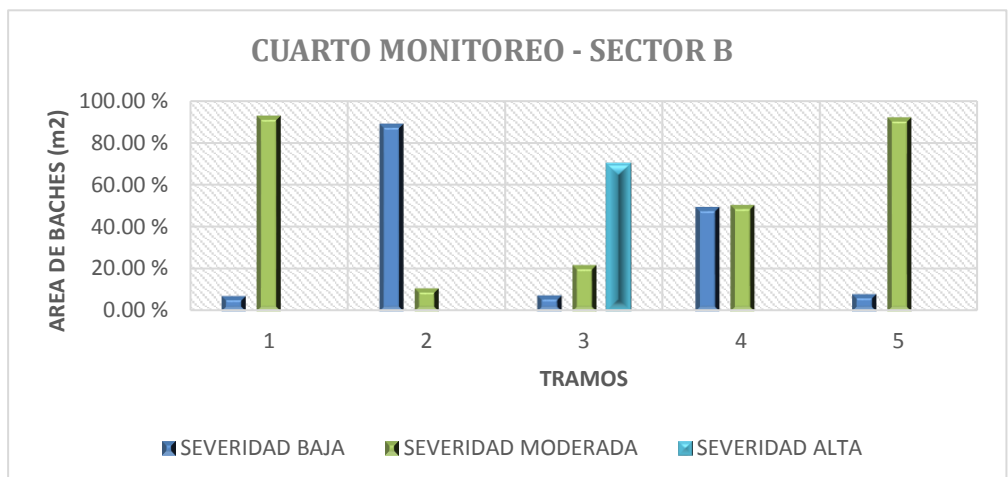
Fuente: Elaboración Propia



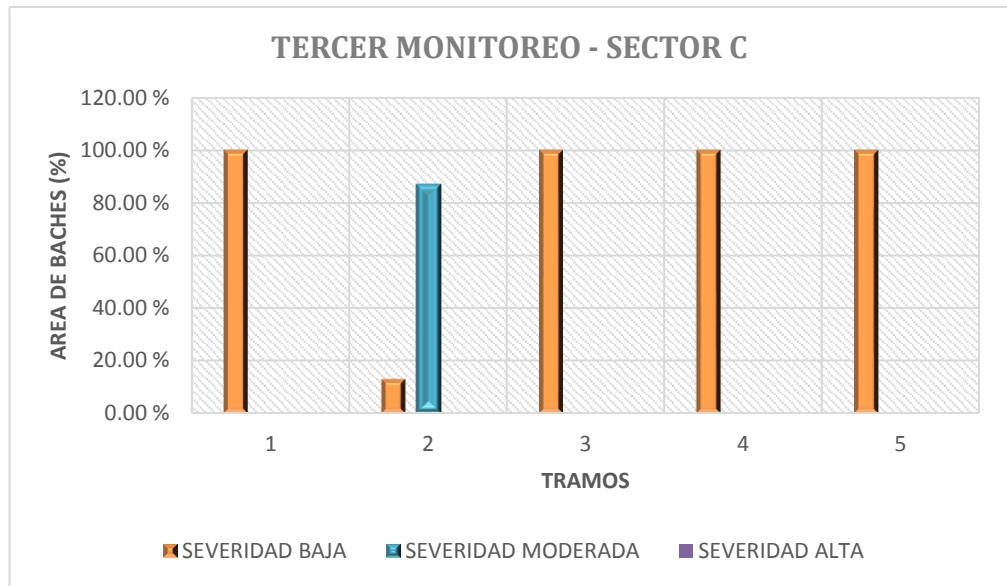
**Gráfico 4.24.-** Porcentaje de severidad – Sector sin estabilizante  
 Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.25.-** Porcentaje de severidad – Sector con enzimas pz-22x  
 Fuente: Elaboración Propia

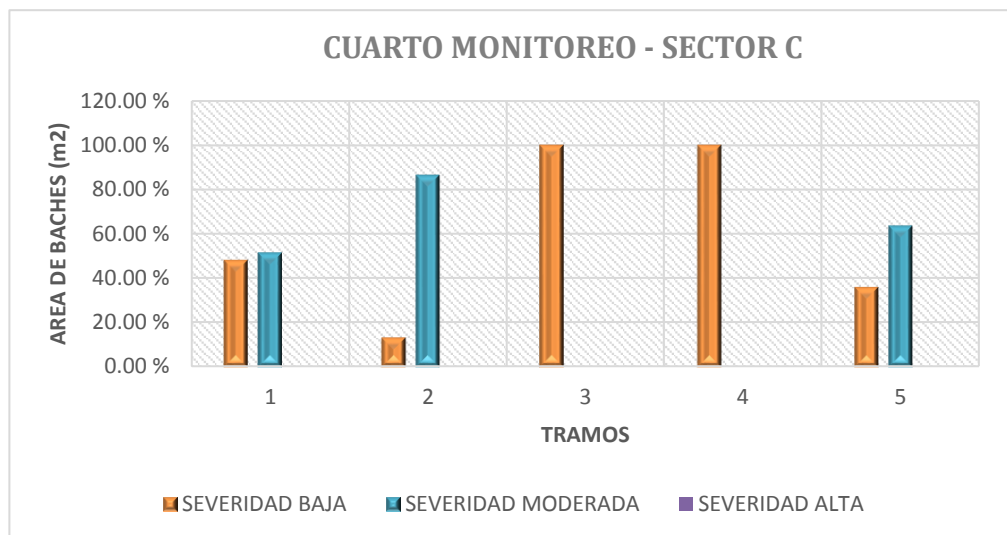


**Gráfico 4.26.-** Porcentaje de severidad – Sector con enzimas pz-22x  
 Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.27.-** Porcentaje de severidad – Sector con Poly Ses

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.28.-** Porcentaje de severidad – Sector con Poly Ses

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.14. ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO

Se realiza el análisis del impacto económico ocasionado por un deterioro superficial en la carretera son mayormente debido a las siguientes causas:

- Efectos directos, debido a razones de uso y ambientales, como por ejemplo malformaciones, desgastes, desprendimiento, deformaciones, roturas, etc.
- Efectos indirectos, debido a las pérdidas y al no funcionamiento del servicio (el costo de reparación de estos caminos deteriorados es de tres a cinco veces mayor de lo que hubiera sido la factura por el mantenimiento oportuno y eficaz, y mantenimiento y operación del vehículo).

#### 4.1.14.1. Tiempo de recurrencia

Para poder estimar el tiempo de recurrencia de mantenimiento en los sectores de prueba, nos basaremos en la escala de rugosidad IRI propuesta por el Banco Mundial (consideración que adapta el manual de conservación de carreteras para vías de bajo volumen de tránsito).

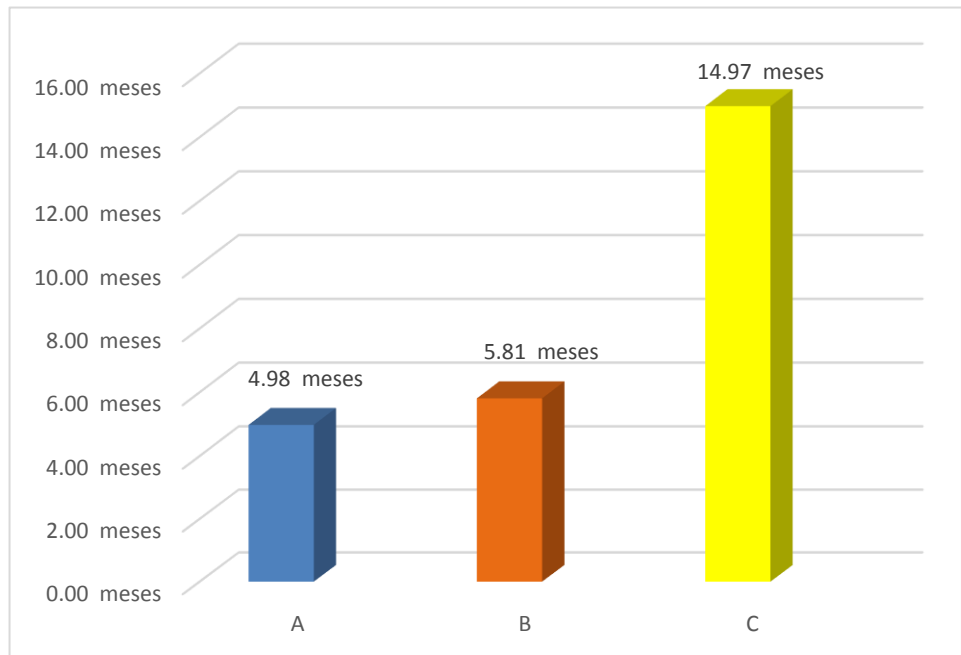
El Banco Mundial considera que a partir de un IRI igual a 10 un camino sin pavimentar presenta irregularidades. También considera que con IRI de más de 14, la carretera se le considera como una vía sin conservación.

Por tanto consideraremos que a partir de un IRI igual a 10 los sectores de prueba necesitan intervención. De las ecuaciones (a), (b) y (c) se igualan a 10 obteniéndose los siguientes resultados

SECTOR	TIEMPO DE RECURRENCIA (meses)
A	4.98
B	5.81
C	14.97

**Tabla 4.72.-** Tiempo de recurrencia.

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.29.-** Tiempo de recurrencia

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.14.2. Coeficiente de Eficiencia

Para poder definir un coeficiente que nos indique que sector es el más eficaz en el tiempo; estableceremos de manera cualitativa, mediante una matriz multicriterio. El coeficiente de eficiencia se expresaría de la siguiente forma:

$$\mathbf{C.E = \text{Tiempo de recurrencia} / P.U}$$

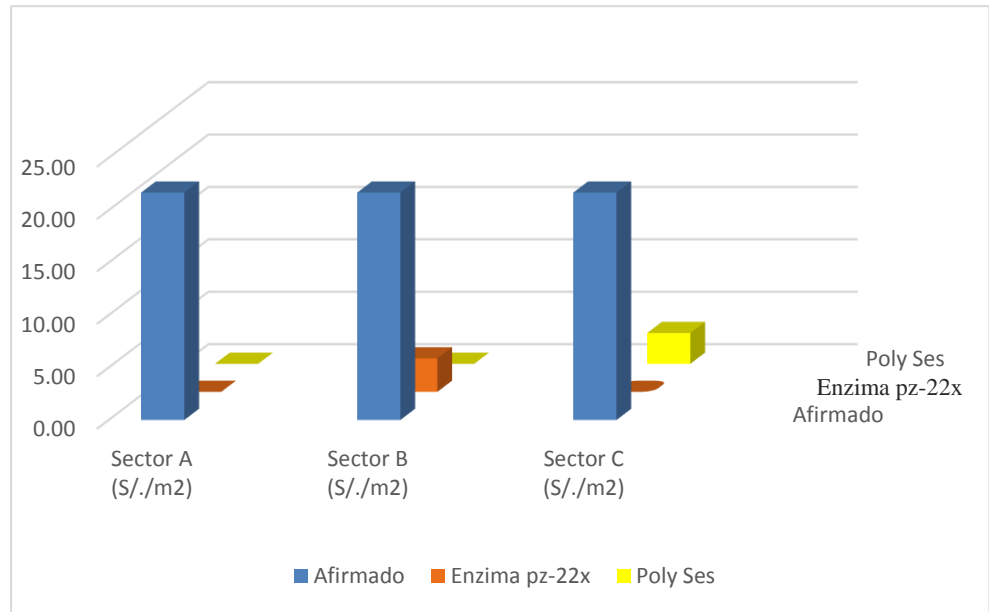
Los costos utilizados durante el proceso de de estabilización son los siguientes:



DESCRIPCIÓN	SECTOR A (S./M2)	SECTOR B (S./M2)	SECTOR C (S./M2)
Afirmado	21.68	21.68	21.68
Enzima pz-22x	-	3.19	-
Poly Ses	-	-	2.93
<b>Total</b>	<b>21.68</b>	<b>24.87</b>	<b>24.61</b>

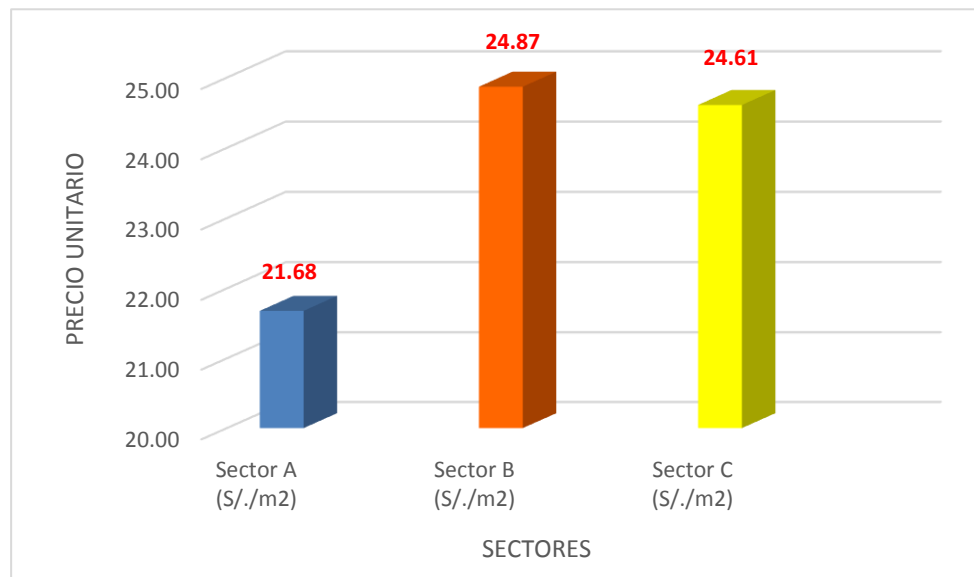
**Tabla 4.73.-** Resumen de precio unitario.

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.30.-** Aplicación por sectores

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.31.-** Costo por m2 en cada sector

Fuente: Elaboración Propia

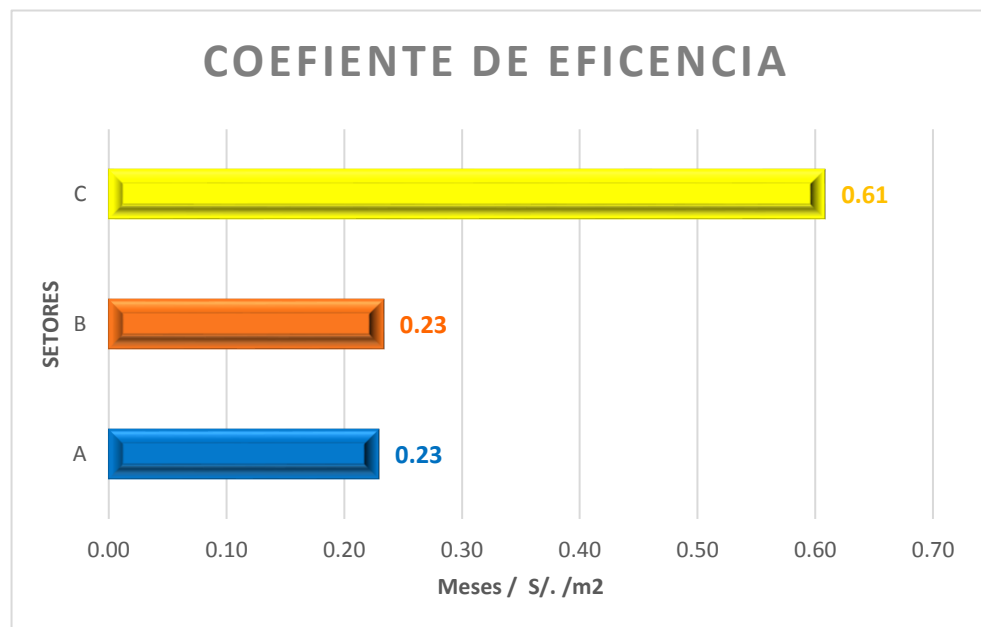
“El sector con mayor tiempo de recurrencia, es el más eficaz”.

Por tanto para establecer el coeficiente de eficiencia debemos de obtener el mayor cociente debido a que queremos ver cuál es el sector más eficaz. Hallamos el coeficiente de eficiencia de la siguiente forma:

SECTOR	Tiempo de recurrencia	P.U (S/./m2)	Coefiente de eficiencia
A	4.98	21.68	0.23
B	5.81	24.87	0.23
C	14.97	24.61	0.61

**Tabla 4.74.-** Coeficiente de eficiencia.

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.32.-** Coeficiente de eficiencia

Fuente: Elaboración Propia

Entonces el costo – beneficio es mejor en el sector C.

#### 4.1.14.3. Efecto Económicas

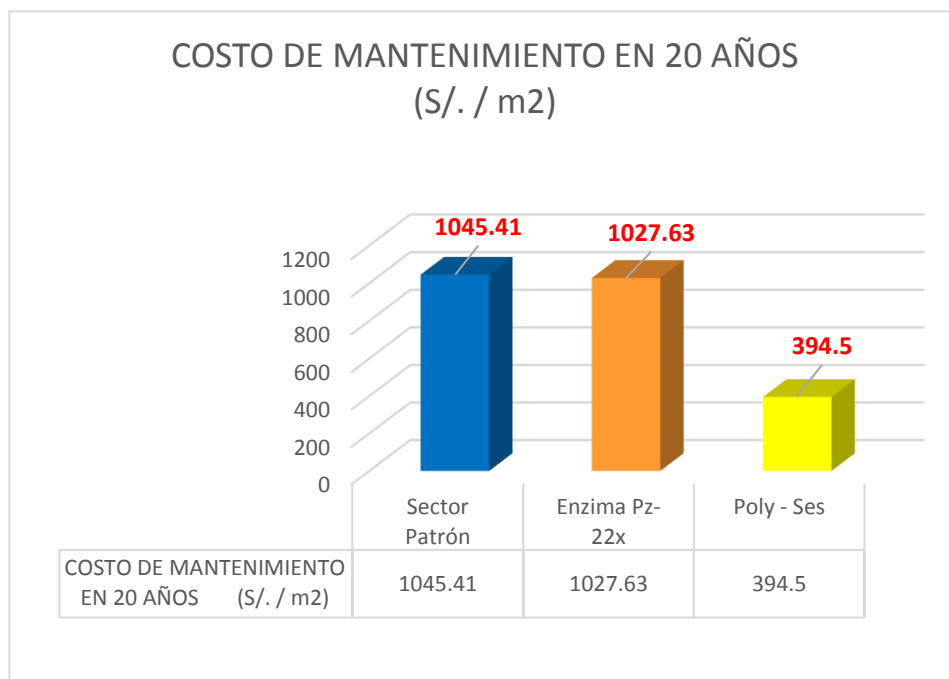
El efecto económico ocasionadas por un deterioro superficial es debido a razones de uso y ambientales. Como por ejemplo malformaciones, desgastes, desprendimiento, deformaciones, roturas, etc.

Para hallar el efecto económico, necesitamos tener el costo de mantenimiento, en el periodo de vida útil.

ESTABILIZANTE	TIEMPO (Meses)	PRECIO (S/. / m <sup>2</sup> )	CANTIDAD DE MANTENIMIENTO EN 20 AÑOS (veces)	COSTO DE MANTENIMIENTO EN 20 AÑOS (S/. / m <sup>2</sup> )
Sector Patrón	4.98	21.68	48.22	1045.41
Enzima Pz-22x	5.81	24.87	41.32	1027.63
Poly - Ses	14.97	24.61	16.03	394.5

**Tabla 4.75.-** Costo de operación y mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.33.-** Costo de operación y mantenimiento en 20 años

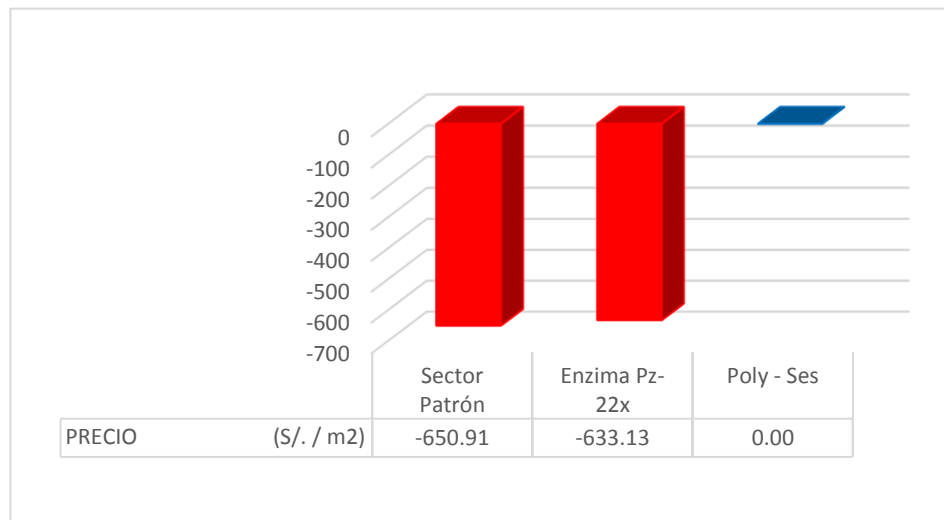
Fuente: Elaboración Propia

Teniendo el costo de operación y mantenimiento de la vía en una proyección de 20 años, obtendremos la pérdida económica con respecto al sector C (Poly-Ses), ya que según el coeficiente de eficiencia se observa que es el mejor para la conservación de la carpeta de rodadura en la carretera Huánuco- Marabamba.

ESTABILIZANTE	COSTO DE MANTENIMIENTO EN 20 AÑOS (S/. / m <sup>2</sup> )	PRECIO (S/. / m <sup>2</sup> )
Sector Patrón	1045.41	-650.91
Enzima Pz-22x	1027.63	-633.13
Poly - Ses	394.5	0.00

**Tabla 4.76.- Efecto económico.**

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 4.34.- Efecto económico**

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto en caso de no usar ningún estabilizante las pérdidas son mayores.

## **4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

El propósito fundamental de esta investigación experimental fue determinar el impacto económico basado en mejora de la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba, mediante el uso de estabilizantes de suelo (Enzima pz-22x y Poly-Ses). Para dar respuesta a esta hipótesis se seleccionó 3 sectores de prueba.

- Sector A: Sin estabilizante
- Sector B: Con Enzima pz-22x
- Sector C: Con Poly-Ses.

### **4.2.1. ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)**

Se usó equipo de merlín para la medición de la rugosidad superficial en cada sector (4 mediciones c/u) siendo el sector patrón el que presenta mayor IRI (15.47) con respecto al IRI de los sectores tratados, enzima pz-22x (11.53) y Poly-Ses (4.23).

El progreso del IRI aumenta a medida que pasa el tiempo (120 días), presentando una mayor progresión el sector patrón. Las variaciones del IRI en los 4 monitoreos con respecto a la primera medida del sector patrón (0%), son muy variables, el sector con enzima pz-22x presenta deformaciones (157%) mientras que el sector con Poly-Ses no presenta deformaciones (-6%).

El ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) mediante el Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial no pavimentada nos brinda una clasificación del estado de la superficie

de rodadura en función a ciertos criterios sobre sus elementos y condición del camino y un valor referencial del IRI (es una medida de referencia para la regularidad superficial de la carretera en cuanto a deformaciones, mide la influencia del perfil longitudinal en calidad de rodadura).

ESTADO DEL CAMINO		SUPERFICIE DE RODADURA IRI	CRITERIOS Y CONDICIONES DEL CAMINO
Muy mal estado	MM	>18	La superficie de rodadura presenta elevado deterioro, grandes deformaciones, hundimientos y baches.
			De circulación muy restringida durante la mayor parte del año, Requiere mantenimiento
			La velocidad de circulación es menor a 10 kilómetros por hora en tramos rectos
Mal estado	M	14 - 18	La superficie de rodadura presenta deterioro, ciertas deformaciones apreciables, hundimientos y baches
			De circulación restringida durante la mayor parte del año
			La velocidad de circulación es menor a 20 kilómetros por hora en tramos rectos
Regular estado	R	10 - 14	La superficie de rodadura presenta deterioro superficial y presencia de baches y hundimientos puntuales
			De circulación sin restricciones durante el año
			La velocidad de circulación es aproximadamente entre 20 y 40 kilómetros por hora en tramos rectos
Buen estado	B	6 - 10	La superficie de rodadura no presenta deterioro apreciable.
			De circulación sin restricciones durante el año
			La velocidad de circulación es aproximadamente entre 40 y 60 kilómetros por hora en tramos rectos
Muy buen estado	MB	4 - 6	Superficie de rodadura sin defectos y con excelente regularidad superficial
			De circulación sin restricciones durante el año
			La velocidad de circulación puede llegar a ser mayor a 60 kilómetros por hora en tramos rectos

**Tabla 4.77.-** Clasificación del estado de la superficie de rodadura

Fuente: Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial no pavimentada

De acuerdo a nuestros valores que obtuvimos en cada sector, ubicaremos para poder saber cómo se encuentra el estado de la carpeta de rodadura los cuales presentan en la siguiente tabla:

SECTOR	ESTADO DE LA CARRETERA
A	Mal estado
B	Regular estado
C	Muy buen estado

**Tabla 4.78.-** Estado de la carpeta de rodadura-IRI

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo se hizo una regresión no lineal para hallar el tiempo de recurrencia de mantenimiento siendo el sector con Poly-Ses el que tuvo una mayor durabilidad (14.97 meses) comparado en el sector patrón (4.98 meses) y el sector con Enzima pz-22x (5.81 meses). El sector con Poly-Ses obtuvo mejor costo de eficiencia (0.61 meses x m<sup>2</sup> /soles), definiéndose éste como la eficiencia del costo por metro cuadrado en el tiempo. Se hizo una correlación con las precipitaciones en las 4 mediciones y resultó que partir de 68.30 mm de precipitación acumulada (90 días) se comienza a evidenciar deterioro en los sectores de prueba.

#### 4.2.2. ÍNDICE DE CONDICIÓN DE VÍA NO PAVIMENTADA (ICVNP)

Se hizo el monitoreo de las fallas comunes mediante el ICVNP y resultó que en todos los sectores de prueba se formaron baches con una severidad moderada y alta. El sector que presentó mayor deterioro inicial (baches) es el sector patrón con respecto a los demás. El sector con Poly-Ses no tuvo severidad alta a pesar de tener presencia de baches.

### 4.2.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Con las contrastaciones y prueba de hipótesis General se comprueba que con el uso de estabilizantes de suelo tales Enzima Pz-22x y Poly-Ses, conservara la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas. Para probar la hipótesis de “La determinación del impacto económico de los estabilizantes de suelos Poly - Ses y Enzima Pz-22x”, se realizó la prueba de hipótesis empleando el método del valor medio, teniendo un control con el Sector patrón, para tal efecto se tuvieron en cuenta los siguientes pasos y/o procedimientos.

#### 4.2.4.1. SECTOR A (SECTOR PATRÓN) - SECTOR B (ENZIMA PZ - 22X)

PASO 1: Planteamiento de la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) e Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ), encontrando la siguiente situación.

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

En nuestro caso es el inciso 2.

$H_0$ : El estabilizante de suelo Enzima Pz-22x tienen un impacto económico que, NO justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada.

$H_1$ : El estabilizantes de suelo Enzima Pz-22x tienen un impacto económico que, NO justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada.



SECTORES	TIEMPO (AÑOS)	COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (S/. / m2)	D. ESTÁNDAR
Sector A	20	1045.41	337.15
Sector B	20	1027.63	331.57
Sector C	20	394.50	127.28

**Tabla 5.3.-** Planteamiento de hipótesis Enzima Pz- 22x.

Fuente: Elaboración Propia

$$\begin{aligned} H_0: X &\leq \mu & \bar{X} &\leq & 1027.63 \\ H_1: X &> \mu & \bar{X} &> & 1027.63 \end{aligned}$$

Donde:

- $\bar{X} = 1045.41$ , costo de operación y mantenimiento (S/. / m2) del sector A (Sector Patrón)
- $\mu = 1027.63$ , costo de operación y mantenimiento (S/. / m2) del sector B (Sector Enzima)

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

$$\alpha = 0.05; \quad n = 4$$

PASO 3: Determinación de la Zona de Aceptación o Rechazo de la Hipótesis Nula ( $H_0$ ).

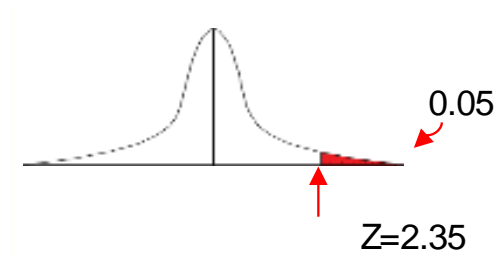
Utilizando la tabla de distribución t de student, tenemos  $z = 2.3534$ .

$\alpha$ n-1	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

**Grafico 5.1.-** Tabla de distribución T student – Enzima Pz -22x

Fuente: William Sealy Gosset

Entonces la zona de aceptación será:



Donde:

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

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

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

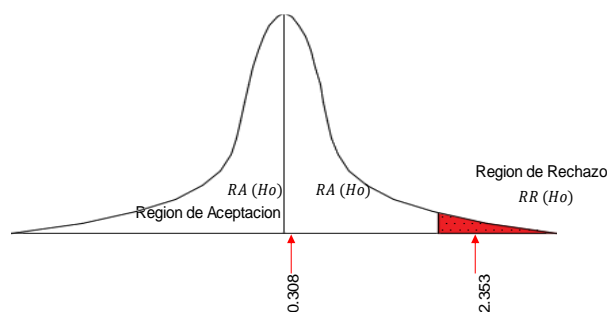
Donde:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= 1045.41 \\ \mu &= 1027.63 \\ \sigma &= 100.00 \\ n &= 4.00 \end{aligned}$$

PASO 5: cálculo de la función Pivotal.

Aplicando los valores a la formula tenemos:  $t = 0.31$

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



Se Acepta la hipótesis nula, significa que el estabilizante de suelo Enzima Pz-22x tienen un impacto económico que, NO justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura, y por lo tanto se rechaza la hipótesis alternativa.

#### 4.2.4.2. SECTOR A (SECTOR PATRÓN) – SECTOR C (POLY-SES)

PASO 1: Planteamiento de la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) e Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ), encontrando la siguiente situación.

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

En nuestro caso es el inciso 2.

$H_0$ : El estabilizante de suelo Poly-Ses tienen un impacto económico que, NO justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada.

$H_1$ : El estabilizante de suelo Poly-Ses tienen un impacto económico que, justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada.

SECTORES	TIEMPO (AÑOS)	COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (S/. / m <sup>2</sup> )	D. ESTÁNDAR
Sector A	20	1045.41	337.15
Sector B	20	1027.63	331.57
Sector C	20	394.50	127.28

**Tabla 5.4.-** Planteamiento de hipótesis Poly-Ses.

Fuente: Elaboración Propia

$$\begin{array}{l} H_0: X \leq \mu \quad \bar{X} \leq 394.50 \\ H_1: X > \mu \quad \bar{X} > 394.50 \end{array}$$

Donde:

- $\bar{X} = 1045.41$ , costo de operación y mantenimiento (S/. / m<sup>2</sup>) del sector A (Sector Patrón)

- $\mu = 394.50$ , costo de operación y mantenimiento (S/. / m<sup>2</sup>) del sector B (Sector Poly-Ses)

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

$$\alpha = 0.05; \quad n = 4$$

PASO 3: Determinación de la Zona de Aceptación o Rechazo de la Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>).

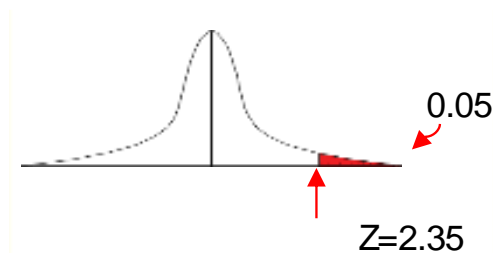
Utilizando la tabla de distribución t de student, tenemos  $z = 2.3534$ .

$\alpha$ n-1	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

**Gráfico 5.2.-** Tabla de distribución T student – Poly-Ses

Fuente: William Sealy Gosset

Entonces la zona de aceptación será:



Donde:

- RA (H<sub>0</sub>): Región de aceptación de la hipótesis Nula.
- RR (H<sub>0</sub>): Región de rechazo de la hipótesis Nula.

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

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

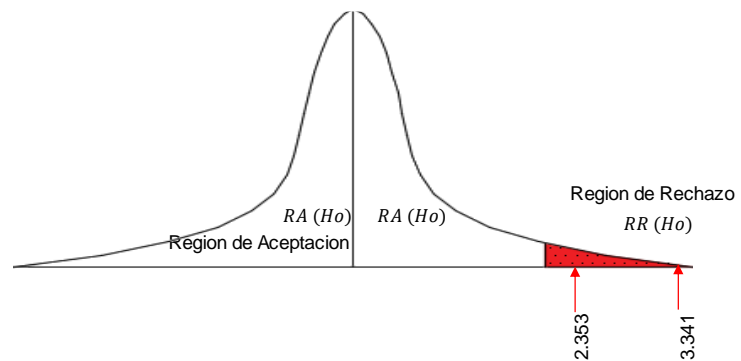
Donde:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= 1044.76 \\ \mu &= 394.50 \\ \sigma &= 337.15 \\ n &= 4.00 \end{aligned}$$

PASO 5: cálculo de la función Pivotal.

Aplicando los valores a la formula tenemos:  $t = 3.34$

PASO 6: Ubicar el Valor obtenido en el cálculo de la función Pivotal, en la región de rechazo (RR) o en la región de aceptación (RA) de la Hipótesis Nula ( $H_0$ ).



Se rechaza la hipótesis nula, significa que el estabilizante de suelo Poly - Ses tienen un impacto económico que, justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura, y por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

### 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.3.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO

Con la finalidad de obtener conclusiones que permitan verificar y contrastar las hipótesis postuladas, se han analizado, interpretado y comparado los resultados

dentro de una relación netamente de conservación vial entre los objetivos, hipótesis y conclusiones, de acuerdo a criterios de calificación a través de una **tabla de índice de relación**, donde se observa que existe un alto grado de vinculación entre las hipótesis y las conclusiones.

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

**Tabla 5.1.-** Tabla de índice de relación.

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5.2 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.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	RELACIÓN
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es el impacto económico de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es el estabilizante de suelo que proporciona mayor conservación y minimiza los daños en la superficie de rodadura Huánuco - Marabamba?</li> <li>• ¿Cuál es el efecto económico del uso de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la carretera Huánuco - Marabamba?</li> <li>• ¿Cuál es el costo – beneficio de la aplicación de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba?</li> </ul>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar el impacto económico de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el estabilizante de suelo que proporcione mayor conservación y minimice los daños en la superficie de rodadura Huánuco - Marabamba.</li> <li>• Calcular el efecto económico del uso de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la carretera Huánuco -Marabamba.</li> <li>• Determinar el costo-beneficio de utilizar los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, para la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco – Marabamba.</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>Los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses tienen un impacto económico que justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La determinación del estabilizante de suelo, proporciona mayor conservación y minimizará los daños en la superficie de rodadura Huánuco – Marabamba</li> <li>• El cálculo del efecto económico del uso de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, contribuirá a cuantificar la inversión en la carretera Huánuco -Marabamba.</li> <li>• La determinación del costo-beneficio del uso de estabilizante de suelos, contribuye a la aprobación de la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La aplicación de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, tienen un impacto económico positivo, siendo este un documento de gestión que justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba.</li> <li>• La determinación del estabilizante de suelo que proporciona mayor conservación es el Poly – Ses y minimiza los daños de la superficie de rodadura.</li> <li>• El cálculo del efecto económico del uso de los estabilizantes de suelos, contribuyo en cuantificar que con proyección al año 20. La inversión de mantenimiento del Poly- Ses es de (S/.394.50 x m2), logrando una ganancia de (S/.650.91 x m2) con respecto al sector patrón y la inversión de mantenimiento del Enzima Pz-22x es de (S/.1027.63 x m2), logrando una ganancia de (S/.17.78 x m2) con respecto al sector patrón</li> <li>• La determinación del costo – beneficio del uso de los estabilizantes, se obtiene que el Sector C es más eficaz y contribuye a la aprobación de la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba</li> </ul>	<p>5</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>5</p>

**Tabla 5.2.-** Tabla de relación entre problema, objetivos, hipótesis y resultados.

#### 4.4. APOORTE DE LA INVESTIGACIÓN

- Se determinó el impacto económico que se obtuvo al aplicar los estabilizantes de suelos Poly – Ses y Enzima Pz-22x comparado al sector patrón fue positivo. En la carretera Huánuco – Marabamba la conservación de la superficie de rodadura con mayor coeficiente de eficiencia es el Poly –Ses (0.61), obteniendo mayor tiempo de recurrencia (14.97 meses), con proyección al año 20 el costo de mantenimiento es de (S/.394.50 x m<sup>2</sup>), logrando una ganancia de (S/.650.91 x m<sup>2</sup>) con respecto al sector patrón.
  
- Se determinó parámetros importantes y de mayor incidencia en la evaluación 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 de pérdidas económicas son: el tipo de estabilizante a usar, costo del estabilizante (no siempre un mayor costo es más eficiente) y operación y mantenimiento.
  
- Se determinó que el sector patrón (sin estabilizante), presenta deterioro superficial alto y un mal estado de carretera, así mismo al aplicar el estabilizante enzima Pz- 22x se obtuvo un deterioro superficial medio y un regular estado de carretera, por lo contrario al aplicar el estabilizante Poly-Ses se obtuvo un deterioro superficial Bajo y un buen estado de carretera.
  
- Se determinó que si se continúa utilizando el afirmado como alternativa de solución para mejorar la conservación de la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas, ocasionará que la explotación de



las canteras existentes se agote (disminución de la potencia y rendimiento de la cantera); esto encarecerá su explotación y uso.

- En el departamento de Huánuco, la alternativa de solución para mejorar la conservación de la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas es el uso de estabilizantes de suelos, en otros países está muy desarrollada a comparación del Perú.
- Se determinó que la aplicación de estabilizantes de suelos es más económica durante periodos de operación y mantenimiento, donde se obtuvo que “a mayor costo, mayor tiempo de recurrencia”, a diferencia del afirmado “menor costo, menor tiempo de recurrencia”.

# **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

La evaluación del impacto económico de los estabilizantes de suelos enzima Pz-22x y Poly-Ses es un tema importante ya que nos brinda una alternativa más de solución, económica y técnica para mejorar la conservación de la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas, obteniendo mejores resultados y a menores costos durante su vida útil.

### Conclusiones de los estudios realizados

- El sector con Poly-Ses obtuvo un mejor comportamiento en lo que respecta al deterioro superficial en el tiempo que fue aplicado.
- Es necesario que el tipo de suelo sea grava limo arcilloso bien graduada con material equivalente a 81.80% (anexo B), para obtener similares resultados.
- Todos los sectores tuvieron buen comportamiento en los primeros 30 días. Después de los 90 días comenzaron a tener un deterioro más acelerado (baches y mayor rugosidad) debido a que se intensificaron las precipitaciones llegando a un acumulado de 68.30 mm aproximadamente.
- El sector donde no se aplicó el estabilizante de suelo (sector patrón), después de 120 días de aplicación de afirmado, presentó mayor variación IRI con respecto a sectores donde se aplicaron los estabilizantes. En el sector B (enzima Pz-22x) aumento 147% y en el sector C (Poly-Ses) disminuyó en un 6% con respecto al sector A (sin estabilizante) que presentó variación de un 245%.

- El tiempo de recurrencia, en el sector sin estabilizante de suelo, es menor con respecto a los sectores tratados. El sector con Enzima Pz-22x tiene una durabilidad de 5.81 meses y el sector con Poly-Ses tiene una mayor durabilidad de 14.97 meses con respecto al sector sin estabilizante que presentó una durabilidad de 4.98 meses.
- El sector patrón (sin estabilizante de suelo), presenta el mayor deterioro en lo que respecta a la rugosidad. Su variación es del 245% con respecto al IRI inicial (IRI patrón=4.48)
- Los dos sectores tratados con Enzima Pz-22x y Poly-Ses presentaron regular estado y muy buen estado respectivamente en lo que respecta al deterioro superficial.
- El sector patrón presentó la formación de baches en el tercer monitoreo (90 días), también un deterioro más acelerado por la formación de baches de severidad moderada y alta.
- El sector con Poly-Ses presentó una pequeña cantidad de baches después de los 120 días de aplicado, manteniendo una severidad baja y moderada.
- Los estabilizantes de suelos aplicados bajo las mismas condiciones en la presente investigación resultaron efectivos.
- El uso de los estabilizantes de suelos, resultan económico y técnicamente favorables para el mejoramiento superficial en carreteras no pavimentadas.
- Es importante e indispensable contar con las mismas características de suelo y clima, para obtener los mismos resultados.

### **Conclusiones de la metodología empleada**

- El método del índice de rugosidad internacional es el adecuado para ser implementado y adaptado en carreteras no pavimentadas (aplicación a centros urbanos).
- Para la evaluación del daño (ICVNP), en la superficie de rodadura del área en estudio, es vital, ya que nos sirve como base fundamental, para poder seguir ejecutando en diferentes lugares con similares características de nuestro departamento
- El método ha permitido configurar una base de datos con información que nos servirá para aplicar en la ciudad de Huánuco.

### **Conclusiones referentes a los resultados obtenidos**

- El costo de la recurrencia, en el sector patrón (sin estabilizante), es mucho mayor en el tiempo con respecto a los sectores con estabilizantes. El tiempo de recurrencia es mayor en el sector con estabilizante.
- El estabilizante de suelo cumplió el objetivo de mejorar características físicas, mecánicas de los suelos y darle la suficiente resistencia al desgaste y al esfuerzo cortante para resistir las cargas del tránsito bajo las condiciones climáticas.
- No siempre “el costo más alto es el más eficiente”, en una comparación entre el Enzima Pz-22x el precio es S/.24.87 con una recurrencia de 4.98 meses, a diferencia del Poly – Ses el precio es S/.24.61 con un tiempo de recurrencia de 14.97 meses obteniendo mayor conservación de la superficie de rodadura por un menor costo.

# **RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS**

## RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

El presente estudio de investigación fue desarrollado teniendo en cuenta informaciones recopiladas de diversos 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

- Realizar la aplicación de los estabilizantes en condiciones secas para evitar el exceso de agua en el proceso constructivo.
- Con el uso del estabilizante de suelo Poly –Ses (el más efectivo), reduciríamos el costo de operación y mantenimiento en un total de s/650.91 x m<sup>2</sup>, en un periodo de 20 años
- Tener especial cuidado con la manipulación del enzima Pz-22x, al momento de aplicar el estabilizante. Estar pendiente de todas las indicaciones de la persona encargada para el uso de un adecuado equipo de protección personal.
- El proceso de compactación debe ser bien controlado en el momento y en la manera como se pasa el rodillo sobre la zona a compactar. Para este tipo de escenario, usar un afirmado mínimo de 10 cm de espesor.
- De acuerdo a algunas investigaciones, para el proceso constructivo en éste tipo de aplicación tecnológica se recomiendan hacer el mezclado y homogenizado con máquinas pulverizadoras, debido a que con la motoniveladora no se logra el 100% de efectividad.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carlos Lozada Contreras, C.E.L.C. Glosario de términos - de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Perú: Ministerio de transporte y comunicaciones; 2018.
2. Pedro Antonio Serigos, Tesis Estabilización de suelos, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina 2005.
3. Gerardo Espinoza Sumaran. Propuesta de mejoramiento de las propiedades físicas -mecánicas del suelo, utilizando estabilizantes (terraza y zimplex pz - 22x, en proporciones de: 1 por cada 33 m<sup>3</sup> de suelo y 1 por 30 m<sup>3</sup> de suelo), en suelos de fundación de matriz limosa o arcillosa. <https://es.scribd.com/document/112496365/Plan-de-Tesis-Pregrado-IngCivil>
4. Gustavo Badilla Vargas, G.B.V. Ucraccr. [En línea]. Disponible en: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/banco-de-informacion-digital-on-line/07-02-13/2009/determinacion-de-procedimiento-de-ensayo-para-calculo-de-iri.PDF>.
5. Héctor Martín, Choque Sánchez, H.M.C.S. Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carretera no pavimentadas. [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque\\_sh.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1285/1/choque_sh.pdf)
6. Pablo del Águila Rodríguez, PAR metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión. Weblog. [http://www.academia.edu/33814971/METODOLOGIA\\_PARA\\_LA\\_DETERMINACION\\_DE\\_LA\\_RUGOSIDAD\\_DE\\_LOS\\_PAVIMENTOS\\_CON\\_EQUIPO\\_DE\\_BAJO\\_COSTO\\_Y\\_GRAN\\_PRECISION\\_1](http://www.academia.edu/33814971/METODOLOGIA_PARA_LA_DETERMINACION_DE_LA_RUGOSIDAD_DE_LOS_PAVIMENTOS_CON_EQUIPO_DE_BAJO_COSTO_Y_GRAN_PRECISION_1).

7. Jonathan Q. Addo, PE. Thomas G. Sanders, Ph.D., PE. Melanie Chenard, E.I.T. Road Dust Suppression: Effect on maintenance Stability, Safety and the Environment Phases 1-3. Pag.29-30. USA. May 2004.
8. Jorge Coronado I, J.C.I. Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras. (3ra ed.). Guatemala; 2000.
9. José Rafael Menéndez, J.R.M. Mantenimiento Rutinario de Caminos con Micro empresas. (1er ed.). Peru; c2003.
10. Maria Graciela Fratelli, M.G.F. Academiaedu. Suelos, Fundaciones y Muro. Weblog.  
*[http://www.academia.edu/8952724/SUELOS\\_FUNDACIONES\\_y\\_MUROS\\_Maria\\_Graciela\\_Fratelli](http://www.academia.edu/8952724/SUELOS_FUNDACIONES_y_MUROS_Maria_Graciela_Fratelli)*
11. Ministerio de economía y finanzas (MEF). (2011). Análisis Funcional Transporte Terrestre.  
*[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/boletines/boletines\\_pi/boletin7/Analisis\\_Funcional.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/boletines/boletines_pi/boletin7/Analisis_Funcional.pdf)*
12. Ministerio de transporte y comunicaciones, MTC. Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Perú; 2013.
13. Ministerio de transporte y comunicaciones, MTC. Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada. Perú: Programa de Caminos Departamentales; 2006
14. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. MTC. Manual de conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima Perú. 2009.
15. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Norma Peruana de Diseño Geométrico. DG 2001. Lima Perú 2001.

16. Paolo Chavez, P.C. Estabilizador endurecedor de suelos. Zymplex Pz-22X. 2018; 1 (1): 2-5.
17. Paterson, William Do, PWDO Deterioro de la carretera y efectos de mantenimiento. Deterioro del camino y efectos de mantenimiento: modelos de planificación y gestión. 2010 ; 1 (1)
18. Pedro Nicolás Martínez Obando, PNMO. Definición de un índice de rugosidad intensivo de pavimentos orientado a mantenimiento. Universidad de Chile. Weblog [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/martinez\\_po/html/index.html](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/martinez_po/html/index.html)
19. Polydemcomar. Poly Ses. <http://www.polydem.com.ar/portfolio-item/polyses/>
20. Pradena Miquel, Mauricio, M.P.M. Redalycorg. <http://www.redalyc.org/html/1276/127619380002/>
21. Ramón Crespo del Río, RCR Medidas de la Geometría de Carretera. (1er ed.). Ingeniero de Caminos; 1999. <https://es.scribd.com/document/99904213/Geometria-de-Carreteras>
22. Tomas G. Sanders, Jonathan Q. Addo, Alex Ariniello, and William F.Heiden, review by the Highway Division, Relative Effectiveness of Road Dust Suppressants, Journal of Transportation Engineering.USA, September- October, 1997
23. United States Department of Agriculture. Forest Service. Technology & Development. Program dust palliative selection and application guide. Pag.29-30.
24. Weeblycom. Estabilización de suelos para pavimentos. <https://lultimaresistencia.weebly.com/uploads/6/8/2/7/6827657/35580425-estabilizacion-de-suelos.pdf>.

# **ANEXOS**

## ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p>PROBLEMA PRINCIPAL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es el impacto económico de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba?</li> </ul>	<p>OBJETIVO PRINCIPAL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>“Determinar el impacto económico de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba.”</li> </ul>	<p>HIPÓTESIS PRINCIPAL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>“Los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses tienen un impacto económico que justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba”.</li> </ul>	<p>INDEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses.</li> </ul>	<p>INDEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dosificación del estabilizante de suelo Enzima Pz-22xx 1lt/30m<sup>3</sup></li> <li>Dosificación del estabilizante de suelo Poly-Ses 1kg/m<sup>3</sup></li> <li>Costo unitario del estabilizante de suelo Enzima Pz-22xx S/.24.61</li> <li>Costo unitario del estabilizante de suelo Poly-Ses S/.24.87</li> </ul>
<p>PROBLEMA SECUNDARIO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es el estabilizante de suelo que proporciona mayor conservación y minimice los daños en la superficie de rodadura Huánuco - Marabamba?</li> <li>¿Cuál es el efecto económico del uso de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la carretera Huánuco -Marabamba?</li> <li>¿Cuál es el costo-beneficio de utilizar los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, para la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba?</li> </ul>	<p>OBJETIVO SECUNDARIO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el estabilizante de suelo que proporcione mayor conservación y minimice los daños en la superficie de rodadura Huánuco - Marabamba.</li> <li>Calcular el efecto económico del uso de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses en la carretera Huánuco -Marabamba.</li> <li>Determinar el costo-beneficio de utilizar los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, para la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba.</li> </ul>	<p>HIPÓTESIS SECUNDARIO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>“La determinación del estabilizante de suelo, proporciona mayor conservación y minimizará los daños en la superficie de rodadura Huánuco - Marabamba”.</li> <li>“El cálculo del efecto económico del uso de los estabilizantes de suelos Enzima Pz-22x y Poly - Ses, contribuirá a cuantificar la inversión en la carretera Huánuco -Marabamba”.</li> <li>“La determinación del costo-beneficio del uso de estabilizante de suelos, contribuye a la aprobación de la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba”.</li> </ul>	<p>DEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Impacto económico justifica la inversión para la conservación de la superficie de rodadura en la carretera no pavimentada Huánuco-Marabamba.</li> </ul>	<p>DEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coefficiente de recurrencia, que involucra la determinación previa del IRI y ICVNP</li> </ul>

<b>MARCO METODOLÓGICO</b>												
<b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>INSTRUMENTO Y FUENTES DE INFORMACIÓN</b>									
<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 última etapa se realizarán los trabajos en in situ:</p> <p>La sectorización se realizara de acuerdo a los siguientes parámetros:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Geometría de la carretera.</li> <li>2) Morfología.</li> <li>3) Tránsito vehicular</li> </ol>	<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 style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">RG1</td> <td style="width: 30%;">X1</td> <td style="width: 30%;">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:</p> <p>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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instrumentos de investigación documental y bibliográfica <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Fichas de documentación e investigación <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fichas textuales</li> <li>- Fichas de resumen</li> <li>- Fichas de comentario</li> </ul> </li> <li>b. Fichas de registro o localización <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fichas bibliográficas</li> <li>- Fichas hemerográficas</li> <li>- Fichas de internet</li> </ul> </li> </ol> </li> <li>2. Instrumentos de recolección de información de trabajo de campo <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Libreta de campo</li> <li>b. Instrumentos de campo</li> </ol> </li> <li>3. Instrumentos de recolección de información de laboratorio <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Guías de laboratorio <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>
RG1	X1	O1										
RG2	X2	O2										
RG3	–	O3										

## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y MATERIALES

**PROYECTO** : "IMPACTO ECONÓMICO DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO ENZIMA PZ- 22X Y POLY-SES EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA HUÁNUCO - MARABAMBA"

**UBICACIÓN** : PILLCO MARCA - DIST: PILLCO MARCA - PROV: HUÁNUCO - DEP: HUÁNUCO

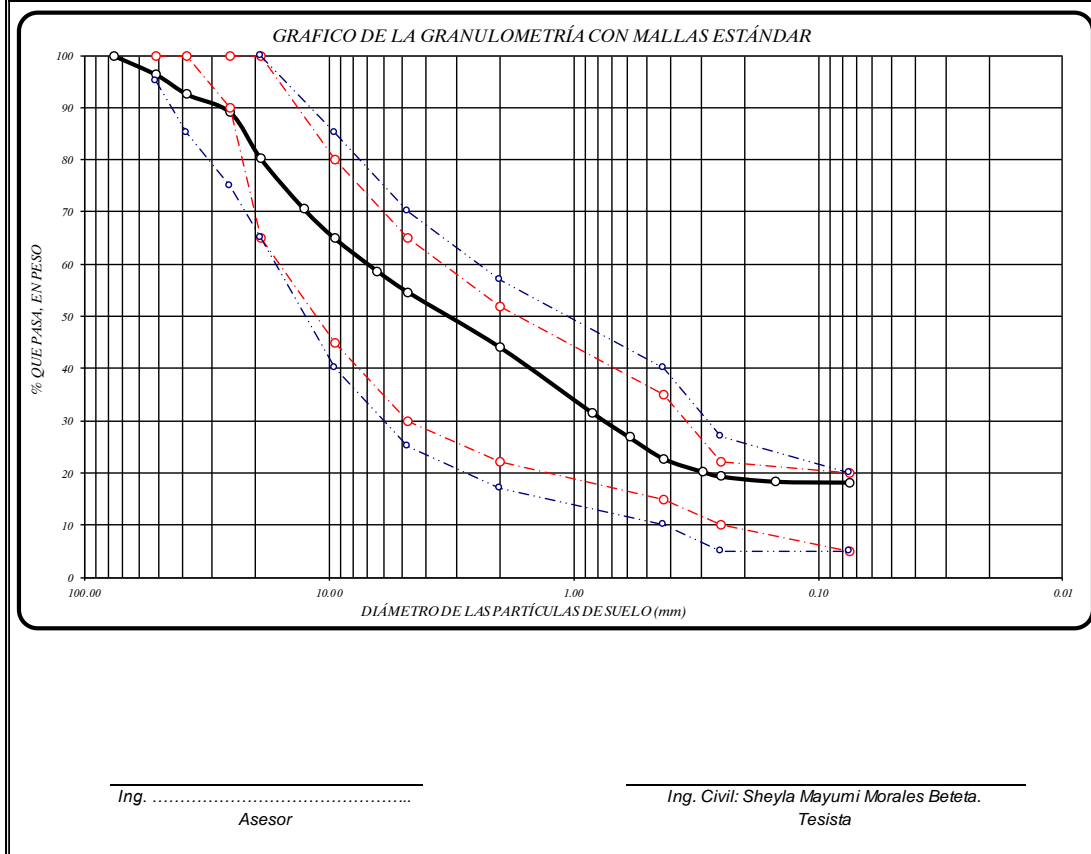
**MUESTRA** : M - 01

**CANTERA** : POTRACANCHA

**SOLICITA** : Ing. Civil Sheyla Mayumi Morales Beteta.

**FECHA** : Setiembre 2017

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		<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b> Grava Limo arcilloso bien graduada con material granular equivalente a: <b>81.80 %</b> <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> Límite Líquido = 29.14 % Límite Plástico = 19.93 % Índice Plástico = 9.21 % Coeficiente de Curvatura = <b>N.P.</b> Coeficiente de Uniformidad = <b>N.P.</b> <b>CLASIFICACIÓN</b> SUCS: SC AASHTO: A2 - 4(0) <b>OBSERVACIONES</b> % de Grava = 45.31 % % de Arena = 36.49 % % de Limo y Arcilla = 18.20 % % de Humedad = 6.79 % <b>INTERPRETACION</b> Bueno como terreno de fundacion
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	90 . 100	
1"	25.400	281.10	3.48	10.91	89.09	65 . 100	
3/4"	19.050	715.40	8.85	19.76	80.24	65 . 100	
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 . 80	
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 . 65	
No 10	2.000	854.20	10.57	55.88	44.12	22 . 52	
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 . 35	
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 . 22	
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 . 20	
CAZOLETA	0.000	1471.40	18.20	100.00	0.00	- . -	
<b>TOTAL</b>		<b>8083.90</b>	<b>100.00</b>				



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

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y MATERIALES**

**PROYECTO** : "IMPACTO ECONÓMICO DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO ENZIMA PZ- 22X Y POLY-SES EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA HUÁNUCO - MARABAMBA"

**UBICACIÓN** : PILLCO MARCA - DIST: PILLCO MARCA - PROV: HUÁNUCO - DEP: HUÁNUCO

**MUESTRA** : M - 01

**CANTERA** : POTRACANCHA

**SOLICITA** : Ing. Civil Sheyla Mayumi Morales Beteta.

**FECHA** : Setiembre 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423**

Nº DE GOLPES	9	17	27	39
Suelo Húmedo + Tarro	8.331	8.299	7.831	8.920
Suelo seco + Tarro	6.779	6.729	6.487	7.399
Peso de Tarro	2.058	1.622	1.700	1.675
Peso del Agua	1.552	1.570	1.344	1.521
Peso de Suelo Seco	4.721	5.107	4.787	5.724
HUMEDAD %	32.874	30.742	28.076	26.572

**LÍMITE LÍQUIDO** : 29.14

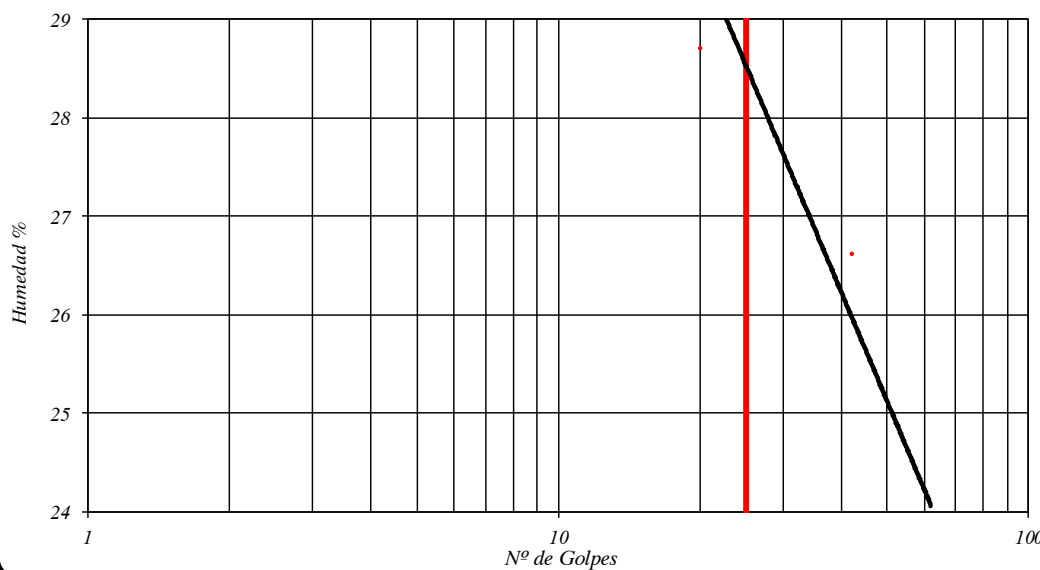
**LÍMITE PLÁSTICO** : 19.93

**ÍNDICE PLÁSTICO** : 9.21

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424**

MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Tarro	3.503	4.140	2.930
Suelo seco + Tarro	3.281	3.822	2.712
Peso de Tarro	2.054	2.294	1.668
Peso del Agua	0.222	0.318	0.218
Peso de Suelo Seco	1.227	1.528	1.044
HUMEDAD %	18.093	20.812	20.881

**CURVA DE FLUIDEZ**



Ing. ....  
Asesor

Ing. Civil: Sheyla Mayumi Morales Beteta.  
Tesisista



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN</b>										
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</b>										
<b>LABORATORIO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y MECANICA DE MATERIALES</b>										
<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO</b>										
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA</b>										
<b>PROYECTO</b>	: TESINA DE GRADO								<b>Nº DE CAPAS</b>	: 5
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST: PILLCO MARCA PROV: HUANUCO DEP: HUANUCO								<b>Nº DE GOLPES POR CAPA</b>	: 56
<b>CANTERA</b>	: POTRACANCHA									
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Ing. Civil Sheyla Mayumi Morales Beteta.									
<b>FECHA</b>	: Julio 2014									
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE</b>	gr.	11243.6		11365.4		11483.1		11422.5		
<b>PESO DEL MOLDE</b>	gr.	6374.2		6374.2		6374.2		6374.2		
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA</b>	gr.	4869.4		4991.2		5108.9		5048.3		
<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	cm <sup>3</sup> .	2123.9		2123.9		2123.9		2123.9		
<b>DENSIDAD HÚMEDA</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	2.293		2.350		2.405		2.377		
<b>Nº DE TARA</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>DETERMINACIÓN</b>		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	
<b>PESO MUEST. HÚMEDA + TARA</b>	gr.	37.570	21.920	50.030	34.560	52.630	30.660	23.100	23.770	
<b>PESO MUESTRA SECA + TARA</b>	gr.	35.850	20.890	47.340	32.770	49.660	28.930	21.620	22.160	
<b>PESO DE LA TARA</b>	gr.	2.200	1.770	2.690	2.670	2.660	2.670	2.650	2.690	
<b>PESO DEL AGUA</b>	gr.	1.720	1.030	2.690	1.790	2.970	1.730	1.480	1.610	
<b>PESO MUESTRA SECA</b>	gr.	33.650	19.120	44.650	30.100	47.000	26.260	18.970	19.470	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	5.11	5.39	6.02	5.95	6.32	6.59	7.80	8.27	
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	%	5.25		5.99		6.45		8.04		
<b>DENSIDAD SECA</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	2.178		2.217		2.260		2.200		

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**

Densidad seca gr/cm<sup>3</sup>.

Contenido de Humedad %

$y = -0.0329x^2 + 0.4467x + 0.7361$

Observaciones: - Muestra proporcionada por el Solicitante

**Densidad Máxima Seca** : 2.252 gr/cm<sup>3</sup>.

**Humedad Óptima** : 6.79 %

Ing. ....

Asesor

Ing. Civil: Sheyla Mayumi Morales Beteta.

Tesista

**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 : 5  
**UBICACIÓN** : DIST: PILLCO MARCA PROV: HUANUCO DEP: HUANUCO Nº DE GOLPES POR CAPA : 56  
**SOLICITA** : Bach. Ing. Civil Sheyla Mayumi Morales Beteta. **PESO DEL PISON** : 10 LB.  
**CANTERA** : POTRACANCHA COMPACTACION : TIPO C  
FECHA : JULIO, 2014

MUESTRA		01		02		03							
Nº DE GOLPES		56		25		10							
CONDICIÓN		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO					
Peso del molde + suelo humedo	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 humedo	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 humeda	gr/cc	2.4	2.5	2.3	2.4	2.2	2.3						
Humedad	%	6.83		6.95		7.05							
Densidad seca	gr/cc	2.259		2.163		2.042							
IDENTIFICACION DE TARA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	gr.	47.82	57.27			60.65	48.82			46.68	55.22		
Peso tara + suelo seco	gr.	44.76	53.99			56.82	45.87			43.67	51.89		
Peso de la tara	gr.	2.68	2.68			2.68	2.67			2.65	2.65		
Peso del agua	gr.	3.06	3.28			3.83	2.95			3.01	3.33		
Peso de los sólidos	gr.	42.08	51.31			54.14	43.20			41.02	49.24		
humedad	%	7.27	6.39			7.07	6.83			7.34	6.76		
Promedio de humedad	%	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 Nº 01				MUESTRA Nº 02				MUESTRA Nº 03			
	LECTURA DIAL	CORRECCION			LECTURA DIAL	CORRECCION			LECTURA DIAL	CORRECCION		
		Libras	Lb/Pulg.2.			Libras	Lb/Pulg.2.			Libras	Lb/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	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	380.0	3003.3	1001.1	1540.0	187.0	1478.0	492.7	557.0

Ing .....  
Asesor

Ing. Civil: Sheyla Mayumi Morales Beteta.  
Tesisista

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

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

PROYECTO : TESINA DE GRADO

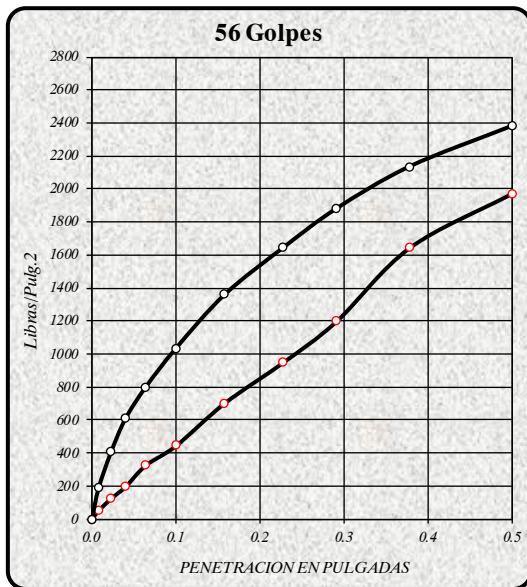
UBICACIÓN : DIST: PILLCO MARCA PROV: HUANUCO DEP: HUANUCO

SOLICITA : Bach. Ing. Civil Sheyla Mayumi Morales Beteta.

CANTERA : POTRACANCHA

COMPACTACION : TIPO C

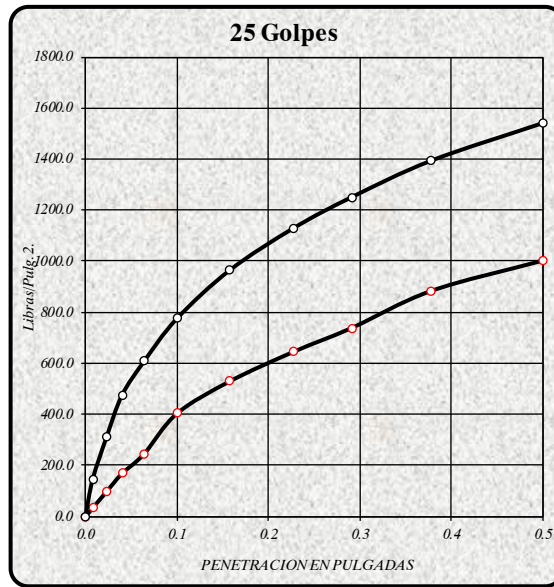
FECHA : JULIO, 2014



DENSIDAD SECA 2.259 gr/cm3.

CBR a 0.1" = 80.0 %

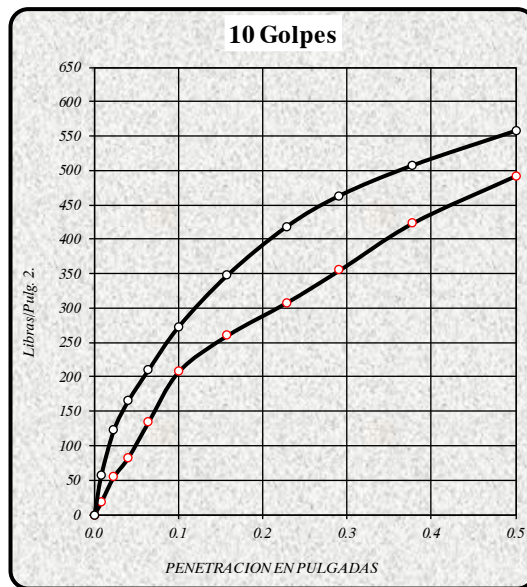
CBR a 0.2" = 90.7 %



DENSIDAD SECA 2.163 gr/cm3.

CBR a 0.1" = 60.7 %

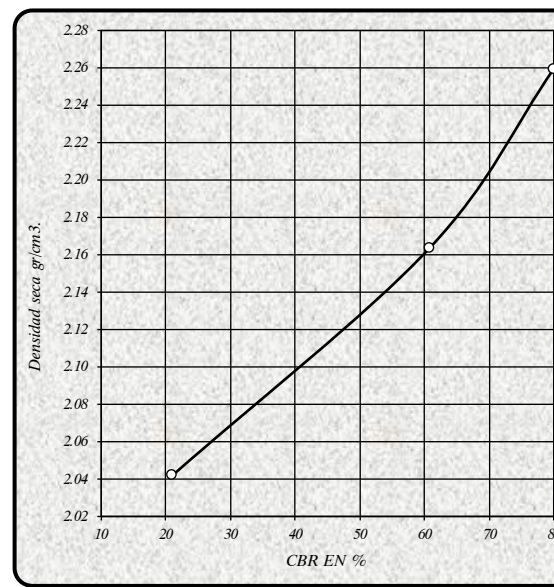
CBR a 0.2" = 64.3 %



DENSIDAD SECA 2.042 gr/cm3.

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/cm3.

CBR CON 25 GOLPES =           60.7 %      2.16 gr/cm3.

CBR CO 10 GOLPES =            21.0 %      2.04 gr/cm3.

CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX 80.0 %

CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. **55.6 %**

Ing. .... Asesor

Ing. Civil: Sheyla Mayumi Morales Beteta.  
Tesisista

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

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

PROYECTO : TESINA DE GRADO

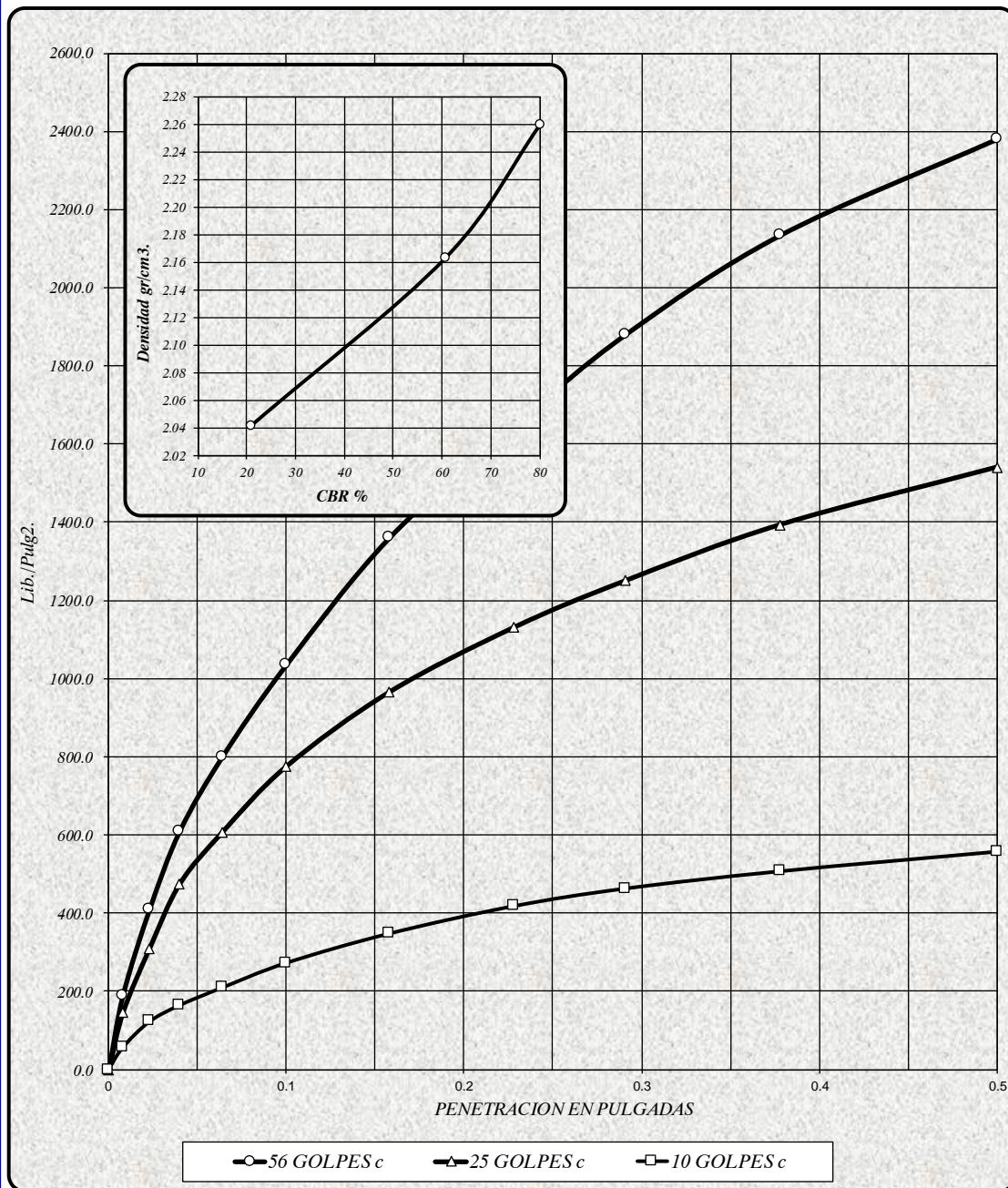
UBICACIÓN : DIST: PILLCO MARCA PROV: HUANUCO DEP: HUANUCO

SOLICITA : Bach. Ing. Civil Sheyla Mayumi Morales Beteta.

CANTERA : POTRACANCHA

COMPACTACION : TIPO C

FECHA : JULIO, 2014



56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES	CBR DE DISEÑO
DENSIDAD SECA 2.26 gr/cm3.	DENSIDAD SECA 2.16 gr/cm3.	DENSIDAD SECA 2.04 gr/cm3.	CBR at 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 at 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 %	

Ing. ....  
Asesor

Ing. Civil: Sheyla Mayumi Morales Beteta.  
Tesis

## ANEXO 03: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA



PERÚ

Ministerio  
de SaludDirección Regional de Salud  
HuánucoLaboratorio Referencial  
Regional

## LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUA

REG.: 0992 - 2016- LMAA-LRSP HCO



PROYECTO : "IMPACTO ECONÓMICO DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO ENZIMA PZ- 22X Y POLY-SES EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA HUÁNUCO - MARABAMBA"  
SOLICITANTE : Ing. Sheyla Mayumi Morales Beteta

FECHA DE MUESTREO: 06 -12-17 HORA 11:00 a.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 06-12-17 HORA: 2:35 p.m. MUESTRA TOMADA: INTERESADO  
MUESTRA PRESERVADA: SI ( ) NO ( X )

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS	PUNTOS DE MUESTREO	FUENTE	N°. DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS						ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS			Calificación
				Cond. (umho/cm)	Sol. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	PH	Cl	Coli. T. UFC/100ml	Coli Term. UFC/100ml	Bact. Heterot. UFC/ml	
MARABAMBA	RIACHUELO	SUPERFICIAL	3237	44	22	5	14	8,0	0	-	-	23	APTA
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES RM 031-2008 (LMP)				1500	1000	5	15	6.5-8.5	0.5	0	0	500	

SE RECOMIENDA DAR TRATAMIENTO Y POTABILIZAR PARA CONSUMO HUMANO.  
REALIZAR ANÁLISIS DE METALES EN UN LABORATORIO ACREDITADO.

Huánuco, 07 de diciembre de 2017

MINISTERIO DE SALUD  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUÁNUCO

Maria Regina Córdova Minaya  
BIÓLOGA  
C.B.N. 4543

DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL R.U.C: 20146045881

Jr. Dámaso Beraún N°1017





## ANEXO 05: MUESTREO PROBABILÍSTICO SISTEMÁTICO

### EN QUÉ CONSISTE EL MUESTREO SISTEMÁTICO

Es una técnica dentro de la categoría de muestreos probabilísticos – y que por lo tanto requiere tener un control preciso del marco muestral de individuos seleccionables junto con la probabilidad de que sean seleccionados – consistente en escoger un individuo inicial de forma aleatoria entre la población y, a continuación, seleccionar para la muestra a cada  $n$ ésimo individuo disponible en el marco muestral.

El muestreo sistemático es un proceso muy simple y que sólo requiere la elección de un individuo al azar. El resto del proceso es trivial y rápido. Los resultados que obtenemos son representativos de la población, de forma similar al muestreo aleatorio simple, siempre y cuando no haya algún factor intrínseco en la forma en que los individuos están listados que haga que se reproduzcan ciertas características poblacionales cada cierto número de individuos. Este suceso es realmente poco frecuente.

### DATOS

Longitud Total	=	3,000.00 mt
Longitud del tramo	=	300.00 mt
Numero de tramos "n"	=	3.00

### SOLUCION

**1. Elaboramos una lista ordenada de los N individuos de la población**, lo que sería el marco muestral.

$$N = L \text{ total} / L \text{ tramo} = 10$$

**2. Dividimos el marco muestral en n fragmentos**, donde n es el tamaño de muestra que deseamos. El tamaño de estos fragmentos será:

$$K = N/n = 3.3333333$$

donde **K** recibe el nombre de intervalo o coeficiente de elevación.

**3. Número de inicio:** obtenemos un número aleatorio entero A, menor o igual al intervalo. Este número corresponderá al primer sujeto que seleccionaremos para la muestra dentro del primer fragmento en que hemos dividido la población.

$$A = 2 \text{ OK!!!}$$

**4. Selección de los n-1 individuos restantes:** Seleccionamos los siguientes individuos a partir del individuo seleccionado aleatoriamente, mediante una sucesión aritmética, seleccionando a los individuos del resto de fragmentos en que hemos dividido la muestra que ocupan la misma posición que el sujeto inicial. Esto equivale a decir que seleccionaremos los individuos.

Tramo 1 = 2.00	Prog. 300 al 600
Tramo 2 = 6.00	Prog. 1500 al 1800
Tramo 3 = 10.00	Prog. 2700 al 3000



## ANEXO 06: PRUEBA DE HIPÓTESIS

### PRUEBA DE HIPOTESIS (Metodo del Valor Critico)

#### Sector A (Sector Patron) - Sector B (Enzima Pz-22x)

**PASO 1:** Planteamiento de la Hipotesis Nula ( $H_0$ ) e Hipotesis Alternativa ( $H_1$ ).  
Podemos encontrar Tres Situaciones.

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

En nuestro Caso es:

Situacion 1       Situacion 2       Situacion 3

**H<sub>0</sub>:** La determinación del impacto económico, en el estabilizante de suelo Enzima Pz-22x, NO justificara la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas

**H<sub>1</sub>:** La determinación del impacto económico, en el estabilizante de suelo Enzima Pz-22x, justificara la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas

SECTORES	TIEMPO (AÑOS)	COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (S/. / m <sup>2</sup> )	D. ESTANDAR
Sector A	20	1045.41	337.15
Sector B	20	1027.63	331.57
Sector C	20	394.50	127.28

$$\begin{aligned} & \rightarrow H_0: X \leq \mu & \bar{X} & \leq & 1027.63 \\ & H_1: X > \mu & \bar{X} & > & 1027.63 \end{aligned}$$

donde:  $\bar{X} = 1045.41$  COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (S/. / m<sup>2</sup>) del sector A (Sector Patr)  
 $\mu = 1027.63$  COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (S/. / m<sup>2</sup>) del sector B (Enzima Pz)

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

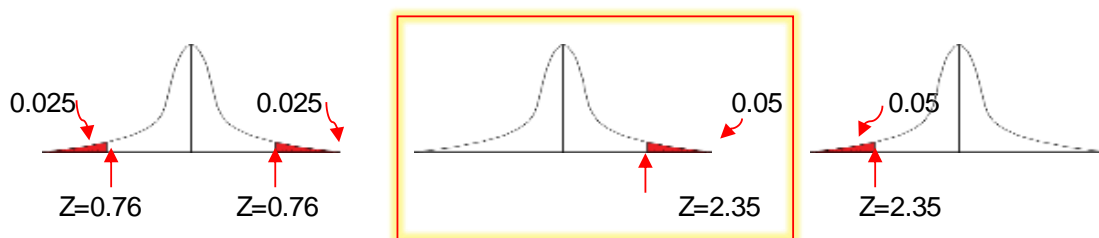
$$\begin{aligned} & \rightarrow \alpha = 0.05 \\ & \rightarrow n = 4.00 \end{aligned}$$

**PASO 3:** Determinación de la Zona de Aceptación o Rechazo de la Hipotesis Nula ( $H_0$ ).

**TABLA DE DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT**

$\alpha$ n-1	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

$$\rightarrow Z = 2.3534$$



**PASO 4:** Determinación de la Funcion Pivotal

Para  $n \leq 30$

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

donde:

$$\bar{X} = 1045.41$$

$$\mu = 1027.63$$

$$\sigma = 100.00$$

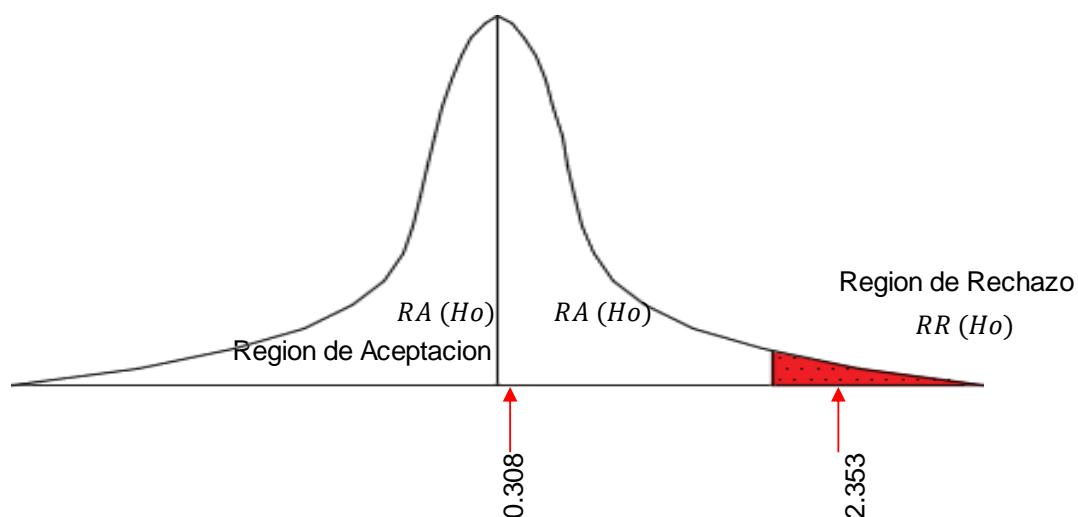
$$n = 4.00$$

**PASO 5:** Calculo de la Funcion Pivotal



$$t = 0.31$$

**PASO 6:** Ubicar el Valor obtenido en el calculo de la funcion Pivotal, en la region de rechazo (RR) o en la region de aceptacion (RA) de la Hipotesis Nula (Ho)



**Se Acepta la hipótesis nula , significa que el impacto económico, en el estabilizante de suelo Enzima Pz-22x, NO justificara la conservación de la superficie de rodadura , y por lo tanto se Rechaza la hipótesis Alternativa.**

## PRUEBA DE HIPOTESIS (Metodo del Valor Critico)

### Sector A (Sector Patron) - Sector C (Poly-ses)

**PASO 1:** Planteamiento de la Hipotesis Nula ( $H_0$ ) e Hipotesis Alternativa ( $H_1$ ).

Podemos encontrar Tres Situaciones.

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

En nuestro Caso es:

Situacion 1       Situacion 2       Situacion 3

**Ho:** La determinación del impacto económico, en el estabilizante de suelo Poly - Ses, NO justificara la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas

**H1:** La determinación del impacto económico, en el estabilizante de suelo Poly - Ses, justificara la conservación de la superficie de rodadura de carreteras no pavimentadas

SECTORES	TIEMPO (AÑOS)	COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (\$/ m2)	D. ESTANDAR
Sector A	20	1045.41	337.15
Sector B	20	1027.63	331.57
Sector C	20	394.50	127.28

$$\begin{array}{l}
 \rightarrow H_0: X \leq \mu \quad \bar{X} \leq 394.50 \\
 H_1: X > \mu \quad \bar{X} > 394.50
 \end{array}$$

donde:  $\bar{X} = 1045.41$  COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (\$/ m2) del sector A (Sector Patron)  
 $\mu = 394.50$  COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (\$/ m2) del sector B (Poly-Ses)

**PASO 2:** Definir el Nivel de significancia ( $\alpha=0.05$  o en su forma 5%), el tamaño de la muestra (n) y el numero de Grados de libertad (GL).

$$\rightarrow \alpha = 0.05$$

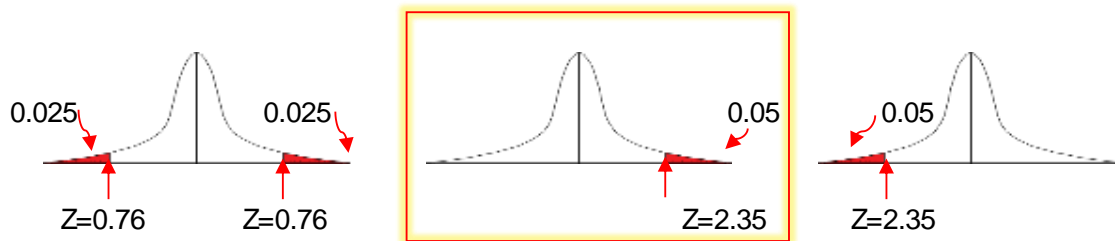
$$\rightarrow n = 4.00$$

**PASO 3:** Determinacion de la Zona de Aceptacion o Rechazo de la Hipotesis Nula ( $H_0$ ).

### TABLA DE DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT

$\alpha$ n-1	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

$$\rightarrow Z = 2.3534$$



**PASO 4:** Determinación de la Funcion Pivotal  
Para  $n \leq 30$

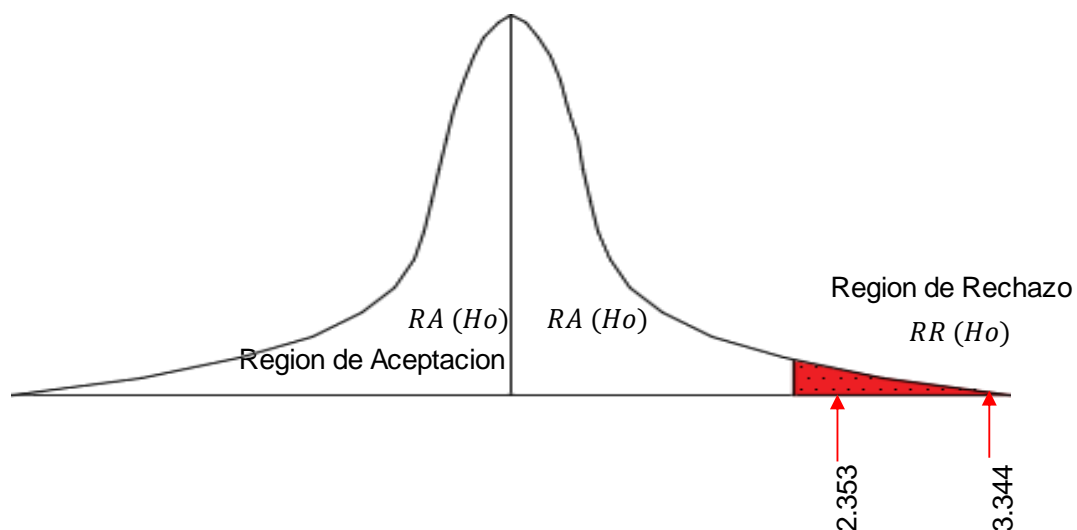
$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n-1}}$$

donde:  $\bar{X} = 1045.41$   
 $\mu = 394.50$   
 $\sigma = 337.15$   
 $n = 4.00$

**PASO 5:** Calculo de la Funcion Pivotal

➔  $t = 3.34$

**PASO 5:** Ubicar el Valor obtenido en el calculo de la funcion Pivotal, en la region de rechazo (RR) o en la region de aceptacion (RA) de la Hipotesis Nula ( $H_0$ )



**Se rechaza la hipótesis nula , significa que el impacto económico, en el estabilizante de suelo Poly - Ses, justificara la conservación de la superficie de rodadura, y por lo tanto se acepta la hipótesis Alternativa.**

## ANEXO 07: PRECIPITACIONES

PRECIPITACION - DICIEMBRE 2017												
Día/mes/año	Temperatura	Temperatura	Temperatura Bulbo			Temperatura Bulbo			Precipitación (mm)		Dirección	Velocidad
	Max (°c)	Min (°c)	Seco (°c)			Humedo (°c)			7	19	del	del
			7	13	19	7	13	19	7	19	Viento 13h	Viento 13h
												(m/s)
1	28.9	16.6	18	28.7	17.8	16.8	18.9	16.1	0	2	N	4
2	26.7	16.1	16.6	26.4	15.7	16	17.9	14.6	1.2	19.7	NE	4
3	25.2	14.5	16.2	24.8	20.6	14.6	16.3	15.8	18.5	0	NE	8
4	22.6	16.7	17.3	21.5	19.4	16	16.9	16.5	0	2.3	N	2
5	23.3	16.4	17	23	17.1	16.2	17.6	16.2	5.3	3	NW	4
6	22.5	14.7	15.3	22.2	17.6	14.5	16.1	15.6	3.6	0	N	4
7	28.9	15.6	16.6	28.8	21.5	15.4	17.7	15.9	1	0	NE	4
8	27.9	15.8	16.9	27	22.5	15.3	18.1	16.3	0	0	NE	2
9	27.3	15.2	16.6	27	18.4	15	17.6	16.5	0	1.7	N	2
10	29.6	14.5	15.6	29	23.4	14.2	19.3	17.6	0	0	NE	8
11	20.1	18.2	18.8	19.7	18	15	16.1	14.4	0	0.2	N	6
12	29.5	15.1	16.2	29.3	21.9	14.6	16.9	14.7	0	0	N	6
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	13.5	28.9	21.6	12.7	18.8	15.6	0	0	N	8
15	24.5	17.5	18.1	20.5	21.1	15.9	16.3	16.2	0	0.1	NE	6
16	29.5	16.8	17.3	28	23.3	15.2	17.2	16.9	0	0	N	4
17	30.1	17.4	17.7	29.3	17.1	16	18.9	15	1	0.7	NE	6
18	28.9	16.2	17.2	28.8	22.4	15.5	18.9	16.9	1.7	0	N	6
19	21.8	15.4	15.8	18.8	18.9	15	16.1	15.8	25.8	4.8	NE	2
20	28.5	15.7	16.6	27.9	21.4	15.3	17.9	16.1	0	0	NE	6
21	27.6	17.2	17.7	27.4	21.3	15.7	17.7	16.1	0	0	N	8
22	25.9	17	17.6	24.1	20.9	16	16.9	15.7	0	0	N	10
23	26.4	16.2	16.6	26.2	21.4	15.2	17.4	15.9	0	0	N	8
24	26.9	15.8	16.3	26.7	20.5	15.4	17.9	14.9	0	0	NE	8
25	26.5	15.2	15.7	24	20	14.3	17.5	15.8	0	0	N	6
26	25.9	15.7	16.2	23.9	20.6	14.8	16.6	15.4	0	0	N	8
27	26.8	15.5	15.9	25.5	19.4	15.1	17.3	15	6	0.2	NW	4
28	26.5	15.9	16.7	26	18.6	15.3	17.1	16.6	0.7	1.2	N	6
29	24.1	15.4	15.7	21.5	20.6	15.2	15.9	15.4	18	6.6	SE	2
30	25	16.5	17.3	21.9	20.5	15.7	16.2	16	0	0	N	4
31	24.2	15.5	16.3	22.7	16.8	15	17.3	16.1	0	5.9	N	4
									82.80	48.40		

PRECIPITACION - ENERO 2018												
Día/mes/año	Temperatura	Temperatura	Temperatura Bulbo			Temperatura Bulbo			Precipitación (mm)		Dirección	Velocidad
	Max (°c)	Min (°c)	Seco (°c)			Humedo (°c)			7	19	del	del
			7	13	19	7	13	19	7	19	Viento 13h	Viento 13h
												(m/s)
1	24.6	15.2	15.6	22.6	19.9	15	17.5	15.9	0.9	0	N	2
2	21.3	15.8	16.3	20.3	16.5	15.1	16.1	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	6
4	22.4	15	15.5	18.8	18.6	14.8	15.9	15.7	7.9	2.3	SE	2
5	26.5	15.2	15.6	24.6	21.5	14.9	17.1	16.3	11.8	0.3	N	4
6	23.5	15.5	15.8	22.3	18.1	15.2	17.4	15.6	8	2.2	C	
7	27.1	15.8	16.6	26.9	18	15.4	17.9	15.5	0	0	N	8
8	17.5	14.2	14.4	16	15.9	12.9	13.6	14.3	8.9	5.2	C	
9	23.3	14.1	15	22.7	19.8	13.9	16.7	14.1	0	0	N	4
10	24.7	14.3	15.3	22.9	20.6	13.9	15.8	15.1	0	0.3	N	4
11	26.5	15.5	16.6	23.6	21.1	15.1	16.6	15.7	0.5	0	N	4
12	27.1	15.1	16.1	27	21.2	14.6	18.1	16	0	0	N	6
13	25.1	15.6	16.6	23.5	17.2	15.3	17.5	15.1	3.4	0	N	6
14	23	14	15.4	22.2	19.9	13.8	16.6	15.8	0.4	0.1	N	8
15	25.7	13.3	14.4	21.9	17.5	13.1	16.2	15.3	12.7	1	C	
16	26.4	14.6	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	14.6	16.7	15.5	0	0.1	N	8
18	24.4	15.3	16.1	21.5	16.7	14.9	17.1	15.5	7.6	0.8	NW	4
19	23.7	15.2	16	17.9	18.7	14.8	16.1	15.8	0	2.5	N	2
20	22.7	15.5	16.2	21.9	16.9	15.3	16.3	15.4	0.4	5	N	4
21	26.4	14	15	24.6	21.3	13.7	16.7	16.1	0.6	0	N	6
22	23.8	15.5	16.1	21.9	17.5	15.1	16.1	15.4	0.7	0.7	N	10
23	24.1	15.3	16.1	22.3	20.2	15	17.2	14.9	0.1	0.1	N	4
24	27.2	11.2	11.5	26.8	20.3	10.8	17.3	15.4	4.9	0	N	8
25	28.9	14.1	16.3	28.7	21.7	13.6	17.4	16.5	0	0	N	6
26	29	14.2	14.4	28.6	19.5	13.5	17.8	16	0	0	N	6
27	29.3	12	12.6	29	23	11.7	18.3	17	0	0	N	8
28	27.9	12.6	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	16.2	0	0	NE	6
30	30	13.8	14.3	29.8	24	13.5	18.4	16.7	0	0	N	10
31	30.6	14.5	15.7	29.9	22.5	14.1	18.7	16.3	0	0	N	8
									68.80	20.60		

PRECIPITACION - FEBRERO 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			7	13	19	7	13	19	7	19		
1	30.3	15.6	16.5	29.6	22.8	15.1	18.5	16.6	0	0	NW	6
2	28.1	16	16.6	26.9	23.3	15.1	17.4	16.7	0	0	N	8
3	28.9	17.1	18	28.5	22	16	18.4	17.2	0	0	N	8
4	29.4	16.9	17.7	28.8	22.3	15.2	18.6	16.4	0	0	NE	6
5	27.5	17.5	18.2	25.8	20.1	16.4	17.5	16.9	0	0	NE	8
6	27.9	15.7	16.8	27.6	23.1	15	17.7	16.8	3.8	0	NE	6
7	27.1	16.8	17.7	25.5	22.5	16	17.4	17.7	0	0	N	8
8	27.3	16.6	17	26.6	21.3	16.3	18.1	16.2	4.6	0	NW	6
9	26	16.2	16.6	25.8	20.9	15.7	17.5	15.4	8.5	0	N	8
10	23.7	14.5	15.6	21.2	18.9	14.2	16.2	15.3	6.7	0	NW	4
11	25.9	15.5	16.4	25.5	21.5	15.2	16.8	15.7	7.6	0	N	6
12	25.3	16	16.4	21.8	20.7	15.3	16.5	15.8	0	0.2	N	2
13	28	15.9	16.8	27.9	22.5	15.7	17.6	16.7	0	0	NE	6
14	20	17	17.5	17.4	17.8	16.6	15.6	16.1	0.6	5.5	N	2
15	24	15.4	16.4	23.4	18.8	15.7	17.5	17.2	5.6	0	N	6
16	23.7	15.3	15.5	21.3	21.2	15	16.7	16	6	5	N	4
17	26.7	15.4	16	25.3	21	15.1	18	16.5	0	0	N	8
18	27.5	16.3	16.9	26.9	20.3	16.1	18.6	16.5	1.4	0	N	8
19	24.1	15	15.8	23.6	15	14.7	17.8	14.5	18.2	3.2	NW	6
20	25.7	13.8	14.5	25.4	16.9	13.6	17.5	15.7	0.1	0.7	N	8
21	26.6	14.5	15.9	26.4	17.9	14.1	17.9	14.9	0	0	N	8
22	27.5	15.4	16.2	26.6	21.8	14.3	17.7	16.2	0	0	N	8
23	22.3	14.7	15.6	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	16.3	0	0	N	8
25	23.5	16	16.5	22.7	16.9	15.7	17.5	15.3	1	2	SE	2
26	25.5	15.3	16	22.7	21.5	15	16.6	16.2	0	0	NE	6
27	26.7	15.4	16	25.3	21.7	15.1	17.7	16.4	0	0	N	8
28	27.4	16.9	17.4	26.3	21.9	15.6	18.4	16.5	0	0	N	8
									68.30	16.60		

PRECIPITACION - MARZO 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			7	13	19	7	13	19	7	19		
1	23.5	15.5	16	20.7	19.2	15.1	16.3	15.5	3	0.1	N	4
2	26.2	14.3	15.2	25.3	21.3	14	17.2	16.1	0	0	N	6
3	27	16	16.5	25.5	22.3	15.5	16.9	16.3	0.5	0	N	2
4	26.6	16	17.3	26	20.4	15.6	18.9	15.5	0.9	0.1	C	
5	26.8	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	NW	6
7	25.4	14.4	15.3	23.8	20.7	14.1	16.3	15.5	5.6	0	NW	6
8	24.5	13.6	14.8	24.1	20.6	14.1	17.9	15.9	0	0	C	
9	27.5	16.5	17.4	27.4	21.5	15.9	17.5	15.9	0	0	N	6
10	27.2	16.2	16.8	27	21	16	17.7	15.9	5	0	N	10
11	28.4	14.2	15.3	25.5	20.6	14.4	17.5	16	0	0	N	6
12	27.7	15.5	16.7	26.8	21.7	15.3	17.4	16.2	0	0	N	6
13	27.9	15.2	15.9	27.4	21.8	15	18	15.9	0	0	N	10
14	24.7	15.6	16	23.3	21	15.4	16.9	16.3	14.5	0	NW	6
15	26.7	14.8	15.4	26.4	22	14.5	17.5	16.3	6.3	0	N	8
16	25.6	15.2	15.8	24.5	21	14.7	17.3	15.8	14.5	0	NE	4
17	26	16.4	17	24.9	21.7	15.6	17.5	15.7	0	0	NE	4
18	26.4	15.3	16.1	25.9	19.2	14.9	17.6	15	5	0	N	6
19	25.9	15.5	16.2	25.1	18.5	14.3	18	15.2	0	0	NE	4
20	26.9	14.4	15.4	26.7	21.8	14.7	18.1	16.6	0	0	N	4
21	25.8	15.5	16	24.4	20.3	15.1	17.5	16.3	5.6	0	N	6
22	22.5	16.5	17.3	18.9	19.3	15.8	16.5	15.8	0	0.5	N	2
23	25.2	14.2	16	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	16.3	16.4	0	NE	6
25	27.4	16.3	17.3	26.6	21.7	15.8	18.3	15.9	0.5	0	N	6
26	23.4	15.1	15.8	21.8	18	15.3	16.5	14.8	1.5	0.1	NW	6
27	25.6	13.5	14.6	25.1	20.2	13.7	17.3	15.5	0	0	N	8
28	26.8	14.5	15.5	26.6	20.6	14.3	17.9	15.9	0	0	NE	4
29	26.6	17	17.8	26.4	21.3	15.7	18.3	16.4	0	0	N	6
30	25.4	16.9	17.8	25.2	20.6	16	17.5	16.1	0	0	N	6
31	26.1	16.6	17.2	25.7	21.2	16.4	18.1	15.9	1.3	0	N	8
									82.80	1.90		

## ANEXO 08: PANEL FOTOGRÁFICO

### A. RECONOCIMIENTO A LAS INSTITUCIONES Y POBLACIÓN



Gráfico 1: I. E. P. PILLCO MOZO MARABAMBA



Gráfico 2: Municipalidad del C.P – Marabamba



Gráfico 3: Ingreso a Marabamba

**B. FUENTES DE AGUA**



**Gráfico 4: Fuente de Agua N°01**



**Gráfico 5: Fuente de Agua N°02**



**Gráfico 6: Vista frontal de fuente de agua**



**C. DETERIORO DE LA CARRETERA**



**Gráfico 7:** Deterioro en el Sector A



**Gráfico 8:** Deterioro en el Sector B



**Gráfico 9:** Deterioro en el Sector C



**Gráfico 10:** Deterioro Superficial de la carpeta de rodadura



**Gráfico 11:** Deterioro superficial de la Carpeta de Rodadura



**Gráfico 12:** Situación de cunetas

#### D. ELABORACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA



**Gráfico 13:** Deposito de material



**Gráfico 14:** Movilizando Material Seleccionado



**Gráfico 15:** Selección de material (Zarandeo) en cantera



**Gráfico 16:** Acarreo de Material Seleccionado



**Gráfico 17:** Colocación de Señales de Seguridad



**Gráfico 18:** 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



**Gráfico 19:** Determinación de contenido de humedad insitu (Medidor Humedad tipo Speedy)



**Gráfico 20:** Proceso de combinación del Enzima Pz - 22x



**Gráfico 21:** Transporte del material seleccionado para la aplicación con el estabilizante



**Gráfico 22:** Trazo y replanteo preliminar



**Gráfico 23:** Aplicación de Enzima Pz-22x



**Gráfico 24:** Sistema de tendido de material seleccionado



**Gráfico 25:** Aplicación del Estabilizante de suelo Poly-Ses



**Gráfico 26:** Sistema de compactación



**Gráfico 27:** Acabado final después de la aplicación del estabilizante de suelo



**Gráfico 28:** Primer Monitoreo



**Gráfico 29:** Segundo Monitoreo



**Gráfico 30:** Cuarto Monitoreo



## F. APLICACIÓN DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELOS EN SECTORES DE PRUEBAS – PRODUCTO POLY - SES



**Gráfico 31:** Colocación de la cisterna para humedecer el sector



**Gráfico 32:** Primero se humedeció el sector y se continuó con el tendido del material acopiado de la cantera



**Gráfico 33:** Tendido del materia antes de aplicar el estabilizante de suelo (Poly-Ses)



**Gráfico 34:** Aplicación de estabilizante de suelo Poly – Ses



**Gráfico 35:** Mezclado y Homogenizado del materia con el estabilizante de suelo (Poly-Ses)



**Gráfico 36:** Sistema de compactado



**Gráfico 37:** Acabado final después de la aplicación del estabilizante de suelo



**Gráfico 38.** Primer Monitoreo



**Gráfico 39:** Cuarto Monitoreo



**Gráfico 40:** Situación actual – Agosto 2018



**Gráfico 41:** Situación actual - agosto 2018

## **NOTA BIOGRÁFICA**

## NOTA BIOGRÁFICA

**Mayumi Morales:** Ingeniera Civil de profesión, Egresado de la universidad de Huánuco, ha desarrollado la tesis para optar el grado de maestro en gestión y negocios, mención en gestión de proyectos en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, denominado: “Impacto económico de los estabilizantes de suelo Enzima Pz- 22x y Poly-Ses en la conservación de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada Huánuco - Marabamba”.

Actualmente viene laborando en el Ministerio de Vivienda construcción y Saneamiento, Programa Agua segura para Lima y Callao, en el cual se desempeña como asistente de obras.



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN

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 MAESTRO**

En el Auditorio de la Escuela de Posgrado, siendo las **17:00h**, del día martes **02 DE OCTUBRE DE 2018**, ante los Jurados de Tesis constituido por los siguientes docentes:

Dr. Jorge Rubén HILARIO CÁRDENAS  
Dr. Gerardo GARAY ROBLES  
Dr. Víctor CABRERA ABANTO

Presidente  
Secretario  
Vocal

**Asesor de Tesis:** Dr. Marcelino REYNAGA MARTÍNEZ (Resolución N° 01895-2017-UNHEVAL/EPG-D)

**La aspirante al Grado de Maestro en Gestión y Negocios, mención en Gestión de Proyectos, Doña, Sheyla Mayumi MORALES BETETA.**

**Procedió al acto de Defensa:**

Con la exposición de la Tesis titulado: **"IMPACTO ECONÓMICO DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO ENZIMA PZ – 22X Y POLY – SES EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA HUÁNUCO - MARABAMBA"**.

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 Maestro, teniendo presente los criterios siguientes:

- a) Presentación personal.
- b) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones.
- c) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- d) Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis **las observaciones** siguientes:

.....  
.....

Obteniendo en consecuencia la Maestría la Nota de Diecisiete (17)  
Equivalente a Muy Bueno, por lo que se declara Aprobado  
(Aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado, firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las 6:53 horas del 02 de octubre de 2018.

.....  
**PRÉSIDENTE**  
DNI N° 07230761

.....  
**SECRETARIO**  
DNI N° 22429490

.....  
**VOCAL**  
DNI N° 18035215

Leyenda:  
19 a 20: Excelente  
17 a 18: Muy Bueno  
14 a 16: Bueno

(Resolución N° 02275-2018-UNHEVAL/EPG-D)

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICA DE POSGRADO

### 1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL

Apellidos y Nombres: MORALES BETETA, SHEYLA MAYUMI  
DNI: 724247421 Correo electrónico: mayumimb@outlook.com  
Teléfono de casa: 062-282209 Celular: 996999023 Oficina: \_\_\_\_\_

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

POSGRADO
Doctorado: <u>MAESTRIA</u>

Grado Académico obtenido:

MAESTRO EN GESTIÓN Y NEGOCIOS, CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS

Título de la tesis:

IMPACTO ECONÓMICO DE LOS ESTABILIZANTES DE SUELO ENZIMA PE-22K Y POLY-SES EN LA CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODAJE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA HUÁNUCO-MARABUNDO

Tipo de acceso que autoriza el autor:

Marcar "X"	Categoría de acceso	Descripción de acceso
<input checked="" type="checkbox"/>	PÚBLICO	Es público y accesible el documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
<input type="checkbox"/>	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, mas no al texto completo.

Al elegir la opción "Público" a través de la presente autorizo de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web repositorio.unheval.edu.pe, por un plazo indefinido, consintiendo que 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.

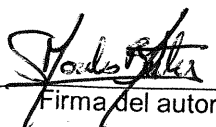
En caso haya marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el periodo de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

( ) 1 año ( ) 2 años ( ) 3 años ( ) 4 años

Luego del periodo señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma: 13/01/19

  
Firma del autor